

GUÍA PARA EL MANEJO AMBIENTALMENTE RACIONAL DE EXISTENCIAS Y RESIDUOS DE BIFENILOS POLICLORADOS (PCB)



PROYECTO "MANEJO Y DISPOSICIÓN AMBIENTALMENTE RACIONAL DE BIFENILOS POLICLORADOS"

2017



Proyecto PCB



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY
INVESTING IN OUR PLANET



PERÚ

Ministerio de Salud

Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria



GUÍA PARA EL MANEJO AMBIENTALMENTE RACIONAL DE EXISTENCIAS Y RESIDUOS DE BIFENILOS POLICLORADOS (PCB)



PROYECTO "MANEJO Y DISPOSICIÓN AMBIENTALMENTE RACIONAL DE BIFENILOS POLICLORADOS"

2017



Proyecto PCB



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY
INVESTING IN OUR PLANET

Créditos Institucionales:

Entidad Coordinadora:

- ◆ Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria – DIGESA
Ministerio de Salud – República de Perú
Calle Las Amapolas 350, Lince, Lima - Perú

Entidad Implementadora:

- ◆ Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial – ONUDI

Coordinación Nacional del Proyecto

Coordinador Nacional

- ◆ Fernando Horna Arévalo (2011 – 2012)
- ◆ Marisa Quiñones Manga (2013 – 2017)

Asistente Técnico

- ◆ Ronald Ordaya Pando (2011 – 2012)

Asistente Técnico - Administrativo

- ◆ Carmen Serrano Casimiro (2012 – 2014)

Asesor Técnico

- ◆ Mario Mendoza Zegarra (2014 – 2017)





GUÍA PARA EL MANEJO AMBIENTALMENTE RACIONAL DE EXISTENCIAS Y RESIDUOS DE BIFENILOS POLICLORADOS (PCB)

Proyecto GF/PER/10/001
“MANEJO Y DISPOSICIÓN
AMBIENTALMENTE RACIONAL DE
BIFENILOS POLICLORADOS (PCB)”

ISBN:
Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca
Nacional del Perú N° 201700545

Impreso en enero de 2017 en:
Solvima Graf S.A.C.
Jr. Emilio Althaus N° 406, Lince, Lima - Perú

Primera edición
Tiraje: 500 ejemplares

Diseño y Diagramación:
Milagros Orejón

Esta publicación puede ser reproducida total o parcialmente y en cualquier forma con fines educativos o no lucrativos sin el permiso especial del autor, siempre y cuando se cite la fuente.

El contenido de esta publicación es responsabilidad exclusiva del autor. Las opiniones expresadas no representan necesariamente la decisión o la política de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	7
GLOSARIO DE TÉRMINOS	9
ACRÓNIMOS	12
INTRODUCCIÓN.....	15

1 ¿QUÉ SON LOS BIFENILOS POLICLORADOS (PCB)? 17

1.1. Características.....	20
1.2. ¿Cómo se produjeron los PCB?.....	24
1.3. Usos y aplicaciones de los PCB.....	28
1.4. Sistemas cerrados controlados (aplicaciones cerradas o sistemas completamente cerrados)	28
1.5. Sistemas cerrados no controlados (aplicaciones parcialmente cerradas o sistemas nominalmente cerrados).....	30
1.6. Aplicaciones que implican dispersión (aplicaciones abiertas o sistemas abiertos)	31
1.7. Principales productos que usaron PCB.....	35

2 IMPACTOS DE LOS PCB EN LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE..... 40

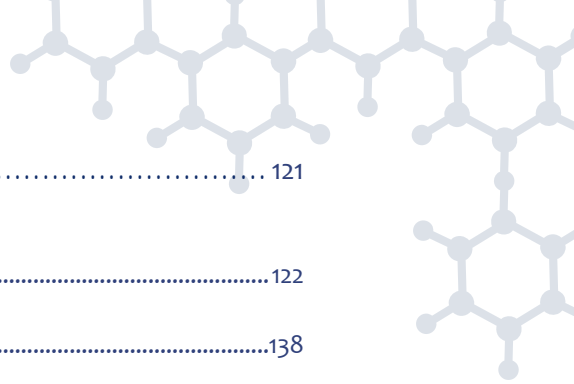
2.1. Efectos en la salud por la exposición a los PCB.....	42
2.2. Impactos en el ambiente	51

3 GESTIÓN AMBIENTAL DE LOS BIFENILOS POLICLORADOS 58

3.1. Marco Legal.....	58
3.2. Ciclo de vida de los bifenilos policlorados en los transformadores y capacitores.....	64
3.3. Inventario de Existencias y Residuos con PCB.....	65
3.4. Manipulación, mantenimiento y transporte de existencias y residuos con PCB.....	71
3.5. Eliminación Ambientalmente Racional de PCB.....	74

4 PLAN DE GESTIÓN DE PCB 91

4.1. Definición.....	92
4.2. Pasos para elaborar un Plan de Gestión de PCB.....	94



5 ANEXOS	121
1 Procedimiento 1: Elaboración y Actualización de inventarios de PCB.....	122
2 Procedimiento 2: Manipulación y transporte de equipos con PCB.....	138
3 Procedimiento 3: Uso, manipulación y disposición final (eliminación) de materiales conteniendo PCB.....	148
4 Procedimiento 4: Revisión y control de equipos e instalaciones conteniendo PCB.....	156
5 Procedimiento 5: Adquisición de material y equipos libre de PCB	159
6 Procedimiento 6: Procedimiento de Manejo de PCB durante el mantenimiento de equipos.....	163

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de la molécula de PCB.....	21
Figura 2: Posiciones del cloro en la molécula de PCB.....	22
Figura 3. Transformadores	29
Figura 4. Condensadores.....	29
Figura 5. Condensador de lavadora	30
Figura 6. Cable NKY con papel impregnado en aceite (producto discontinuado).....	30
Figura 7. Aisladores (Fuentes ocultas de PCB)	30
Figura 8. Balastros de lámparas fluorescentes.....	30
Figura 9. En masillas de sellado.....	31
Figura 10. Papel autocopiativo sin carbón	31
Figura 11. Masilla de PCB en juntas.....	31
Figura 12. PCB en fuentes abiertas.....	32
Figura 13. PCB en cables húmedos.....	33
Figura 14. PCB como fluido lubricante en aceites y grasas	33
Figura 15. Transformadores	35
Figura 16. Condensadores	36
Figura 17. Balastros.....	36
Figura 18. Aspecto clínico de la erupción acneiforme en pacientes de Yusho.....	45
Figura 19. Aspecto clínico de un feto entregado por una madre de Yusho que muestra la pigmentación difusa y sistémica (llamado “bebé negro”).....	45
Figura 20. Apariencia clínica de la pigmentación de las uñas en pacientes de Yusho.....	45
Figura 21. Ciclo de vida simplificado de los PCB.....	66
Figura 22. Pasos para realizar un inventario de PCB.....	67
Figura 23. Descarte de PCB en aceite dieléctrico con Clor-N-Oil®.....	68
Figura 24. Descarte de PCB en suelos con Clor-N-Soil®	69
Figura 25. Etiqueta de existencias y residuos contaminados con 50 ppm o más PCB.....	70
Figura 26. Etiqueta para existencias y residuos que han sido tratados eliminando los PCB	70
Figura 27. Etiqueta para aceite dieléctrico descontaminado a una concentración menor a 50 ppm de PCB	71
Figura 28. Opciones de eliminación de PCB en función al costo y tipo de existencia o residuo PCB	75
Figura 29. Procesos reconocidos para eliminación de PCB	76
Figura 30. Reacción de Wurtz	81
Figura 31. Reactor y tanques de precipitación.....	82

Figura 32. Reacción química de dechlorinación en base a Hidróxido de Potasio.....	83
Figura 33. Diagrama del proceso de dechlorinación.....	84
Figura 34. Declorinadora de la empresa TREDI S.A.	84
Figura 35. Mecanismo de notificación.....	87
Figura 36. Pasos para elaborar un Plan de Gestión	95
Figura 37. Diagrama de flujo de una Empresa Minera.....	100
Figura 38. Diagrama de flujo de un Sistema de Electricidad.....	100
Figura 39. Criterios de discriminación.....	106

FIGURAS DE ANEXOS

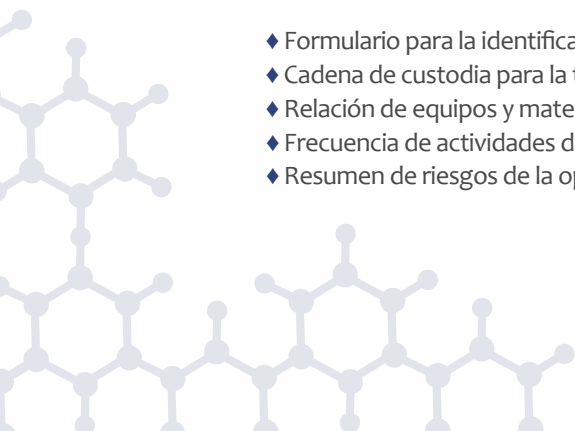
◆ Toma de muestras utilizando batea y EPP recomendados.....	131
◆ Resultado positivo de un análisis mediante Clor-N-Oil 50©. Cada ensayo provee una hoja de instrucciones detalladas.....	134
◆ Almacenamiento de capacitores en contenedor. Obsérvese el material absorbente agregado para prevención ante derrames.....	141
◆ Cerca de protección móvil en área de almacenamiento de PCB	141
◆ Sistema para la puesta a tierra y en cortocircuito para transformadores, (www.emdesa.com.ar) y Bloqueo y etiquetado de un interruptor (www.logismarket.com.ar)	142
◆ Movimiento de residuos de PCB en una instalación.....	143
◆ Cartelería utilizada en transporte de PCB	144
◆ Imágenes de 3 subestaciones; obsérvese que los transformadores del centro y derecha presentan pérdidas y manchas de aceite tanto en equipos como en la instalación	158
◆ Mantenimiento de transformadores	161
◆ Derrame de PCB.....	161
◆ Partes del transformador	164

◆ ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características fisicoquímicas más importantes de los PCB	24
Tabla 2. Total de producción de PCB reportado en la literatura.....	25
Tabla 3. Nombres comerciales de los PCB	26
Tabla 4. Extracto de las marcas de PCB.....	27
Tabla 5. Arocloros	28
Tabla 6. Resumen de varios usos según los arocloros	33
Tabla 7. Sectores y aplicaciones donde se pueden encontrar PCB.....	34
Tabla 8. Concentraciones de PCB en ambientes de trabajo y en sangre de trabajadores expuestos a PCB	49
Tabla 9. Parámetros y valores consolidados del ECA para Agua	61
Tabla 10. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Suelo	62
Tabla 11. Valores de PCB en diferentes matrices	63
Tabla 12. Evaluación de Riesgos en Existencias y Residuos que pueden contener PCB.....	108
Tabla 13. Cronograma de actividades y responsables	114
Tabla 14. Cronograma de actividades para el Inventario	115

TABLAS DE ANEXOS

◆ Formulario para la identificación de posibles fuentes de PCB	124
◆ Cadena de custodia para la toma de muestras	133
◆ Relación de equipos y materiales que se fabricaron con PCB.....	160
◆ Frecuencia de actividades de revisión de los transformadores	169
◆ Resumen de riesgos de la operación de equipos con PCB.....	173



PRESENTACIÓN

El Proyecto “Manejo y Disposición Ambientalmente Racional de Bifenilos Policlorados”, ejecutado por la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DIGESA) y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), ha venido contribuyendo en el logro de los objetivos establecidos en el Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes en el Perú, en particular de aquellos propuestos en el Plan de Acción sobre los Bifenilos Policlorados (PCB).

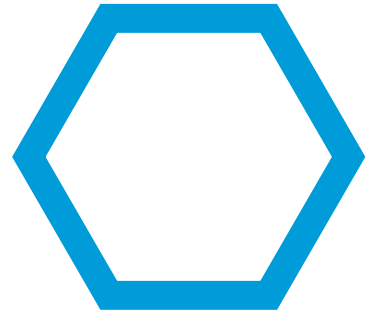
Existen cada vez más evidencias científicas que demuestran que los PCB, no obstante haberse dejado de fabricar hace muchos años, se encuentran aún en múltiples aplicaciones (equipos como los transformadores, condensadores, fluidos de transferencia de calor, pinturas, masillas, etc.) y que al haber sido liberados al ambiente, contaminaron el agua, aire, suelo y alimentos, causando graves daños tanto a la salud humana como a la de los animales.

Por lo tanto, es necesario identificar las fuentes de los PCB hacer una gestión ambientalmente racional, considerando especialmente las aplicaciones cerradas y teniendo en cuenta su ciclo de vida, de modo que puedan localizarse y eliminar los PCB contenidos en éstas a más tardar el 2025 y 2028 respectivamente, cumpliendo lo estipulado en el Convenio de Estocolmo.

Durante la ejecución del proyecto se ha observado que es necesario brindar información sobre los PCB, y que tanto autoridades como técnicos necesitan de una guía que oriente las medidas que deben adoptar, así como las actividades a realizar, para evitar riesgos a la salud de los trabajadores y de la población en general, y no contaminar el ambiente.

Esta publicación ha sido estructurada en 4 capítulos. El primero servirá para conocer a los PCB y dónde se encuentran. En el segundo se brinda información sobre los impactos de los PCB en la salud y el medio ambiente. El tercero trata acerca de la gestión ambiental de los PCB. Por último, el cuarto capítulo se muestran los pasos para elaborar un Plan de Gestión de PCB.

Se espera que esta Guía sea de gran ayuda particularmente para las empresas que deben realizar una Gestión Ambientalmente Racional de los Bifenilos Policlorados, ya sea en cumplimiento de las normas y/o de las políticas establecidas en sus sistemas de gestión ambiental, y de seguridad y salud ocupacional.



GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Aceites dieléctricos:** Es el aceite empleado como aislante líquido en los transformadores eléctricos, impidiendo la conducción del calor y la electricidad.
- **Acondicionamiento:** Toda actividad que permite asegurar las condiciones a las existencias y residuos que sean, contengan o estén contaminados con PCB y su manejo seguro según su destino, para tratamiento o disposición final.
- **Almacenamiento temporal:** 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.
- **Bifenilos Policlorados (PCB):** Compuestos aromáticos con características tóxicas, no se biodegradan fácilmente, son persistentes en el ambiente, se acumulan en los tejidos adiposos del cuerpo, son 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.
- **Capacitor (Condensador):** Equipo que puede acumular y mantener una carga eléctrica, compuesto principalmente de placas conductoras separadas por un material dieléctrico.
- **Concentración Permitida de PCB:** Mayor a 2 ppm y menor a 50 ppm en aceites dieléctricos o mayor a 0,4 $\mu\text{g}/100\text{ cm}^2$ y menor a 10 $\mu\text{g}/100\text{ cm}^2$ para superficies no porosas.
- **Declorinación:** Proceso químico de sustitución selectiva de los átomos de cloro por hidrógeno en las moléculas de PCB, para reducir su concentración 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:** Remoción de PCB por algún medio físico o químico para alcanzar una concentración de menos de 50 ppm o menor a $10 \mu\text{g}/100\text{cm}^3$, según sea aplicable.
- **Disposición final:** Operaciones para disponer los residuos que son, 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 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.
- **Estándar:** Es un preparado químico que contiene una concentración conocida de un elemento específico o sustancia.
- **Existencias:** Equipos, componentes o infraestructuras utilizados directa o indirectamente en una actividad antrópica y en estado operativo, pasibles de ser, contener o estar contaminados con PCB.
- **Existencias o residuos PCB:** Equipos o contenedores con PCB puro.
- **Existencias o residuos libre de PCB:** Aquellos que no presentan PCB o su concentración es menor a 2 ppm o $0,4 \mu\text{g}/100 \text{cm}^2$, según sean líquidos o superficies no porosas.
- **Existencias o residuos con presencia de PCB:** Aquellos que contienen PCB en una concentración mayor o igual a 2 ppm o mayor o igual a $0,4 \mu\text{g}/100 \text{cm}^2$, según sean líquidos o superficies no porosas.
- **Existencias o residuos tratados:** Aquellos que, como resultado de operaciones o procesos de eliminación ambientalmente racional contienen PCB por debajo de la concentración permitida.
- **Gestión Ambientalmente Racional (GAR):** Acciones técnicas, financieras, administrativas, educativas y de planeación, 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.
- **Incineración de residuos PCB o con presencia de PCB:** Método de tratamiento de residuos con PCB o contaminados con PCB que consiste en la oxidación química por combustión en instalaciones autorizadas.
- **Inventario de PCB:** Proceso de registro de existencias y residuos que debe contener como mínimo, los datos especificados en el Anexo I del presente Reglamento. El inventario de PCB incluye a los equipos, residuos e instalaciones que mediante los procesos de Descarte y/o Análisis Cromatográfico se haya determinado que son, contienen o están contaminados con PCB.
- **Libre de PCB:** Cuando la existencia o residuo tenga una concentración de PCB menor a 2 ppm o al valor mínimo detectable analíticamente.

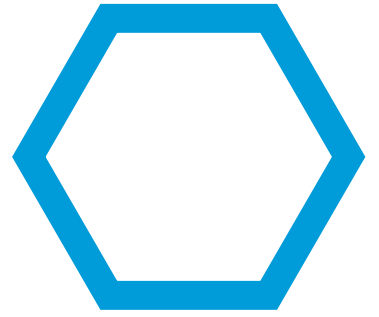
- **Plan de Acción de PCB:** Plan que forma parte del Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes, que tiene como objetivo la eliminación gradual de las existencias y residuos que sean, contengan o estén contaminados con PCB a fin de contribuir a la disminución de la contaminación por PCB y proteger la salud y el ambiente. El logro de sus objetivos estratégicos es responsabilidad particularmente de las autoridades ambientales y empresas industriales y de servicios que posean existencias y residuos con PCB.
- **Plan de Gestión de PCB:** Instrumento de Gestión Ambiental elaborado por los titulares de PCB que incluye un conjunto de actividades destinadas a la prevención de la contaminación, así como a la eliminación ambientalmente racional de existencias o residuos que sean, contengan o estén contaminados con dichas sustancias.
- **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.
- **Planta fija para tratamiento de PCB:** Planta construida o acondicionada especialmente para la eliminación de PCB, que puede ser con recuperación o sin recuperación y que está ubicada en un espacio para operación permanente.
- **Planta móvil para tratamiento de PCB:** Planta construida para la eliminación de PCB con recuperación o sin recuperación, que puede ser desplazada y operar en un espacio de propiedad del titular de PCB.
- **ppm:** Partes por millón (10⁻⁶); Equivalencia: 1 ppm = 0,0001%, 1 ppm = mg/kg.
- **Registro Nacional de Existencias y Residuos con PCB:** Base de datos que a través de un software en línea se reportará y mantendrá actualizado el registro de las existencias y residuos de los Titulares de PCB, desde su identificación hasta su eliminación.
- **Residuo:** Todo elemento, sea equipo o material alguno, del cual no se desea o por motivo alguno, se ha decidido no continuar con su uso; debiendo manejarlo de manera que se prevengan los riesgos a la salud y al ambiente.
- **Residuo con PCB:** Equipo o material en estado no operativo que contiene una concentración de PCB mayor o igual a 50 ppm o cuya superficie presente concentración de PCB mayor o igual a 10 µg/100cm²
- **Sistema de drenaje:** Sistema de vaciado o escurrimiento de las fugas o derrame de fluidos para conducirlos a una poza que permite su acopio, recuperación y adecuada disposición futura.
- **Superficies no porosas:** Superficies lisas en las que se puede aplicar un isopado (recolección de muestra mediante un isopo) con la finalidad de descartar y analizar la presencia de PCB (ejemplo: las superficies metálicas).
- **Titular de PCB:** Persona natural o jurídica propietaria o poseedora de existencias y/o residuos que son, contienen o están contaminados con PCB.



ACRÓNIMOS

ASTM:	American Society of Testing Materials
CBRAS:	Centro Regional de Basilea para América del Sur
CE:	Convenio de Estocolmo
COP:	Contaminantes Orgánicos Persistentes
CPB:	Código de Pago Bancario
DIGESA:	Dirección General de Salud Ambiental
DSA:	Dirección de Salud Ambiental
EC-RS:	Empresa Comercializadora de Residuos Sólidos
ECA:	Estándares de Calidad Ambiental
EPA:	Environmental Protection Agency (Agencia de Protección del Medio Ambiente)
EPP:	Equipos de Protección Personal
EPS-RS:	Empresa de Servicios de Residuos Sólidos
GAR:	Gestión Ambientalmente Racional
INACAL:	Instituto Nacional de Calidad
MINAM:	Ministerio del Ambiente – Perú
MINEM:	Ministerio de Energía y Minas - Perú
MSDS:	Material Safety Data Sheet (Hoja de Datos de Seguridad de Materiales)
NIOSH:	National Institute for Occupational Safety and Health (Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional)
ONU:	Organización de las Naciones Unidas
ONUDI:	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
OSHA:	Occupational Safety and Health Administration (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional)
PBB:	Bifenilo Polibromado
PCB:	Bifenilos Policlorados
PCM:	Presidencia del Consejo de Ministros
PCN:	Naftaleno Policlorado
PCT:	Terfenilo Policlorado
PGPCB:	Plan de Gestión de PCB
PNI o NIP:	Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo
SUCE:	Solicitud Única de Comercio Exterior
TUPA:	Texto Único de Procedimientos Administrativos
UN:	Naciones Unidas
UNIDO:	United Nations Industrial Development Organization





INTRODUCCIÓN

Objetivo

Esta Guía tiene como objetivo orientar al personal técnico, supervisor y gestor responsable del manejo de existencias (equipos, materiales) o residuos que contengan Bifenilos Policlorados (PCB), teniendo en cuenta los aspectos de gestión, técnicos y legales necesarios para el manejo ambientalmente racional de dichas existencias y/o residuos que se encuentren en instalaciones de las diversas actividades productivas y de servicios.

Las acciones realizadas bajo estas orientaciones contribuirán con la protección de la salud de las personas que pudieran exponerse a los PCB, además de disminuir el riesgo de contaminación del ambiente. Todo esto, de manera integrada a las demás acciones nacionales, coadyuvará al logro del Desarrollo Sostenible del país.

Alcance

La Guía puede ser usada en cualquier actividad productiva o de servicio, haciendo énfasis en el subsector eléctrico y en general en toda actividad eléctrica, ya que en este subsector se tiene el mayor número de equipos, materiales y residuos que se presume pueden contener PCB o estar contaminados con PCB.

Orientaciones para su adopción

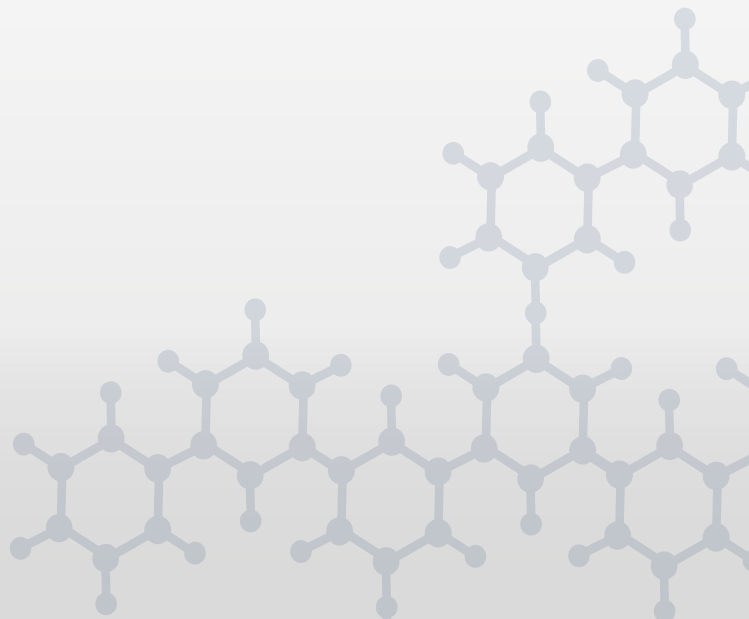
Para aprovechar la Guía para el Manejo Ambientalmente Racional de Existencias y Residuos con PCB, el lector interesado deberá conocer sobre la naturaleza de la sustancia química que se está tratando e internalizar una actitud preventiva en su experiencia cotidiana, y crear conciencia respecto del cumplimiento de las normas sanitarias y ambientales.

La Guía ha sido estructurada de manera sistemática, teniendo en cuenta el ciclo de vida de los equipos eléctricos y los procesos y operaciones que deben efectuarse para eliminar los PCB de estos sistemas cerrados.





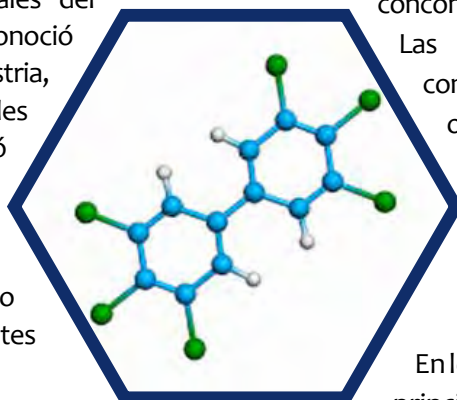
¿QUÉ SON LOS BIFENILOS POLICLORADOS (PCB)?



1 ¿QUÉ SON LOS BIFENILOS POLICLORADOS (PCB)?

Los Bifenilos Policlorados son un grupo de sustancias químicas que causan efectos adversos en la salud humana y el ambiente, y están listados en el Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes¹

No se conoce fuente natural de los PCB². Estas sustancias químicas se descubrieron a finales del siglo pasado y pronto se reconoció su utilidad para la industria, debido a sus propiedades físicas. Desde 1930, empezó a usarse comercialmente como fluidos dieléctricos e intercambiadores de calor y en otras aplicaciones³, como pirorretardantes, disolventes de tintas, plastificantes, etc.



representaban un avance considerable frente a los transformadores de aceite, con su concomitante peligro de incendio. Las compañías aseguradoras contra riesgos de accidentes ocasionados por incendio y electricidad otorgaban descuentos de hasta el 10 % sobre los precios de los transformadores de aceite⁴.

Se consideró por mucho tiempo que los transformadores eléctricos de PCB

En los Estados Unidos se fabricó principalmente en el período de 1930 y fines del decenio de 1970 (634 900 toneladas métricas⁵), fue prohibido

¹ Convenio de las Naciones Unidas elaborado teniendo en cuenta el principio de Precaución consagrado en el principio 15 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, con el objetivo de proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los contaminantes orgánicos persistentes.

² TOXICOLOGICAL PROFILE FOR POLYCHLORINATED BIPHENYLS (PCBs). U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry. November 2000

³ Polychlorinated biphenyls and terphenyls (EHC 2, 1976)

⁴ Preparación de un plan nacional de manejo ambientalmente adecuado de los Bifenilos Policlorados (PCB) y de equipos contaminados con PCB. Convenio de Basilea. Manual de Capacitación. Serie del Convenio de Basilea No 2003/01

⁵ Polychlorinated biphenyls (PCBs). North American Regional Action Plan (NARAP). Commission for Environmental Cooperation of North America

**CUIDADADO
CONTÉM
ASKAREL**
ALTAMENTE TOXICO
E- CONTAMINANTE



<http://bifenilos.blogspot.pe/>

en 1977, en China hasta 1974, en Europa hasta principios de 1980; en Rusia hasta 1993 y, entre 1954 y 1972 en el Japón⁶. Se estima que se produjeron desde 1930, alrededor de un millón de toneladas⁷, sin tener en cuenta la producción de Rusia y China (por no tener datos precisos)⁸, otras fuentes indican que entre 1929 y 1989 la producción total mundial fue aproximadamente de 1,5 millones de toneladas, habiéndose usado ampliamente a nivel mundial durante casi 50 años. Información no oficial indica que aún se producen PCB en Corea del Norte⁹.

Se encuentran ampliamente distribuidos en el medio ambiente de todo el mundo, son

persistentes y se acumulan en la cadena alimentaria. La exposición humana a los PCB se debe fundamentalmente al consumo de alimentos contaminados, pero también a la inhalación y a la absorción cutánea en los lugares de trabajo. Los PCB se acumulan en el tejido adiposo de los seres humanos y de los animales, causando efectos tóxicos a ambos, particularmente en el caso de exposiciones repetidas. La patología se manifiesta sobre todo en la piel y el hígado, aunque también están expuestos el tracto gastrointestinal, el sistema inmunitario y el sistema nervioso.

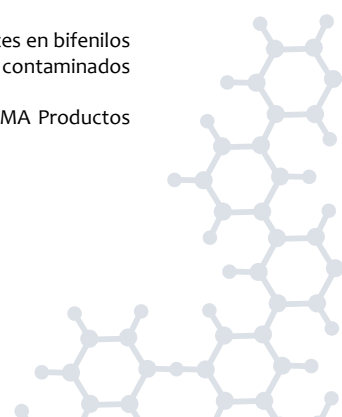
Los dibenzofuranos policlorados (BFPCs), que se encuentran como contaminantes en

⁶ Actualización de las directrices técnicas para el manejo ambientalmente racional de los desechos consistentes en bifenilos policlorados (PCB), terfenilos policlorados (PCT) ó bifenilos polibromados (PBB), que los contengan o estén contaminados con ellos. PNUMA 2006

⁷ Transformadores y Condensadores con PCB. Desde la Gestión Hasta la Reclasificación y Eliminación. PNUMA Productos Químicos. Mayo 2002

⁸ Conociendo a los Bifenilos Policlorados. M'Biguá, Ciudadanía y Justicia Ambiental. 2006

⁹ ETI/UNEP Handouts. Environmentally Sound Management of PCB





mezclas comerciales de PCB, contribuyen de manera significativa a su toxicidad¹⁰.

Estudios posteriores han identificado PCB en casi todos los componentes del ecosistema global, incluyendo el aire, el agua, los sedimentos, los peces, la vida silvestre y tejidos humanos¹¹.

1.1. Características

Los Bifenilos Policlorados son una familia de sustancias químicas que corresponden al grupo de hidrocarburos aromáticos halogenados sintetizados, caracterizados por una estructura bifenil (2 anillos fenilos (C_6H_5)₂) y por lo menos un átomo de cloro que substituye a un átomo de hidrógeno. Es

decir, se trata de una molécula clorada de composición química $C_{12}H_{10-n}Cl_n$, donde n es el número de átomos de cloro en el rango de 1 a 10, y cuyas propiedades dependen de la cantidad y posición de los átomos de cloro en la molécula.

Teóricamente hay 209 compuestos individuales, isómeros y congéneres de PCB. Sin embargo, sólo cerca de 130 han sido encontrados como formulaciones químicas comerciales (Neumeier 1998). Generalmente de 4 a 6 de los 10 lugares posibles de substitución son ocupados con un átomo de cloro (Environment Canada, 1988).

Como los productos comerciales están constituidos por mezclas de congéneres,

¹⁰ Polychlorinated biphenyls and terphenyls (EHC 2, 1976)

¹¹ Effects of Environmental Exposure to Polychlorinated Biphenyls and Dioxins on growth and development in young children. Svati Patandin. 1999

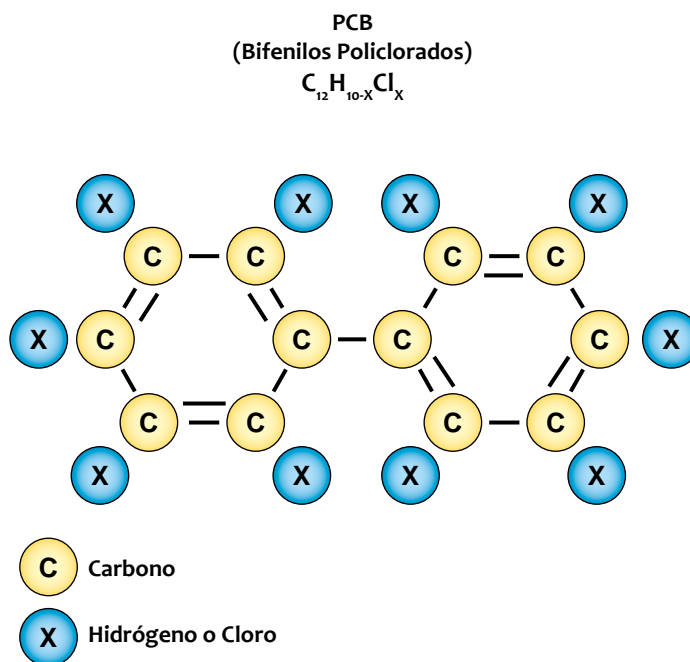


Figura 1: Estructura de la molécula de PCB

es necesario realizar un análisis específico de congéneres para poder comparar los resultados con patrones, y para rastrear por “huella dactilar” las fuentes de contaminación y su posibilidad de degradación en el tiempo. Los PCB pueden lentamente sufrir de cloración natural, o sea remoción de átomos de cloro - fundamentalmente los átomos de cloro más expuestos a fotólisis y a degradación microbiana - dando lugar a eliminación de los mismos, o simplemente su reordenamiento en una molécula de PCB diferente. Esto puede determinarse experimentalmente conociendo la “huella dactilar” del PCB. Es así posible realizar un seguimiento de descontaminación natural de un sitio, como

por ejemplo un río contaminado. También es necesario este seguimiento cuando se lleva a cabo de cloración en los tratamientos de aceites contaminados con PCB¹².

Cerca de la mitad de estos congéneres han sido encontrados en el ambiente. Los mono-orto PCB tienen un átomo de cloro en la posición orto, los di-orto PCB tienen dos átomos de cloro en la posición orto. Los PCB planares se parecen a las dioxinas, debido a su estructura plana y tienen átomos de cloro en las posiciones para y meta de la estructura de anillo de fenilo¹³.

La Organización Mundial de la Salud ha asignado factores de equivalencia de toxicidad a

¹² The Environment in the news. Thursday, 19 August 2004. United Nations Environment Programme. www.unep.org/cpi/briefs/brief19aug04.doc. Y <http://www.ambiente.gov.ar/?IdArticulo=353>

¹³ Effects of Environmental Exposure to Polychlorinated Biphenyls and Dioxins on growth and development in young children. Svati Patandin. 1999

● ¿Qué son los bifenilos policlorados (PCB)?

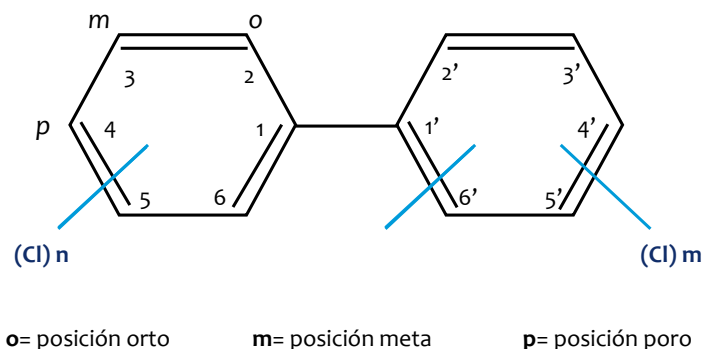


Figura 2: Posiciones del cloro en la molécula de PCB

12 congéneres de PCB que exhiben una toxicidad parecida a la de la dioxina⁶.

Estas sustancias poseen magníficas propiedades dieléctricas, longevidad, no son inflamables y son resistentes a la degradación térmica y química, por ello son unas de las sustancias orgánicas más estables que se conocen. Su constante dieléctrica y su punto de ebullición elevado los hicieron ideales como fluidos dieléctricos en condensadores y transformadores eléctricos¹⁴.

El aspecto o apariencia de los PCB varía de líquida transparente aceitosa a líquida más viscosa y oscura o puede presentarse como sólidos blancos cristalinos (similares a la arena) y resinas de amarillas a negras dependiendo del contenido de cloro. Su viscosidad varía desde muy ligera hasta muy espesa y con aspecto de jarabe. Sus puntos de inflamación pueden ser tan bajos como de 140°C a 200°C.

Los PCB son virtualmente insolubles en agua – particularmente aquellos con alto

contenido de cloro – pero, en contraste, son levemente solubles en aceite y altamente solubles en la mayoría de los solventes orgánicos. La luz no afecta a los PCB. Tiene alta estabilidad frente al calor – lo cual aumenta con el contenido de cloro – y solamente se descomponen a muy altas temperaturas (>1000 °C). Los PCB tienen un alto nivel de inercia química y son altamente resistentes a agentes químicos como ácidos, bases y oxidantes. A pesar de que no afectan metales básicos, disuelven o suavizan algunas gomas o plásticos¹⁵.

La Asociación Nacional para la Protección contra los Incendios (NFPA) de los EEUU, señala que la inflamabilidad de los PCB es leve; es decir, posiblemente ardan pero es difícil que se incendien fácilmente. De allí que suele reconocérseles propiedades piroresistentes o resistentes al fuego.

El vapor producido por un aceite conteniendo PCB es invisible y produce un fuerte olor característico.

¹⁴ Transformadores y Condensadores con PCB. Desde la Gestión Hasta la Reclasificación y Eliminación. PNUMA Productos Químicos. Mayo 2002

¹⁵ 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. UNEP. Convenio de Basilea.



Cortesía: TREDI

Quienes se han expuesto señalan que tiene olor a cloro. Por esto, una sugerencia útil a los trabajadores ocupacionalmente expuestos es

advertirles lo siguiente: Los PCB no son buenos conductores de calor, se comportan como aislantes eléctricos, son resistentes a muchos

¡No huela los vapores de los PCB para identificarlos!

La Inhalación debe evitarse de manera estricta

oxidantes y de elevada resistencia a la descomposición térmica. También son químicamente estables, con bajas presiones de vapor y en general el PCB es más pesado que el agua.

La mayoría de los PCB son virtualmente insolubles en agua, son solubles en sustancias orgánicas o solventes hidrocarbonados, aceites y grasas. Estas características hicieron que los PCB sean valiosos para aplicaciones eléctricas e industriales en general.

Estas propiedades que hicieron de los PCB ideales como fluidos dieléctricos en condensadores

y transformadores eléctricos, retardadores de ignición y otras aplicaciones industriales, al día de hoy son desventajas significativas, porque^{16,7}:

- ◆ No son biodegradables
- ◆ Son persistentes en el ambiente
- ◆ Pueden acumularse en los tejidos adiposos del cuerpo
- ◆ Son carcinógenos
- ◆ Pueden causar efectos graves en los humanos y animales

En la Tabla N° 1, se puede apreciar con detalle, las características fisicoquímicas más importantes de los PCB.

¹⁶ Transformadores y Condensadores con PCB. Desde la Gestión Hasta la Reclasificación y Eliminación. PNUMA Productos Químicos. Mayo 2002

Tabla 1: Características fisicoquímicas más importantes de los PCB¹⁷

Parámetro	Característica
Estado físico	Líquido (temperatura ambiente)
Densidad	1,182 - 1,566 g/mL
Solubilidad en agua	Baja, entre $1,08 \times 10^{-5}$ y $9,69 \times 10^{-10}$ mol/litro (generalmente disminuye con la masa molecular relativa)
Solubilidad en aceites y solventes orgánicos	Alta
Solubilidad en lípidos	Rápidamente absorbidos por tejidos grasos
Coefficiente de partición $\log K_{ow}$	4,46 - 8,18 ^{18,19}
Punto de inflamación	Alto (170 - 380 °C) (no explosivos)
Presión de vapor	Baja (semivolátiles), forman vapores más pesados que el aire, pero no forman mezclas explosivas con el aire. Generalmente disminuye con la masa molecular relativa y aumenta el grado de sustitución de los cloros en posición orto ^{20,21}
Constantes de la Ley de Henry	$0,3 \times 10^{-4}$ - $8,97 \times 10^{-4}$ atm m ³ /mol (a 25°C, técnica de purga de gas) determinada para 20 congéneres
Constante dieléctrica	Alta (baja conductividad eléctrica)
Estabilidad térmica	Alta resistencia al fuego (piroresistentes) con temperatura de inflamabilidad elevada (esto es la base de su uso como líquido de enfriamiento en equipos eléctricos). Cuando se calientan pueden producir Dibenzofuranos Policlorados, con máxima producción entre los 550 °C y 700 °C No cristalizan a bajas temperaturas, pero se transforman en resinas sólidas
Estabilidad química	Alto grado de estabilidad química bajo condiciones normales. Resistentes a la oxidación, a ácidos, bases y otros agentes químicos. De acuerdo a pruebas de laboratorio, permanecen inalterados químicamente, aún en presencia de oxígeno o algunos metales activos a altas temperaturas (sobre 170 °C) y por períodos prolongados
Impurezas conocidas en mezclas comerciales de PCB	Dibenzofuranos clorados (en concentraciones de pocos miligramo-mg/kilogramo-kg y 40 mg/kg), naftalenos clorados y cuaterfenilos clorados
Color	PCB comerciales (mezcla de congéneres) son de color amarillo claro u oscuro Congéneres individuales son incoloros, a menudo cristalinos

1.2. ¿Cómo se produjeron los PCB?

No existe fuente natural de PCB. Son un grupo de sustancias químicas orgánicas sintéticas. El proceso de fabricación involucra la clorinación

de la molécula de bifenilo con cloro anhidro en presencia de un catalizador que podía ser limaduras de hierro o cloruro férrico. El grado de cloración, que determina la naturaleza del aroclor, fue controlado por el tiempo de con-

¹⁷ Manual de Chile sobre el manejo de Bifenilos Policlorados (PCBs; Askareles). CONAMA - PNUMA

¹⁸ IPCS/WHO, EHC 140(1993)

¹⁹ El Convenio de Estocolmo establece que una sustancia se considera bioacumulable si el log KOW es superior a 5

²⁰ Calculado a partir del producto de datos de solubilidad (mol/m³) y la constante de la Ley de Henry (atm m³/mol)

²¹ Dunnivant and Bzerman (1988). D.W. Hawker (1989)

tacto en el reactor. Durante la producción, algunas mezclas de aroclor fueron contaminadas con cantidades pequeñas de “dibenzofuranos” como impurezas. Esta última sustancia se forma también por la pirólisis de los PCB en ausencia de fuego, teniendo sus propias propiedades toxicológicas²².

Muy pocas veces se usó los PCB de máxima concentración, los diversos nombres en muchos casos fueron usados con sufijos distintivos que denotaban el grado de clorinación, tipo de formulación u otras propiedades, por ejemplo, Aroclor 1254, Clophen A60 (los dos últimos dígitos de los nombres comerciales de estos productos se refieren al por-

centaje de cloro en la mezcla del PCB). En Estados Unidos se fabricó desde 1930 hasta 1977, bajo los nombres comerciales de Aroclor, Askarel y Therminol, la producción pico fue en 1970 con 39 millones de kg de aroclor con concentraciones desde 21% hasta el 68%.

En la tabla siguiente se observa que los Estados Unidos fue el país que sintetizó casi el 50% de la producción mundial y los países de Europa occidental el 31,7%, el resto fue fabricado por los países de Europa oriental, Rusia, Japón y China.

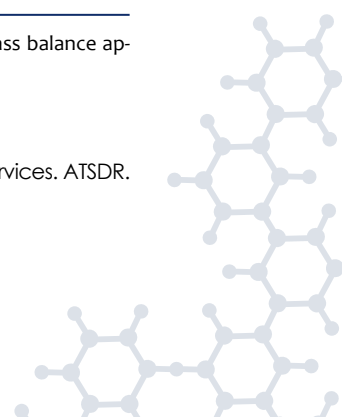
La información preparada por el grupo internacional de expertos del Programa de las

Tabla 2: Total de producción de PCB reportado en la literatura

Productor	País	Inicio Año	Fin Año	Cantidad Toneladas	%	Referencia
Monsanto	USA	1930	1977	641 246	48,4	De Voogt and Brinkman (1989)
Bayer AG	Alemania Occidental	1930	1983	159 062	12,0	De Voogt and Brinkman (1989)
Orgsteklo	U.S.S.R. (Rusia)	1939	1990	141 800	10,7	AMAP (2000)
Prodelec	France	1930	1984	134 654	10,2	De Voogt and Brinkman (1989)
Monsanto	U.K.	1954	1977	66 542	5,0	De Voogt and Brinkman (1989)
Kanegafuchi	Japan	1954	1972	56 326	4,2	Tatsukawa (1976)
Orgsintez	U.S.S.R. (Rusia)	1972	1993	32 000	2,4	AMAP (2000)
Caffaro	Italy	1958	1983	31 092	2,3	De Voogt and Brinkman (1989)
S.A. Cros	Spain	1955	1984	29 012	2,2	De Voogt and Brinkman (1989)
Chemko	Czechoslovakia	1959	1984	21 482	1,6	Schollosserová (1994)
Xi'an	China	1960	1979	8 000	0,6	Jiang et al. (1997)
Mitsubishi	Japan	1969	1972	2 461	0,2	Tatsukawa (1976)
Electrochemical Company	Poland	1966	1970	1 000	<0,1	Zulkowski et al. (2003)
Zaklady Azotowe	Poland	1974	1977	679	<0,1	Falandysz (2000)
Geneva Industries	USA	1971	1973	454	<0,1	De Voogt and Brinkman (1989)
TOTAL	GLOBAL	1930	1993	1 325 810	100	

Referencia: Breivick, K., et al., Towards a global historical emission inventory for select PCB congeners – A mass balance approach: 3. An updated. Science of the Total Environment, 2007.

²² Toxicological Profile for Polychlorinated Biphenyls (PCBs). U.S. Department of Health and Human Services. ATSDR. November 2000



Naciones Unidas (PNUMA), la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) refiere que la producción de PCB se inició en 1929 y se produjeron cerca de 2×10^9 kg de PCB (2 000 millones de toneladas de PCB) y cerca de 2×10^8 kg (200 millones de toneladas) se liberaron al ambiente, permaneciendo en diferentes reservorios ambientales. En Suecia se restringió su uso y fabricación en 1972, en Noruega en 1980, en Finlandia en 1985 y en Dinamarca en 1986²³.

En la Tabla N° 3, se presenta los nombres comerciales de los PCB más conocidos y en la Tabla N° 4 se muestra un extracto de

marcas de PCB, en tanto que en la Tabla N° 5 se brinda información sobre el nombre **IUPAC** (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada - International Union of Pure and Applied Chemistry), y número de registro CAS (Chemical Abstracts Service) de los arocloros.

Debido a que las mezclas de PCB que se hallan en el ambiente son difíciles de evaluar, la mayor parte de la información toxicológica que existe está orientada a siete tipos de mezclas de PCB, las que fueron comercialmente producidas, las cuales incluyen las mezclas que contienen PCB desde el 35% hasta el 98% de PCB.

Tabla 3: Nombres comerciales de los PCB ²⁴

Aceclor	Diacolor	PCB
Adkarel	Dicolor	PCB's
ALC	Diconal	PCBs
Apirolio	Diphenyl, chlorinated	Pheaoclor
Apirorio	DK	Phenochlor
Arochlor	Duconal	Phenoclor
Arochlors	Dykanol	Plastivar
Aroclor	Educarel	Polychlorinated biphenyl
Aroclors	EEC-18	Polychlorinated biphenyls
Arubren	Elaol	Polychlorinated diphenyl
Asbestol	Electrophenyl	Polychlorinated diphenyls
ASK	Elemex	Polychlorobiphenyl
Askael	Elinol	Polychlorodiphenyl
Askarel	Eucarel	Prodelec
Auxol	Fenchlor	Pydraul
Bakola	Fenclor	Pyraclor
Biphenyl, chlorinated	Fenocloro	Pyralene
Chlophen	Gilotherm	Pyranol
Chloretol	Hydol	Pyroclor
Chlorextol	Hyrol	Pyronol
Chlorinated biphenyl	Hyvol	Saf-T-Kuhl
Chlorinated diphenyl	Inclor	Saf-T-Kohl
Chlorinol	Inerteen	Santosol

²³ Concise International Chemical Assessment Document 55. Polychlorinated Biphenyls: Human and health aspects. IPCS INCHEM. 2003

²⁴ Aroclor and Other PCB Mixtures. EPA. <http://www.epa.gov/osw/hazard/tsd/pubs/pubs/aroclor.htm>

Chlorobiphenyl	Inertenn	Santotherm
Chlorodiphenyl	Kanechlor	Santothern
Chlorphen	Kanechlor	Santovac
Chorextol	Kennechlor	Solvot
Chorinol	Kennechlor	Sorol
Clophen	Leromoll	Soval
Clophenharz	Magvar	Sovol
Cloresil	MCS 1489	Sovtol
Clorinal	Montar	Terphenychlore
Clorphen	Nepolin	Therminol
Decachlorodiphenyl	No-Flamol	Therminol
Delor	NoFlamol	Turbinol
Delorene	Non-Flamol	
	Olex-sf-d	
	Orophene	

Algunos de estos nombres pueden tener estar incorrectamente escritos, pero igual se incluyen

Tabla 4: Extracto de las marcas de PCB

Abestol (t, c)	DP 3, 4, 5, 6.5	Phenoclar DP6 (Germany)
Abuntol (USA)	Ducanol	Phenoclor (t, c) (France)
Aceclor (t) (France, Belgium)	Duconal (Great Britain)	Phenoclor DP6 (France)
Acooclor (Belgium)	Duconol ©	Phyralene (France)
Adkarel	Dykanol (t, c) (USA)	Physalen
ALC	Dyknol (USA)	Plastivar (Great Britain)
Apirolio (t, c)	E(d)ucaral (USA)	Polychlorinated biphenyl
Areclor (t)	EEC-18	Polychlorobiphenyl
Aroclor (t, c) (USA)	EEC-IS (USA)	Pryoclar (Great Britain)
Aroclor 1016 (t, c)	Elaol (Germany)	Pydraul (USA)
Aroclor 1221 (t, c)	Electrophenyl (France)	Pydraul 1 (USA)
Aroclor 1232 (t, c)	Electrophenyl T-60	Pydraul 11Y (USA)
Aroclor 1242 (t, c)	Elemex (t, c) (USA)	Pyralene (t, c) (France)
Aroclor 1254 (t, c)	Elexem (USA)	Pyralene 1460, 1500, 1501 (F)
Aroclor 1260 (t, c)	Eucarel (USA)	Pyralene 3010, 3011 (France)
Aroclor 1262 (t, c)	Fenchlor 42, 54, 70 (t, c) (Italy)	Pyralene T1, T2, T3 (France)
Aroclor 1268 (t, c)	Hexol (Russian federation)	Pyramol (USA)
Arubren	Hivar (c)	Pyranol (t, c) (USA)
Asbestol (t, c)	Hydol (t, c)	Pyrochlor
ASK	Hydol	Pyroclor (Great Britain)
Askarel (t, c) USA	Hyvol	Pyroclor (t) (USA)
Auxol (USA)	Hywol (Italy/USA)	Pyromal (USA)
Bakola	Inclar (Italy)	Pyronal (Great Britain)
Bakola 131 (t, c)	Inclor (Italy)	Pysanol

Tabla 5: Arocloros

CASRN	Nombre IUPAC	Tipo
12674-11-2	Aroclor 1016	Mezcla
147601-87-4	Aroclor 1210	Mezcla
151820-27-8	Aroclor 1216	Mezcla
11104-28-2	Aroclor 1221	Mezcla
37234-40-5	Aroclor 1231	Mezcla
11141-16-5	Aroclor 1232	Mezcla
71328-89-7	Aroclor 1240	Mezcla
53469-21-9	Aroclor 1242	Mezcla
12672-29-6	Aroclor 1248	Mezcla
165245-51-2	Aroclor 1250	Mezcla
89577-78-6	Aroclor 1252	Mezcla
11097-69-1	Aroclor 1252	Mezcla
11096-82-5	Aroclor 1260	Mezcla
37324-23-5	Aroclor 1262	Mezcla
11100-14-4	Aroclor 1268	Mezcla
12767-79-2	Aroclor (unspecified)	Mezcla

CASRN	Chemical Abstracts Service (CAS) Registry Number Número de Registro CAS
Nombre IUPAC	Denominación para compuestos orgánicos recomendado por la International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC)
Tipo	El tipo de PCB: Congénere, Homólogo, Mezcla, Categoría

1.3. Usos y aplicaciones de los PCB

Los usos o aplicaciones de PCB se han clasificado según su presencia en sistemas cerrados, parcialmente cerrados (semiabiertos) y abiertos²⁵, de acuerdo a su facilidad de escape hacia el medio ambiente.

Así, los PCB contenidos en **sistemas cerrados** no pueden liberarse fácilmente al medio ambiente. Generalmente los sistemas cerrados controlados y parcialmente cerrados no controlados contienen PCB en aceites o fluidos.

En **sistemas abiertos** o aplicaciones abiertas, los PCB toman la forma del producto donde han sido utilizados como un ingrediente, por lo tanto pueden encontrarse en formas que varían desde pintura a plástico o goma.

En el caso de las aplicaciones abiertas, con ausencia de etiquetas o de indicaciones escritas, generalmente se necesitan análisis químicos para determinar la presencia de PCB.

En 1973, la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) presentó información sobre las aplicaciones de los PCB, clasificando su uso en 3 categorías, según se describen a continuación:

1.4 Sistemas cerrados controlados (aplicaciones cerradas o sistemas completamente cerrados)

Los PCB utilizados como aceites dieléctricos en transformadores y grandes condensadores tienen una duración igual a la del equipo; los escapes se evitan mediante la utilización de diseños apropiados. Cuando se desmonta el equipo, la cantidad de aceites dieléctricos es suficientemente elevada como para justificar la regeneración.

²⁵ Guidelines for the identification of PCBs and materials containing PCBs. UNEP Chemicals, IOMC (1999)



Figura 3. Transformadores



Condensadores
www.a-g-r.e



Condensadores con más de 500 000 ppm de PCB

Figura 4. Condensadores

1.5 Sistemas cerrados no controlados (aplicaciones parcialmente cerradas o sistemas nominalmente cerrados)

Los PCB se utilizan en sistemas termocambidores e hidráulicos y de transferencia de calor que, si bien son técnicamente cerrados, pueden tener escapes. La necesidad de reposición frecuente de pequeñas cantidades impide la recuperación. Los PCB están ampliamente distribuidos en pequeños con-

densadores y es muy difícil recoger estas piezas para su debida eliminación.

Se pueden hallar también en lubricantes de turbinas de gas y de vapor, compresores de gases y de aire, sistemas hidráulicos y lubricantes en equipos de minas y barcos, bombas de vacío, electroimanes, interruptores, reguladores de tensión, motores eléctricos refrigerados con líquido, cables eléctricos con fluidos oleosos aislantes, disyuntores.



Figura 5. Condensador de lavadora



Figura 6. Cable NKY con papel impregnado en aceite (producto discontinuado)

<http://www.remaflex.com.pe/portal/index.php/cables-electricos/cable-de-energia>



Figura 7. Aisladores (Fuentes ocultas de PCB)

<http://www.epa.gov/region8/toxics/pcb/PCBsMiningAndWaterPollution.pdf>



Figura 8. Balastros de lámparas fluorescentes

1.6. Aplicaciones que implican dispersión (aplicaciones abiertas o sistemas abiertos)

Los PCB se han empleado en la formulación de aceites lubricantes, aceites para cuchillas, aceites de moldeo y corte y plaguicidas, plastificantes en pinturas, papel de copia (autocopiativo sin carbón), adhesivos, plásticos, sellos de cierre de bombas de vacío, en materiales de construcción: Asfaltos, fieltros aislantes de ruido, paneles aislantes de techo, selladores; agentes desempolvantes; medios de montaje de microscopios y aceites de inmersión; líquidos para análisis de viscosidad; ignífugo en telas, alfombras, espumas de poliuretano.

En estas aplicaciones, los PCB están en contacto directo con el medio ambiente, sin que haya un modo de recuperarlos cuando se desecha el producto.



Figura 9. En masillas de sellado



Figura 10. Papel autocopiativo sin carbón



Figura 11. Masilla de PCB en juntas

Se estima que aproximadamente el 21% de los PCB producidos fueron usados en aplicaciones abiertas²⁶. Muchas de estas aplicaciones están todavía en uso y cuando se convierten en residuo, no se reconocerán como residuos peligrosos a fin de realizar una adecuada disposición. De esta manera, los PCB ingresan al ambiente.

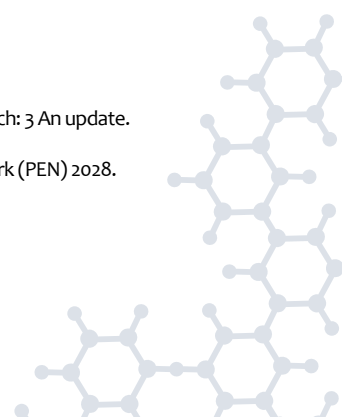
migrando al ambiente y que pueden contribuir a la exposición humana vía respiración del aire interior contaminado con PCB. Los PCB en aplicaciones abiertas fueron usados muchas industrias, edificios públicos y privados, plantas de generación hidráulica, de tratamiento de aguas, instalaciones militares, astilleros, etc²⁷.

Numerosos edificios construidos o renovados entre los años 50 y 80 contienen PCB en variedad de aplicaciones que van





















En las siguientes fotos se pueden observar, dónde podría haber PCB:

²⁶ Breivik, K. et al., Towards a global historical emission inventory for selected OPCB congeners -A mass balance approach: 3 An update. Science of the Total Environment, 2007.

²⁷ Factsheet PCB in Open applications: Residential and Public Buildings. UNEP-POPS-PCB-REP. PCBs Elimination Network (PEN) 2028.



● ¿Qué son los bifenilos policlorados (PCB)?

<p>Techos</p>  <p>⇒ Sellantes</p>	<p>Paneles acústicos</p>  <p>⇒ Pinturas ⇒ Retardantes de flama</p>	<p>Fluorescentes</p>  <p>⇒ Capacitadores pequeños ⇒ Balastros</p>	<p>Paredes</p>  <p>⇒ Sellantes ⇒ Pinturas</p>
<p>Ventanas</p>  <p>⇒ Sellantes ⇒ Pinturas</p>	<p>Puertas</p>  <p>⇒ Sellantes ⇒ Pinturas</p>	<p>Calefactor</p>  <p>⇒ Pinturas</p>	<p>Tuberías</p>  <p>⇒ Pinturas</p>
 <p>⇒ Recubrimientos anticorrosivos</p>	 <p>⇒ Pinturas</p>	 <p>⇒ Sellantes</p>	 <p>⇒ Pinturas</p>
LUGARES INTERIORES Y EXTERIORES DONDE PUEDEN HALLARSE MATERIALES CON PCB			
<p>Fachada de concreto</p>  <p>⇒ Sellantes</p>	<p>Fachada de ladrillo</p>  <p>⇒ Sellantes</p>	<p>Fachada de yeso</p>  <p>⇒ Yeso ⇒ Pintura</p>	<p>Balcones</p>  <p>⇒ Sellantes ⇒ Pintura</p>
<p>Marcos de ventanas</p>  <p>⇒ Sellantes ⇒ Pintura ⇒ Doble vidrio</p>	<p>Marcos de puertas</p>  <p>⇒ Sellantes ⇒ Pintura</p>	<p>Construcciones de acero</p>  <p>⇒ Recubrimiento anticorrosivo</p>	<p>Galbestos</p>  <p>⇒ Recubrimiento</p>

Fuente: Factsheet PCB in Open applications: Residential and Public Buildings. UNEP-POPS-PCB-REP. PCBs Elimination Network PEN. Todas las fotos son cortesía de Urs. Wagner, ETI Environmental Technology Ltda

Figura 12. PCB en fuentes abiertas

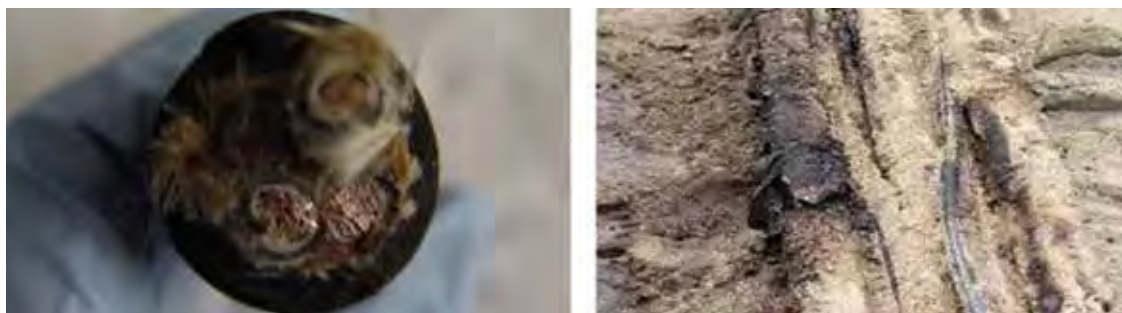


Figura 13. PCB en cables húmedos



Figura 14. PCB como fluido lubricante en aceites y grasas

<http://chm.pops.int/Implementation/PCBs/Guidance/tabid/665/Default.aspx>

De igual modo, en la tabla siguiente se puede apreciar las mezclas de arocloros que se usaron en diferentes equipos y productos industriales

Tabla 6: Resumen de varios usos según los arocloros

Uso Final	AROCLOR								
	1016	1221	1232	1242	1248	1254	1260	1262	1268
Capacitores	x	x				x			
Transformadores				x		x	x		
Intercambiadores de calor				x					
Aceites hidráulicos/lubricantes									
Fluidos hidráulicos			x	x	x	x	x		
Bombas de vacío		x		x					
Plastificantes									
Cauchos		x	x	x	x	x			
Resinas sintéticas					x	x	x	x	x
Papel copia sin carbón				x					
Misceláneos									
Adhesivos		x	x	x	x	x			
Aditivos de cera				x		x			
Agentes de extracción de polvo						x	x		
Tintas						x			
Aceites para corte						x			
Aditivos para plaguicidas						x			
Componentes para sellantes y para calafateado						x			



Son muchas las aplicaciones abiertas que están diseminadas en todo el mundo, así la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos de Norteamérica, cuenta con un programa dirigido principalmente a la población en general, a fin de prevenir los riesgos de exposición de las poblaciones vulnerables como son los niños, particularmente de las masillas que contenían PCB, las cuales fueron ampliamente usadas entre 1950 y 1978 en edificios, escuelas y, no obstante su prohibición en 1978, existen edifi-

caciones antiguas en las que se puede hallar este tipo de aplicaciones^{28,29}. De igual manera en Suiza se realizan trabajos de monitoreo de PCB en ambientes cerrados como las escuelas, así como la correspondiente descontaminación de hallarse en el lugar aplicaciones abiertas que liberan PCB al ambiente³⁰. Allí, se hacen evaluaciones de PCB previo al desmantelamiento y destrucción de edificaciones antiguas.

Y, en la Tabla N° 7, se aprecia los sectores y los usos donde se pueden hallar los PCB.

Tabla 7: Sectores y aplicaciones donde se pueden encontrar PCB³¹

Sectores	Usos
Eléctrico (incluyendo distribución)	Transformadores Grandes condensadores Condensadores pequeños Interruptores Reguladores de voltaje Cables rellenos de líquido Interruptores de circuito Electroimanes
Instalaciones industriales - Metal: aluminio, cobre, hierro, acero - Cemento - Química - Plásticos - Refinerías de petróleo	Transformadores Grandes condensadores Condensadores pequeños Fluidos refrigerantes Fluidos hidráulicos (equipos) Reguladores de voltaje Interruptores de circuito Electroimanes
Ferrocarril	Transformadores Grandes condensadores Reguladores de voltaje Electroimanes
Operaciones mineras subterráneas	Transformadores Condensadores Fluidos hidráulicos (equipos) Tomas de tierra Pinturas Cables húmedos Fluorescentes
Instalaciones militares	Transformadores Grandes condensadores Condensadores pequeños Interruptores de circuito Reguladores de voltaje Fluidos hidráulicos (equipos)

²⁸ Hoja de datos para escuelas: puede haber masilla que contenga PCB en escuelas y edificios antiguos. EPA. <http://www.epa.gov/pcb/incaulk/caulkschools1-sp.pdf>

²⁹ Prevención de la exposición a los PCB presentes en el material de la masilla EPA-747-F-09-005. 2009

³⁰ Urs Wagner. Regional Capacity Building Workshop. Panamá, Febrero 15 – 18, 2011

³¹ Eliminación de PCB de los lugares de trabajo. Estefanía Blount. Dolores Romano. Revista de Salud laboral del CCOO N° 20. Abril 2003.

Sectores	Usos
Edificios comerciales y residenciales - Hospitales - Oficinas - Escuelas - Comercios - Residencias	Pequeños condensadores (en lavadoras, secadores de pelo...) Interruptores de circuito Electroimanes Fluorescentes Pinturas Masillas de vidrio Sellantes
Laboratorios de investigación	Bombas de vacío Balastos de lámparas fluorescentes Pequeños condensadores Interruptores de circuito Medios de montaje de microscopios y aceites de inmersión Líquidos para análisis de viscosidad
Fabricación de componentes electrónicos	Bombas de vacío Balastos de lámparas fluorescentes Pequeños condensadores Interruptores de circuito
Plantas depuradoras de aguas residuales	Bombas de vacío Motores de pozos
Talleres de reparación y mantenimiento de automóviles	Aceites usados
Vertederos y plantas de gestión de residuos - Residuos urbanos e industriales - Chatarrerías	Aparatos y equipos desguazados Escombros Chatarras. Vertidos
Agricultura	Como componente en Plaguicidas (para aumentar su volumen)

1.7. Principales productos que usaron PCB

Los productos más representativos que usaron PCB y en mayor cantidad y concentración, son los transformadores, capacitores y balastos.

1.7.1. Transformadores

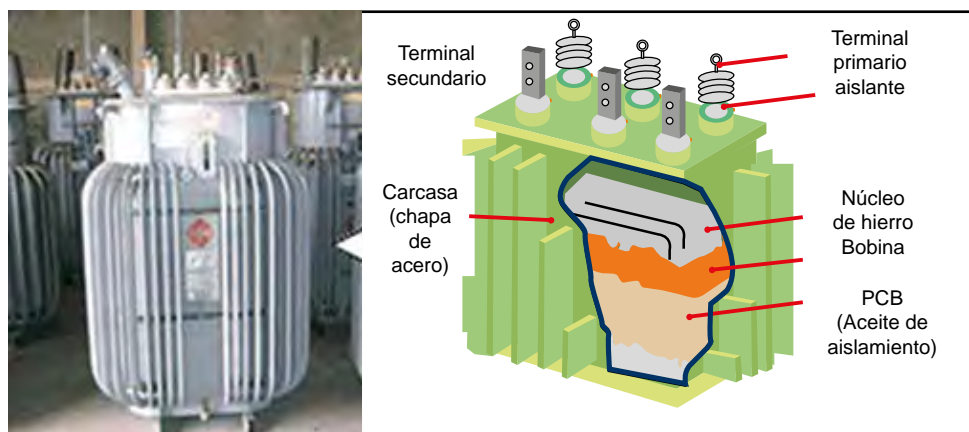


Figura 15. Transformadores

1.7.2. Condensadores

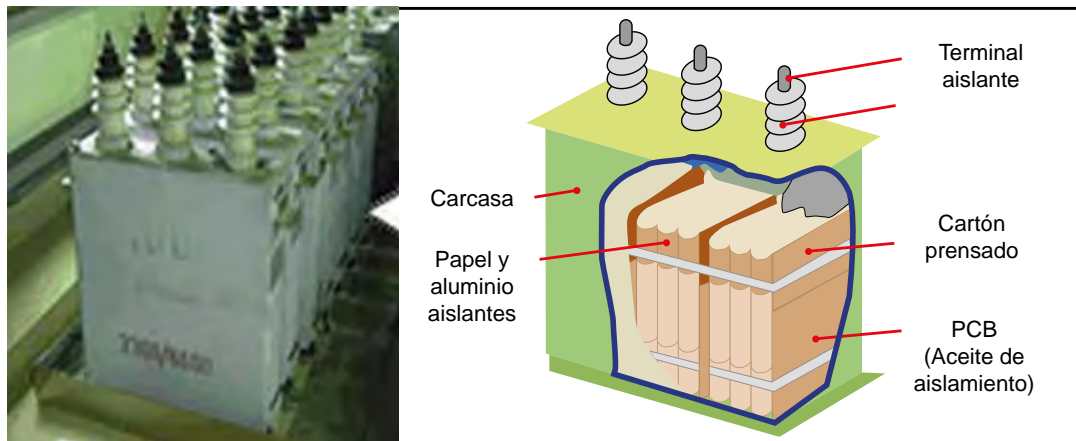


Figura 16. Condensadores

1.7.3. Balastos

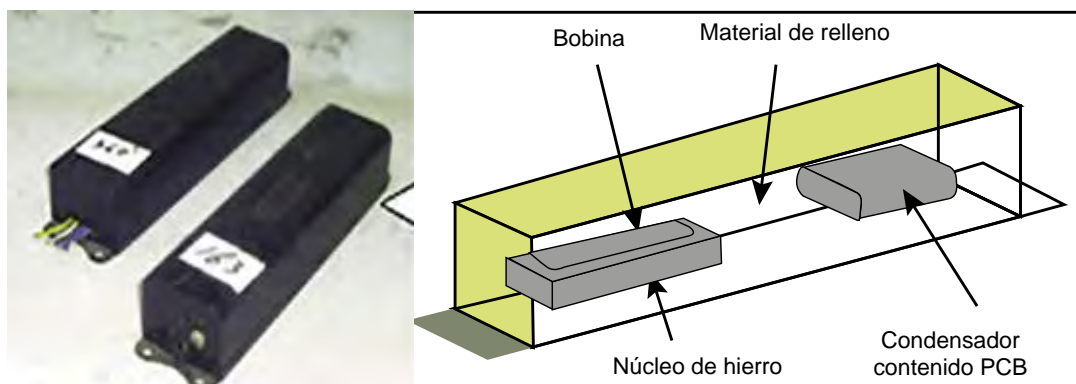


Figura 17. Balastos

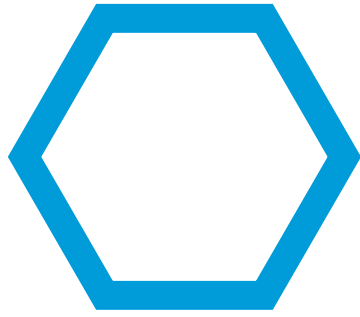
Ref.: Gráficos adaptados de: <http://www.jesconet.co.jp/eg/pcb/pcb.html>

Es por ello, que el Convenio de Estocolmo, estipula en la Parte II, que cada país deberá 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 más de un 0,05% de bifenilos policlorados y volúmenes superiores a los 5 litros;

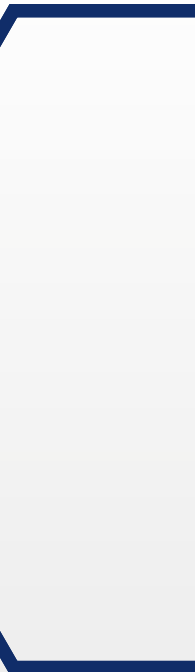
iii) Esforzarse por identificar y retirar de uso todo equipo que contenga más de un 0,005% de bifenilos policlorados y volúmenes superiores a 0,05 litros;

Y es que no obstante no fabricarse desde hace más de 30 años equipos que contengan PCB, hay muchos de equipos antiguos con PCB que todavía están en uso y hay otros que por prácticas inadecuadas durante el mantenimiento fueron contaminados, por lo que hay una necesidad impostergable de identificarlos, etiquetarlos y retirarlos de uso.



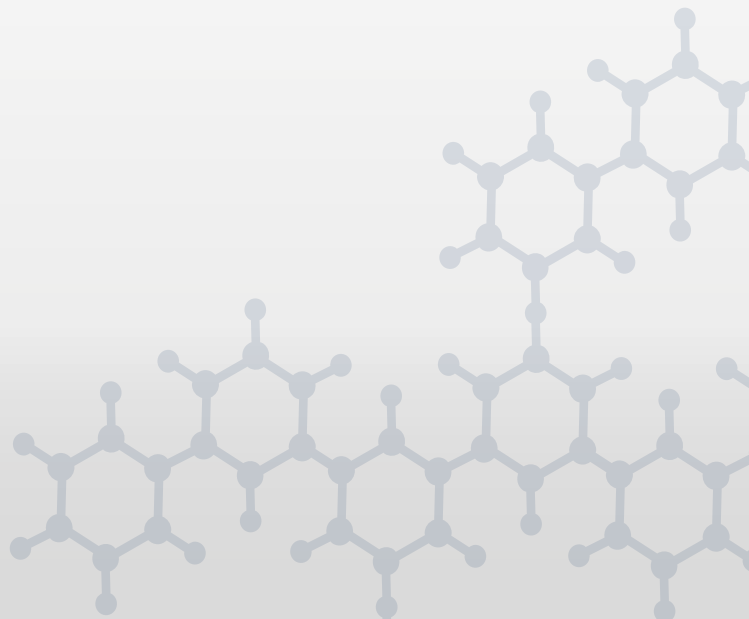


Yusho Book





IMPACTOS DE LOS PCB EN LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE

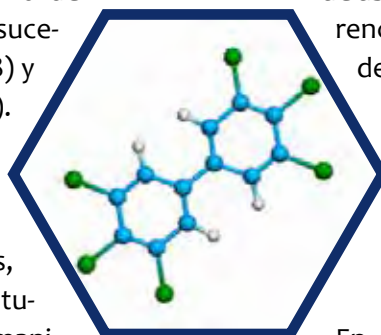


2 IMPACTOS DE LOS PCB EN LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE

Los PCB pertenecen al grupo de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) listados por el Convenio de Estocolmo y también forman parte de la lista de los Residuos Peligrosos del Convenio de Basilea, conscientes de que estas sustancias plantean peligros importantes y cada vez mayores a la salud humana y al ambiente

Dos sucesos marcaron hitos y se hizo evidente la preocupación mundial sobre los PCB, se trata de intoxicaciones masivas por el consumo de aceite de arroz contaminado sucedido en Yusho en Japón (1968) y de Yu-Cheng en Taiwán (1979).

En 1968 ocurrió un accidente en el oeste del Japón, aproximadamente 1800 personas, principalmente de las prefecturas de Fukuoka y Nagasaki manifestaron una extraña enfermedad de la piel que incluía erupciones acneiformes, acentuación folicular y pigmentación, así como hinchazón en los párpados de los



ojos. Esto fue causado por el uso de aceite de arroz Kanemi contaminado con Kanechlor-400, una mezcla comercial de PCB que fue usado como un medio de transferencia de calor durante el proceso de deodorización y decolorización del aceite. Los repetidos calentamientos degradaron parcialmente los PCB en dioxinas y furanos y terfenilos y cuartifenilos policlorados.

En 1978 - 79, aproximadamente 2000 taiwaneses ingirieron aceite de arroz contaminado con PCB y dioxinas y furanos, ellos desarrollaron cloracné, hiperpigmentación, neuropatía periferal y otros



signos similares a los sufridos en Yusho. La causa fue similar al caso japonés, el PCB fue usado como medio de transferencia de calor y el derrame de una tubería conteniendo PCB contaminó el aceite de arroz que fue empaquetado y distribuido en la parte central de Taiwan³². Por estos hechos se conoció esta enfermedad como la “enfermedad del aceite”.

Posteriormente han habido varios accidentes más, aquí se presentan algunos sucedidos en Norteamérica y Sudamérica:

El 5 de febrero de 1981, a las 5:28 am, un incidente en un panel eléctrico cercano a un transformador ubicado en sótano del edificio de la Oficina Gubernamental de

Binghamton, New York ocasionó el recalentamiento y derrame en el piso de aproximadamente unos 200 galones del fluido dieléctrico del transformador (que contenía 1060 galones de Arochlor 1254 -con 65% de PCB y 35% de tri y tetra cloro benceno)³³, causando el desastre ambiental de un espacio interior más costoso en los Estados Unidos, ya que el fluido dieléctrico por un proceso pirolítico se convirtió en dioxinas y furanos, además de otras sustancias tóxicas. Los humos se introdujeron por el sistema de ventilación y contaminó todos los ambientes del edificio. La torre de 18 pisos fue abierta después de 14 años, luego de un proceso de limpieza y remediación que se estima costó unos 53 millones de dólares³⁴.

³² Yueliang Leon Guo, Chen-chin Hsu. Yucheng and Yusho: The effects of toxic oil in developing humans in Asia. Departments of Environmental and Occupational Health, National Chung Kung University Medical College, Tainan, Taiwan.

³³ Arnold Schecter, M.D. Contamination of an office Building in Binghamton, New York by PCBs, Dioxins, furans and Biphenylenes after an electrical panel and electrical transformer incident. Chemosphere, Vol. 12, N° 4/5, pp 669-680.1983.

³⁴ Binghamton: Home of the Biggest Indoor Environmental Disaster <http://wnbf.com/binghamton-biggest-indoor-environmental-disaster/>

El 28 de abril de 2004, se produjo un grave accidente en una represa hidroeléctrica de la Administración Nacional de Electricidad (ANDE), Paraguay por la explosión simultánea de los reactores R3 y R4, en la sala de máquinas, cada uno contenía 300 litros de PCB (askarel). El aceite expulsado empapó a 4 funcionarios y tres trabajadores que se hallaban en el lugar, dos de ellos ingirieron el aceite que se les derramó sobre la cara, y resultaron los más afectados, la mayoría de ellos desarrollaron cuadros hepáticos y se les aceleró la presencia de otras enfermedades. Isabelino Álvarez, el más afectado, se volvió dependiente de la insulina.

Aunque en aquella oportunidad fueron 4 los trabajadores directamente afectados por el accidente, en pocos meses más, el número de víctimas ascendió a 17 personas, ya que luego de un presunto periodo de descontaminación que duró dos meses, la ANDE permitió que se volviera a ingresar a la sala de máquinas para seguir trabajando, sin asegurarse de que los efectos tóxicos hayan sido totalmente eliminados³⁵.

Nuevamente en Paraguay (Asunción), un incendio de grandes proporciones tuvo lugar el 14 de octubre de 2015 a las 5 pm en el predio (Laurente, San Lorenzo) donde se almacenaban más de 12 mil transformadores en desuso, muchos de ellos contenían PCB (80% de una muestra de 500 equipos contenían PCB). Los bomberos evacuaron la zona por el grave riesgo que significaba el humo tóxico que se expandía por toda la zona. El

Ministerio de Salud reportó al 23 de octubre unos 133 casos de posibles intoxicados, de un total de 4 816 vecinos del lugar, 180 bomberos que atendieron la emergencia, 9 funcionarios del servicio de emergencias médicas y 31 periodistas que cubrían el caso³⁶.

Inmediatamente de este suceso, el presidente del ANDE anunció que ejecutarían el Plan de Mitigación de Pasivos Ambientales de la ANDE con un financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y se tenía prevista la eliminación de las existencias de aceites y residuos con PCB por un total de USD 1 320 000³⁷. No se conoce el daño ambiental de este desastre.

Desde 1971, las publicaciones científicas han ido creciendo año tras año y en la actualidad hay más de 10 000 publicaciones científicas sobre los PCB³⁸ que reportan los graves impactos a la salud y al ambiente producto de la exposición a los PCB.

2.1. Efectos en la salud por la exposición a los PCB

El PCB es un xenobiótico para el organismo humano y el entorno, toda vez que se trata de una sustancia extraña que el hombre sintetizó hace más de 100 años. Las vías de exposición a los PCB son la oral o digestiva, por inhalación y la dérmica.

La relación entre la exposición a los PCB y sus efectos en la salud humana es un refle-

³⁵ <http://www.ultimahora.com/sufrimos-el-mas-grave-accidente-hidroelectrico-que-ande-oculto-n274192.html-15.03.16>

³⁶ <http://www.abc.com.py/edicion-impresa/economia/salud-reporta-133-casos-de-posibles-intoxicados-tras-incendio-en-ande-1419767.html>. 23.10.15

³⁷ <http://www.sen.gov.py/noticia/806-incendio-en-subestatica-ande-comunica-acciones-a-ser-ejecutadas.html#.VuhvslXhC1s>. 15.03.16

³⁸ La contaminación ambiental con Bifenilos Policlorados y su impacto en salud pública. Susana Isabel García.



<http://www.andina.com.pe/>

jo de la gran variación en la exposición a los diferentes congéneres y contaminantes presente en las formulaciones de PCB y de los subproductos de la combustión de los PCB. Las diferentes clases de congéneres de PCB tienen diferentes perfiles de toxicidad³⁹. La evidencia sugiere que la exposición a los PCB se asocia con el incremento de cánceres del sistema digestivo, especialmente del hígado y del melanoma maligno⁴⁰.

Estudios señalan como los principales efectos los siguientes:

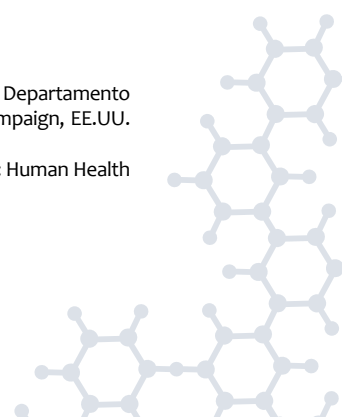
- ◆ Efectos sobre la función reproductiva en las mujeres
- ◆ Efectos neuroconductuales y déficit en el desarrollo en los recién nacidos y niños en edad escolar por exposición en el útero

- ◆ Enfermedades del hígado (hipertrofia y cambios enzimáticos) y efectos tiroideos
- ◆ Desórdenes en sangre (anemia e hiperleucocitosis)
- ◆ Incremento del riesgo de cáncer
- ◆ Bajo peso al nacer
- ◆ Hiperpigmentación
- ◆ Cloracné (lesión cutánea)
- ◆ Se observan cambios en la epidermis (pérdida de cabello)
- ◆ Daño ocular
- ◆ Depresión del sistema inmunológico
- ◆ Disrupción endocrina

Los alimentos como la carne y otros productos cárnicos son la principal fuente de acumulación de PCB y dioxinas y furanos en el

³⁹ Schantz SL, Widholm JJ, Rice DC. Efectos de la exposición a los PCB en la función neuropsicológica en niños. Departamento de Veterinaria Ciencias Biológicas, Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign, EE.UU. PubMed - indexado para MEDLINE

⁴⁰ World Health Organization. Concise International Chemical Assessment Document 55. Polychlorinated Biphenyls: Human Health Aspects. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, Georgia, USA. 2003



cuerpo humano⁴¹. Una vez que ingresan al organismo, los PCB se distribuyen en los tejidos, se acumulan en la piel y tejido adiposo. En las mujeres embarazadas atraviesan la placenta y se distribuyen en tejidos fetales pudiendo alcanzar los mismos niveles sanguíneos que la madre, también se acumulan en la leche materna⁴². En trabajadores expuestos se ha encontrado PCB en sangre hasta 2 ó 3 años después de la cesación de una exposición de más de diez años.

Más del 90 % de los PCB ingeridos atraviesan las paredes del intestino y son retenidos en el organismo. El órgano blanco de los PCB es el hígado, donde se acumulan (se ha observado el desarrollo de tumores malignos y benignos en ratones que han absorbido PCB y en monos, cuya sensibilidad a estos productos es muy cercana a la humana).⁴

Investigaciones han demostrado una correlación entre el consumo de pescado de las madres y los desórdenes de desarrollo y déficit cognitivos en los niños. En los primeros estudios conducidos por Jacobson se halló significancia estadística en el decremento de la edad gestacional, peso al nacer y circunferencia de la cabeza, evidenciados entre los 5 y 7 meses después del nacimiento. El déficit neuroconductual incluyendo respuestas depresivas, reconocimiento visual deteriorado y mala memoria a corto plazo

se evidenció a los 7 meses, efectos que se siguieron presentando a los 4 años de edad⁴³. De igual manera otro estudio observó bajo peso al nacer y retraso del crecimiento en los niños nacidos de madres expuestas a accidentes con altos niveles de PCB y compuestos relacionados, y en los niños nacidos de madres que consumieron pescado contaminado con PCB⁴⁴.

El estudio realizado por P. Plusquellec et al., en niños inuits identificó una asociación entre la exposición prenatal a PCB 153 y estados emocionales en los preescolares, como la infelicidad y ansiedad durante la sesión de evaluación⁴⁵.

Los estudios en Japón y Taiwán han contribuido a las evidencias de una asociación entre los PCB y estos efectos. Las investigaciones epidemiológicas realizadas durante varios años por el equipo de investigadores de la Universidad de Kyushu y otras universidades y entidades de gobierno del Japón sobre los casos presentados luego de la ingesta de aceite de arroz contaminado con PCB en la localidad de Yusho (Nagasaki) ocurrido en 1968, muestran los graves impactos a la salud por la exposición aguda y crónica a los Bifenilos Policlorados. Todo este trabajo fue recopilado y sistematizado por el equipo de editores liderados por el Dr. Masanori Kuratsune en la publicación Yusho Book, en éste se muestran fotos de los efectos casi inmediatos

⁴¹ Patandin S, Dagnelie PC, Mulder PG, Op de Coul E, van der Veen JE, Weisglas-Kuperus N, Sauer PJ. Dietary exposure to polychlorinated biphenyls and dioxins from infancy until adulthood: A comparison between breast-feeding, toddler, and long-term exposure. *Environ Health Perspect.* 1999 Jan; 107(1):45-51.

⁴² Susana Isabel García. La contaminación ambiental con Bifenilos Policlorados y su impacto en salud pública.

⁴³ Appendix E. Toxicity Profile for Polychlorinated Biphenyls. Risk Assessment. 2002. http://www.michigan.gov/documents/deq/deq-rrd-KzooRiv-HHRA-052703Section4_312473_7.pdf

⁴⁴ Patandin S, Koopman-Esseboom C, de Ridder, Weisglas-Kuperus N, Sauer PJ. Efectos de la exposición ambiental a los bifenilos policlorados y dioxinas en el tamaño al nacer y el crecimiento de los niños holandeses. Departamento de Pediatría del Hospital de la Universidad Erasmus y el Hospital Universitario / Sophia infantil, Rotterdam, Países Bajos. *Pediatr Res.* 1998 Oct; 44 (4): 538-45

⁴⁵ P. Plusquellec, G. Mucklea, E. Dewailly, P. Ayotte, G. Bégin, C. Desrosiers, C. Després, D. Saint-Amour, K. Poitras. The relation of environmental contaminants exposure to behavioral indicators in Inuit preschoolers in Arctic Quebec. *NeuroToxicology.* Volume 31, Issue 1, January 2010, Pages 17–25



Figura 18. Aspecto clínico de la erupción acnei-forme en pacientes de Yusho

Foto: Yusho Book

y en el mediano plazo, ocasionados por la presencia de PCB en el organismo humano.

Así, se pudo evidenciar la acneigenicidad de los PCB tanto en humanos como en animales, particularmente del KC-400. Esto ya se había reportado antes en trabajadores que inhalaron vapor de aroclor (Meigs et al. 1954)⁴⁶. Así como la hiperpigmentación de las uñas.



Figura 19. Aspecto clínico de un feto entregado por una madre de Yusho que muestra la pigmentación difusa y sistémica (llamado “bebé negro”)

Foto: Yusho Book

La toxicidad de los PCB se manifestó tempranamente en la población afectada con las erupciones acneiiformes con hiperpigmentación e hiperqueratosis. Estudios efectuados en animales evidenciaron los efectos endocrinos, así como la inmunosupresión (basados en la disminución de peso y cambios histológicos de órganos linfoides observados). Los efectos carcinogénicos fueron la preocupación constante de los pobladores de Yusho y los estudios realizados en roedores mostraron que los PCB producen neoplasia hepática nodular o hepatocarcinoma celular. Si bien las investigaciones realizadas en el Japón no hallaron evidencias de genotoxicidad⁴⁷, otras investigaciones sí lo consideran como genotóxico⁴⁸.

En un estudio de cohorte sobre mortalidad en los pacientes de Yusho (1987) realizado por Kuratsune et al., se observó que en 120 casos de entre 1761 pacientes hubo un aumento significativo de la mortalidad por cáncer en hombres tanto al pulmón como al hígado, pero esto no se observó en las mujeres⁴⁹.

Se reportó que 13 mujeres en Yusho tuvieron 11 partos, 9 nacieron vivos y dos muertos. 10



Figura 20. Apariencia clínica de la pigmentación de las uñas en pacientes de Yusho

Foto: Yusho Book

⁴⁶ M. Kuratsune. Investigation of the cause of the “Strange Disease”. Yusho Book.

⁴⁷ M. Nishizumi. Toxicity of PCBs, PCDFs and related compounds. Yusho Book

⁴⁸ Polychlorinated Biphenyls (PCBs) Toxicity. <http://www.atsdr.cdc.gov/csem/csem.asp?csem=30&po=10>

⁴⁹ Y. Nakanishi. Clinical features and treatments of Yusho. Yusho Book



de estos bebés mostraron características de color oscuro (gris/marrón oscuro), 9 incremento en la secreción de los ojos y 5 tuvieron pigmentación en las uñas y gingiva. La mayoría de estos bebés fueron pequeños. Los PCB fueron transferidos por sus madres vía transplacentaria y leche materna⁵⁰.

Un estudio realizado en España, relaciona la acumulación de concentraciones de contaminantes en el cuerpo humano y el desarrollo de la diabetes. Las personas con mayores niveles de contaminantes orgánicos persistentes (COP) en su organismo tienen el triple de riesgo de padecer esta enfermedad que las personas con niveles más bajos de estos contaminantes.

Los investigadores analizaron las muestras de sangre de 919 personas representativas de toda Cataluña y determinaron que el 72% de la población catalana acumula en su organismo restos de 10 o más COP, como los PCB y el DDE, (metabolito del DDT). Los niveles corporales de COP se relacionaron con la diabetes tipo 2 que padecía el 16% de los participantes en el estudio. Los resultados indicaron que a medida que crece la concentración de COP, aumenta el riesgo de diabetes. Las conclusiones más llamativas revelan que incluso en el grupo de personas con un peso normal, las que tienen niveles más altos de PCB registran un riesgo de diabetes 3,2 veces superior a aquellas con los niveles más bajos de estos tóxicos. Pero este riesgo es aún mayor en las personas con obesidad y los niveles más altos de PCB: en tales personas la frecuencia de diabetes es nueve veces superior a la de quie-

nes tienen un peso normal y los niveles más bajos de estos contaminantes.

Nuestro cuerpo es un depósito de los productos químicos que se hallan en la comida y el medio ambiente, y eso provoca diabetes. De promedio una persona con diabetes tiene un 123% más PCB 118 que una persona sana (0,170 frente a 0,076 ng/mL de sangre). Y estos enfermos tienen un 141% más hexaclorobenceno que una persona sin diabetes⁵¹.

Esta situación hallada, refuerza la condición de los PCB como Disruptor Endocrino.

La Agencia Internacional de Investigación del Cáncer de los EEUU (IARC - International Agency for Research on Cancer), en el 2014 ha elevado a los PCB a la categoría 1ª, en función a la evidencias halladas en los estudios de investigación.

2.1.1. Bioacumulación de PCB en el organismo

La bioacumulación es un proceso por el cual una sustancia química va aumentando su concentración en cada uno de los eslabones de la cadena alimenticia (cadena trófica).

Experimentos de laboratorio en animales han demostrado que:

- ◆ Los PCB se absorben fácilmente a través de todas las áreas expuestas y permanecen en su mayoría en el tejido graso, donde tienden a acumularse;
- ◆ Más del 90 % de los PCB ingeridos atra-

Los PCB son CARCINOGENICOS para los seres humanos

⁵⁰ T. Yoshimura. Clinical features and treatments of Yusho. Yusho Book

⁵¹ Antonio Cerillo. La Vanguardia. 22.07.2012. Barcelona, España.

viesan las paredes del intestino y son retenidos en el organismo;

- ◆ El órgano blanco de los PCB es el hígado, donde se acumulan (se ha observado el desarrollo de tumores malignos y benignos en ratones que han absorbido PCB y en monos, cuya sensibilidad a estos productos es muy cercana a la humana) y causan:
 - ◆ Acné, irritaciones cutáneas, hiperpigmentación;
 - ◆ Hipersecreción de glándulas lacrimales, conjuntivitis;
 - ◆ Desórdenes hepáticos (hipertrofia y cambios enzimáticos);
 - ◆ Desórdenes en sangre (anemia e hiperleucocitosis); y
 - ◆ Efectos reproductivos.

Se observan cambios en la epidermis (pérdida de cabello) y en la piel (acné, edema) de descendientes de madres expuestas, así como bajo peso al nacer y anomalías óseas.

En ratones, la DL_{50} (dosis letal media) al día octavo (es decir, la dosis letal para el 50% de la población al cabo de 8 días), es de sólo 0,7 g de PCB por kg del animal.

2.1.2. Toxicidad efectiva de los PCB

Estudios de casos de envenenamientos en seres humanos causados por absorción accidental de dosis de 800-1000 mg de PCB/kg muestran que las primeras áreas en las que aparecen los síntomas son la piel (acné, hiperpigmentación, queratosis, hipersudación) y los ojos (edema de párpados, lagrimeo de los ojos).

Los síntomas más generales (fatiga, anorexia, pérdida de peso), desórdenes hepáticos, bronquitis, algunas neuropatías periféricas y disrup-

ciones endócrinas completan el cuadro clínico. Estos síntomas retroceden después de cerca de un año.

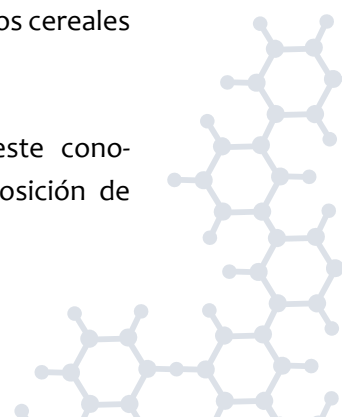
Como se indicó anteriormente, en Yusho se observaron anomalías en niños de madres que durante el embarazo, consumieron aceites contaminados con PCB. Estas anomalías se encuentran fundamentalmente en la piel, en mucosas y en la epidermis.

La exposición ocupacional puede causar irritaciones de piel y mucosas (ojos y sistema respiratorio), cloracné y en mayores concentraciones desórdenes hepáticos.

2.1.3. Exposición No Ocupacional

La principal fuente de exposición no ocupacional para la población en general es a través de los alimentos, especialmente el pescado (WHO, 1993). Residuos de PCB (como Arocloros 1254 y 1260) fueron detectados en un 8,5% de muestras tomadas durante un estudio realizado en la grasa de unos animales domésticos de granja en Ontario, Canadá entre 1986 y 1988 (Krank et al, 1990). Otro estudio en alimentos en Vietnam detectó altos niveles de PCB en peces y mariscos (760 y 1400 ng/g grasa). La fuente principal de PCB en la dieta vietnamesa son los cereales (incluye el arroz) y los vegetales, y se determinó que tenían una ingesta diaria de 3,7 µg/persona/día comparable con algunos países industrializados (Kannan et al, 1992a). Otro estudio de la India halló niveles muy altos de PCB en peces, con un promedio de 330 ng/g de grasa (Kannan et al, 1992b). Igualmente, la principal fuente de PCB en la ingesta diaria (0,86 µg/persona/día) fueron los cereales y el aceite vegetal⁵².

Estudios recientes reforzaron este conocimiento, señalando que la exposición de





PCB es la ingesta de alimentos de la dieta diaria con alto contenido graso como los huevos, carnes con tejido graso y algunos peces y animales salvajes (ATSDR 2000; CDC 2009b; Fisher 1999; Gunderson and Gunderson 1988; Hopf et al. 2009; Patterson et al. 2008). Asimismo, investigaciones realizadas en EEUU, hallaron PCB en suero en la población en general, lo que refleja la acumulación de esta sustancia por exposición pasada. (ATSDR 2011)⁵³.

Una población especial expuesta no ocupacionalmente es aquella que hace sus propias reparaciones, y que implica la remoción de material de construcción antiguo, que incluye yeso, pintura y masilla selladora que contengan PCB.

2.1.4. Exposición ocupacional

La exposición ocupacional ocurre principalmente por las vías dérmica e inhalatoria. Aunque los PCB se evaporan lentamente a temperatura ambiente, su volatilidad

aumenta dramáticamente con incluso un pequeño aumento de la temperatura. Los equipos que contienen PCB pueden sobrecalentarse y evaporar cantidades significativas significando una situación de riesgo que puede magnificarse si el ambiente laboral tiene escasa ventilación.

Por su naturaleza lipofílica, los PCB se pueden absorber a través de la piel al tener contacto con los equipos contaminados, el agua o suelo contaminado⁵⁰.

Si bien los equipos con PCB hace muchos años que no se fabrican, hay todavía muchos de ellos que siguen funcionando y otros fabricados con posterioridad a las prohibiciones del uso de PCB, fueron contaminados y hoy contienen PCB en concentraciones mayores a 50 ppm (la máxima permitida), lo que constituye un riesgo para los trabajadores.

Evidentemente los trabajadores de las fábricas de producción de transformadores y acei-

⁵² L. Ritter, K.R. Solomon, J. Forget. A Review of selected Persistent Organic Pollutant. Canadian Network of Toxicology Centres. IPCS-IOMC. 1995

⁵³ Agency for Toxic Substances and Disease Registry. CASE STUDIES IN ENVIRONMENTAL MEDICINE. Polychlorinated Biphenyls (PCBs) Toxicity. 2014

tes dieléctricos, aceites hidráulicos con PCB fueron los más expuestos, tanto por la inhalación de vapores o contacto del fluido que contenía altas concentraciones de las mezclas de PCB. Las primeras noticias de efectos fueron reportados en 1936 (Jones and Alden 1936), cuando se asoció el cloracné con los PCB. Otros síntomas de la alta exposición a los PCB fueron las quemaduras en los ojos,

cara y piel, además se observaron síntomas clínicos de daño al hígado, que incluía elevados niveles de triglicéridos, también hubo evidencias de la incidencia de cáncer.

En la siguiente tabla se presentan niveles de PCB en el aire de un ambiente de trabajo y en sangre y los efectos reportados en un período de exposición.

Tabla 8: Concentraciones de PCB en ambientes de trabajo y en sangre de trabajadores expuestos a PCB

Tiempo de Exposición	Niveles de PCB		Efectos reportados
	Aire en ambiente ocupacional (mg/m ³)	Sangre (ppb)	
Desconocido	10	-	Irritación insoportable
4 – 8 meses	5 – 7	-	Cloracné
< 1 – 2 años	0,2 – 1,6	370 (promedio)	Cloracné, hiperpigmentación, daño al hígado
2,5 años (promedio)	No reportado	820 (promedio)	Cloracné
2,5 – 18 años	0,013 – 0,27	36 – 286	Irritación, daño al hígado
14 meses	0,1	-	Cloracné, daño al hígado
2– 23 años	0,32 – 1,44	>200	Cloracné, daño al hígado
Hasta 15 años	No reportado	7 – 300	Cloracné, triglicéridos elevados
	< 1	74 – 1 900	No efectos

Fuente: Kimbrough (1980c). Elsevier Biomedical Press, BV.

Las ocupaciones específicas con riesgo a la exposición ocupacional determinadas en el Censo (National occupational Exposure Survey –NOES) de la NIOSH en 1989 fueron:

- ◆ Trabajo de construcción
- ◆ Trabajo de demolición
- ◆ Reparación de cables eléctricos
- ◆ Electroplateado
- ◆ Respuesta ante emergencias
- ◆ Bomberos
- ◆ Manipulación de residuos peligrosos
- ◆ Reparación de intercambiadores de calor
- ◆ Labores de limpieza y mantenimiento
- ◆ Técnicos y tecnólogos de laboratorio médico

- ◆ Industria de acabados metálicos
- ◆ Industria de fibra no celulósica
- ◆ Pavimentación y techado
- ◆ Reparación de tuberías y plomeros
- ◆ Industrias de semiconductores
- ◆ Preparación de madera para uso en la construcción
- ◆ Reparación de transformadores y capacitores
- ◆ Procesos de reciclado de aceite usado

Esta exposición fue reduciéndose al no seguir usándose los PCB sea como parte constitutiva o aditiva de un material o artículo, sin embargo, teniendo en cuenta que hay equipos o infraestructura que podrían tener PCB, es pertinente prestar aún atención a estas ocupaciones, si las mismas involucran el uso o contacto con estos materiales o equipos antiguos.

Actualmente, los trabajadores pueden exponerse:

- ◆ Durante el mantenimiento y reparación de equipos antiguos que contienen PCB
- ◆ Como resultado de accidentes que involucran equipos con PCB
- ◆ Durante las actividades de limpieza o remoción de materiales de construcción, que incluyen yeso, pintura y masilla selladora que contiene PCB

2.1.5. Valores umbrales de exposición⁴

En Estados Unidos el valor límite umbral de exposición a PCB en el ambiente laboral fue establecido por la Conferencia Americana de Higienistas Gubernamentales (ACGIH) en:

- ◆ 1 mg/m³ para los que tengan un contenido de cloro del 42%; y

- ◆ 0,5 mg/m³ para los que tengan un contenido de cloro del 54%.

Otra agencia, el Instituto Nacional de Seguridad Ocupacional y Salud (NIOSH) recomienda un valor límite en 0,01 mg/m³, para cubrir los potenciales riesgos de cáncer. En Suecia, el valor límite se estableció en 0,01 mg/m³.

2.1.6. Toxicidad de los productos de descomposición de los PCB⁵⁴

Cuando los PCB se descomponen por calor, producen – al principio y por encima de todo – cloro, gas clorhídrico y monóxido de carbono. Los vapores de gas clorhídrico pueden causar serias irritaciones del tracto respiratorio, de las áreas de piel expuestas, de mucosas (particularmente las de los ojos), y resultar en faringitis, laringitis, bronquitis e inflamación ocular. En concentraciones elevadas existe riesgo de edema pulmonar agudo. Por lo tanto, **nunca se debería olfatear un transformador que esté dañado**. En el caso de incendio o descomposición, los



⁵⁴ Javier Martínez et al. Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Ficha Temáticas - Tomo II. Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe. Uruguay 2005

PCB también producen, cuando hay oxígeno presente, pequeñas cantidades de algunos compuestos tóxicos que pertenecen a la familia de las siguientes dioxinas y furanos:

- ◆ Dibenzofuranospoliclorados (PCDF);
- ◆ Dibenzodioxinas policloradas (PCDD); y
- ◆ Difenilos policlorados (PCDP)

2.2. Impactos en el ambiente

La degradación de los PCB en el ambiente depende del grado de cloración del bifenilo, la persistencia se incrementa cuanto mayor es el grado de cloración. La vida media de los PCB es de 10 días para un monoclorobifenilo hasta 1,5 años para un heptaclorobifenilo (WHO, 1993). La persistencia de PCB combinada con el alto coeficiente de partición de varios isómeros proveen las condiciones necesarias para la bioacumulación en los organismos. Para las carpas cabezonas (fathead minnows) expuestas a 3µg de aroclor 1260/L por 250 días se obtuvo un factor de bioconcentración de 120 000 y expuestas a una concentración de 2,1 µg de aroclor 1260/L por 250 días se tuvo un factor de bioconcentración de 270 000 (DeFoe *et al.*, 1978).

Las propiedades químicas de los PCB (baja solubilidad en el agua, alta estabilidad y semivolatilidad) favorecen el transporte a largas distancias, por ello, los PCB se han detectado en el aire del Ártico, agua y otros organismos vivos (Barrie *et al.*, 1992; Lockart *et al.*, 1992; Thomas *et al.*, 1992; Muir *et al.*, 1992)⁵⁵.

El transporte de los PCB es complejo y global. Los PCB son transportados por el aire, agua, peces, pájaros y otras rutas, Los PCB se depositan desde el aire por la lluvia, nieve, deposiciones secas y en fase vapor. Los PCB tienen a migrar desde las bajas latitudes donde predomina la evaporación hasta las regiones polares donde predomina la deposición⁵⁶.

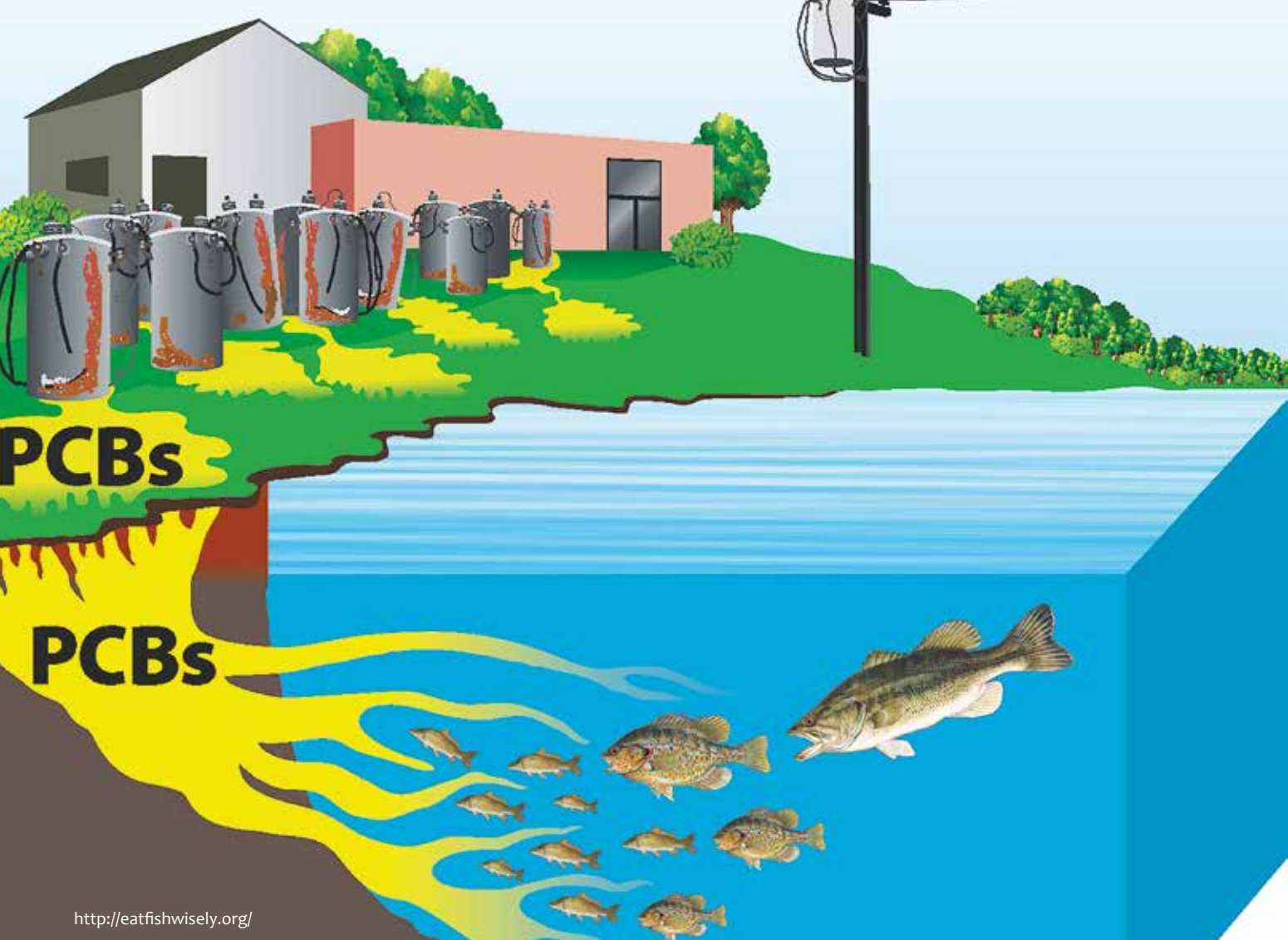
Según la Organización Panamericana de la Salud a través de una de sus publicaciones científicas N° 387- Criterios de Salud Ambiental 2 (1979), de la producción total de PCB desde 1930 su distribución en el entorno ocurre de la manera siguiente:

- ◆ Más de la mitad se ha incorporado a botaderos y terraplenados, en los que probablemente permanezca estable y se libere con mucha lentitud;
- ◆ La mayor parte del resto se ha incorporado por conducto de la evacuación de efluentes industriales en ríos y aguas litorales;
- ◆ Otra cantidad se obtendrían por los escapes de sistemas no cerrados o por volatilización en la atmósfera derivada de materiales que contienen PCB en los botaderos. Además la combustión de los PCB determina a la atmósfera como una de las rutas seriamente afectadas, ya que en este caso el PCB se convierte en una sustancia de mayor toxicidad conocida como Dioxinas; y

⁵⁵ L. Ritter, K.R. Solomon, J. Forget. A Review of selected Persistent Organic Pollutant. Canadian Network of Toxicology Centres. IPCS-IOMC. 1995

⁵⁶ Mitchell D. Erickson. Introduction: PCB Properties, Uses, Occurrence and Regulatory History. PCBs: Recent Advances in environmental Toxicology and health Effects. University Press of Kentucky. 2001. Edited by Larry w. Robertson, Larry G. Hansen





<http://eatfishwisely.org/>

- ◆ Los reservorios últimos de los PCB que se incorporan al medio ambiente son, sobre todo, los sedimentos de ríos y aguas litorales.

Como se sabe, los PCB son estables en el ambiente, y una muy pequeña proporción se transformaría por acción biológica y, posiblemente por fotólisis⁵⁷.

En el contexto ambiental, la preocupación por los PCB es mayor cuando el PCB se libera indiscriminadamente como residuo. En ese sentido, existe una profunda necesidad de practicar el manejo ambiental de los PCB cuando éstos se encuentran, al interior de las instalaciones de donde se generan, a fin de actuar correctamente desde el momento de la generación del residuo con PCB.

⁵⁷ Descomposición de una sustancia por acción de la luz

2.2.1. PCB en animales

Los PCB llegan a las diversas matrices ambientales (agua, aire, suelo, alimentos), acumulándose en organismos pequeños y peces en el agua y a través de la cadena trófica se acumulan en otros animales que se alimentan de estos organismos acuáticos. Así, los PCB acumulados en peces y mamíferos acuáticos, pueden alcanzar niveles miles de veces mayores que los niveles de PCB en el agua, biomagnificándose la concentración en el medio acuoso.

Los PCB contenido en sedimentos pueden afectar las poblaciones de animales silvestres, particularmente aquellas especies consideradas en riesgo de extinción. Así, la disminución de las poblaciones de visón en

el sureste de Estados Unidos fue atribuida a la contaminación de PCB (Oowski et al., 1995). Asimismo, los PCB pueden causar deficiencias reproductivas en peces de agua dulce y otros organismos acuáticos; esto fue observado en un pantano contaminado con PCB en New Bedford, Massachusetts.

Estudios en laboratorio y en campo con animales silvestres han demostrado una causalidad entre los efectos adversos en la salud y la exposición a los PCB. Así, se ha observado que los efectos de la toxicidad crónica incluyen daño hepático, cáncer, afectación en el sistema reproductivo e inmunológico en aves y mamíferos marinos.

Estudios realizados en algunas especies de pájaros de los Grandes Lagos mostraron evidencias de la reducción de la población por las alteraciones a nivel reproductivo, así como deformaciones. Muchas de estas especies fueron reduciéndose por alimentarse peces contaminados con PCB⁵⁸.

Las concentraciones más altas de PCB se han encontrado en animales depredadores situados en la cúspide de la cadena alimentaria como son osos polares, focas, ballenas, aves de presa y, por supuesto, en humanos.

Los científicos del “NorskPolarinstitut”⁵⁹ después del estudio realizado con osos polares expuestos a PCB concluyeron que la exposición elevada a los PCB afecta negativamente a las hormonas metabólicas del estrés y las sexuales provocando pseudohermafroditismo.

Otro estudio realizado por un equipo liderado por Christian Sonne de la Universidad de Aarhus (Dinamarca) analizó 279 muestras de hueso del pene (báculo) de osos polares para tratar de comprobar si la salud sexual de esta especie puede estar siendo afectada por la contaminación con productos químicos como los Bifenilos Policlorados.

El análisis de regresión de Densidad Mineral Ósea (DMO) vs Bifenilos Policlorados (PCB) demostró que la DMO es disminuida en función del incremento de las concentraciones de PCB, por lo que es probable que los PCB (como disruptor endocrino) afecten directamente el desarrollo y la densidad ósea en los osos polares, poniendo en riesgo la salud reproductiva de estas especies⁶⁰.

2.2.2. Suelo

En el ambiente los PCB pueden estar en depósitos conteniendo PCB, enterrados en empresas mineras, en botaderos, en rellenos municipales, en sitios donde ocurrieron derrames, vertidos o accidentes.

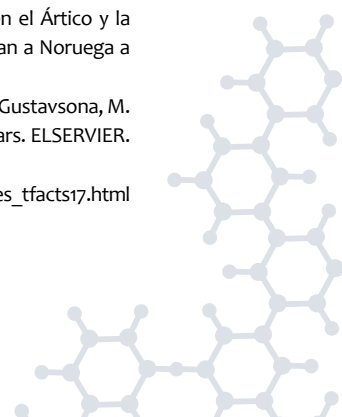
Los PCB han sido identificados en por lo menos 50 de 1598 sitios de residuos peligrosos que tiene la EPA listados⁶¹ y han sido hallados en muchos lugares en bajas concentraciones. Muchos de estos sitios han sido empresas mineras que han enterrados sus residuos hace muchos años y constituyen a la fecha estos pasivos ambientales.

⁵⁸ National Research Council. NATIONAL ACADEMY PRESS. Washington, D.C. A Risk-Management STRATEGY for PCB-Contaminated Sediments. Committee on Remediation of PCB-Contaminated Sediments. Board on Environmental Studies and Toxicology. Division on Life and Earth Studies. 2001

⁵⁹ Instituto Polar Noruega realiza actividades de investigación científica, la cartografía y la vigilancia ambiental en el Ártico y la Antártida. Consejero académico y estratégico del Instituto para el Estado en cuestiones polares, que representan a Noruega a nivel internacional en varias ocasiones y es la autoridad ejecutiva del medio ambiente antártico.

⁶⁰ Christian Sonne, Markus Dyckb, Frank F. Rigéta, Jens-Erik Beck Jensenc, Lars Hylldstrupc, Robert J. Letcherd, Kim Gustavsona, M. Thomas P. Gilberte, Rune Dietza. Penile density and globally used chemicals in Canadian and Greenland polar bears. ELSERVIER. Environmental Research. Volume 137, February 2015, Pages 287–291

⁶¹ ToxFAQs™ - Bifenilos Policlorados (BPCs) [Polychlorinated Biphenyls (PCBs)]. http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts17.html





<http://www.federicoprato.com.ar/>

Una vez que los PCB se liberan al ambiente, se adsorben fuertemente al suelo y sedimento, por lo tanto, estas sustancias tienden a persistir en el ambiente de meses a años. Luego de mucho tiempo pueden ser liberados al agua y al aire.

Los PCB presentes en el aire pueden llegar al suelo con la lluvia o la nieve, o simplemente al depositarse las partículas por efecto de la gravedad.

La lixiviación de PCB en el suelo es lenta, en particular de los congéneres más clorados, y su absorción a las plantas a través del suelo es insignificante⁶².

2.2.3. Agua

En el ambiente acuático, la alta lipofilia de los PCB ocasiona que la mayor parte de éstos

sean adsorbidos por los sedimentos, lo que ayuda a prevenir la contaminación de los recursos hídricos (fuentes de agua potable). La partición de los PCB hacia los sedimentos juega también un rol en la tendencia de la bioconcentración en los organismos acuáticos, toda vez que los peces se alimentan también de los sedimentos. La resistencia de estos compuestos a la biodegradación ocasiona que se vayan concentrando a través de la cadena alimentaria. Como resultado de esta bioacumulación y bioconcentración, los niveles de PCB en los organismos acuáticos pueden llegar a ser un millón de veces más alto que la concentración en el medio acuático. (ATSDR 2010)

En el Estudio Nacional de Residuos Químicos en peces llevado a cabo entre 1986 y 1989 (EPA 1992a, 1992b), la concentración promedio del sedimento y del pez (game fish) fue

⁶² ATSDR Cases Studies in Environmental Medicine Polychlorinated Biphenyls (PCBs) Toxicity. Course WB 2460. 2014

de 1,9 ppm; sin embargo en aguas cercanas a los sitios de disposición de residuos peligrosos, estos niveles se elevaron hasta 20 ppm. (ATSDR 2000)

2.2.4. Aire

En el aire, los PCB están en forma de partículas sólidas o en forma de vapor, por tanto pueden transportarse mediante las corrientes de aire a lugares muy distantes de donde fueron liberados. Las partículas pueden depositarse en el suelo en forma de polvo o ser acarreados por la lluvia y la nieve. Las moléculas más pesadas se depositarán preferentemente en sedimentos, en tanto que las más livianas es probable que permanezcan en el aire.

La vida media de los PCB está en función al grado de cloración, así un producto monoclorado subsiste en el ambiente entre 5 a 11 días, en tanto que los Bifenilos hexaclorados pueden estar en el medio unos 75 días o más. Los PCB menos clorados se degradan más fácilmente. La vida media está también en función a la temperatura, a menor temperatura, mayor vida media.

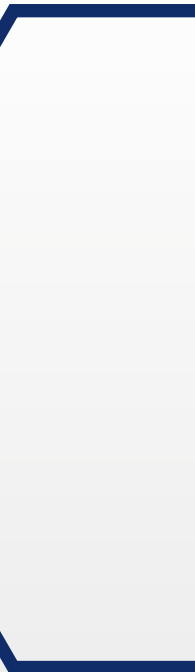
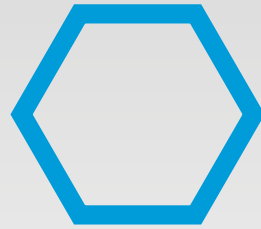
La EPA ha realizado varios estudios especialmente en ciudades cercanas a los grandes lagos donde hace más de 50 años se realizaron descargas industriales que contaminaron los cuerpos de agua con PCB, hallando PCB en el aire que pueden provenir de la evaporación de las moléculas que están en el medio acuoso, sino también de otras aplicaciones abiertas (como las pinturas, masillas, etc. que fueron prohibidos en los 70's), que por el uso

van liberando micropartículas que contaminan el aire.

Los PCB en el aire constituyen una ruta significativa de exposición y enfermedad, cuando esta exposición es prolongada manifestó el Dr. David Carpenter, Director del Instituto para la Salud y el Ambiente de la Universidad de Albany-Suny⁶³.

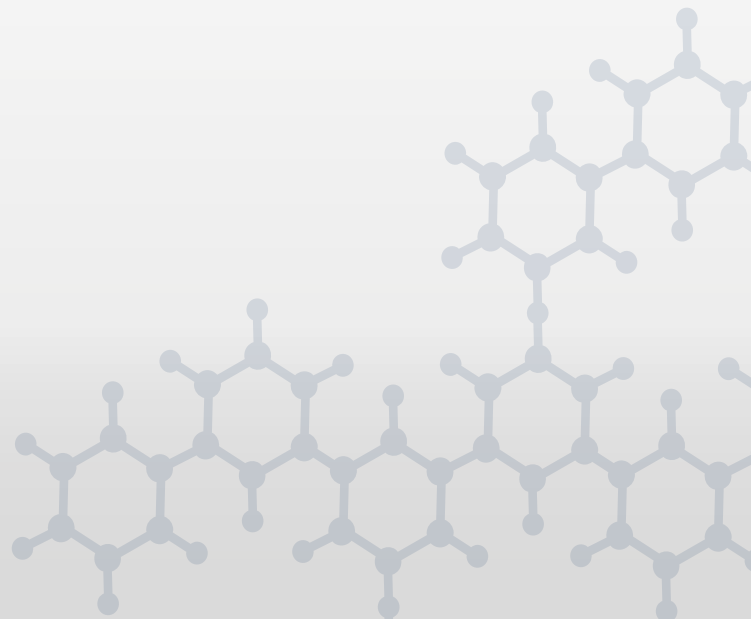


⁶³ <http://www.environmentalhealthnews.org/ehs/news/2015/oct/long-banned-chemicals-still-in-paint-contaminating-chicago2019s-air>





GESTIÓN AMBIENTAL DE LOS BIFENILOS POLICLORADOS



3 GESTIÓN AMBIENTAL DE LOS BIFENILOS POLICLORADOS

En el marco de la Constitución Política del Perú, la Política Nacional del Ambiente, la Política Nacional de Salud Ambiental y demás normas relativas a la gestión sanitaria y ambiental de las sustancias químicas y residuos peligrosos; y en particular aquellas sobre los Bifenilos Policlorados, las entidades públicas y privadas deben adoptar medidas y ejecutar acciones con el objetivo de reducir y eliminar el riesgo que significa la presencia de los PCB en diversas aplicaciones industriales y el ambiente

La gestión de los PCB dentro de una empresa parte por tanto, de la necesidad y compromiso del país para eliminar los PCB en el plazo establecido en la regulación vigente, esta necesidad se muestra en la empresa con el compromiso de la alta dirección y el involucramiento de los funcionarios y técnicos para llevar a cabo una estrategia que incorpore en sus planes de gestión, operativos y presupuestales, las acciones que harán que la empresa al 2028 esté “Libre de PCB”.

3.1. Marco Legal

En el Perú, a la fecha no se cuenta con normativa específica relativa a los PCB, sin embargo, las medidas adoptadas y activida-

des realizadas tanto por autoridades como entidades del sector privado han tomado como referencia principal, lo estipulado en los Convenios de Basilea y de Estocolmo, los mismos que forman parte de la normatividad nacional al haber sido ratificadas.

3.1.1. Nacional

- ◆ Ratificación del Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes mediante el Decreto Supremo N° 067-2005-RE (10/08/05). Se establecen las medidas que los países partes deben adoptar para eliminar las existencias y residuos con PCB, teniendo en cuenta la gradualidad.



- ◆ Aprobación del Convenio de Basilea sobre el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos mediante la Resolución Legislativa N° 26234 (19/10/93). En los Anexos I y IV categorizan a los PCB como desechos que hay que controlar y las operaciones para la eliminación de los PCB, respectivamente.
- ◆ Ley General del Ambiente, Ley N° 28611 (15/10/2005), en el Art. 83° Del control de materiales y sustancias peligrosas, establece que las empresas adoptan medidas para el efectivo control de los materiales y sustancias peligrosas intrínsecas a sus actividades, debiendo prevenir, controlar, mitigar eventualmente, los impactos ambientales negativos que aquellos generen, así como que el Estado adopta medidas normativas, de control, incentivo y sanción, para asegurar el uso, manipulación y manejo adecuado de los materiales y sustancias peligrosas, cualquiera sea su origen, estado o destino, a fin de prevenir riesgos y daños sobre la salud de las personas y el ambiente.
- ◆ Ley General de Salud, Ley N° 26842 (20/07/97), establece en el Capítulo VII “De la Higiene y Seguridad en los Ambientes de Trabajo”, en los artículos 100° al 102°, que quienes conduzcan o administren actividades de extracción, producción, transporte y comercio de bienes y servicios tienen la obligación de adoptar las medidas necesarias para garantizar la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores y terceras personas en sus ambientes de trabajo. De igual modo en Capítulo VI: De las Sustancias y Productos Peligrosos para la Salud, Art. 98 señala que la Autoridad de Salud competente dicta las normas relacionadas con la calificación de las sustancias y productos peligrosos, las condiciones y límites de toxicidad y peligrosidad de dichas sustancias y productos, los requisitos sobre información, empaque, envase, embalaje, transporte, rotulado y demás aspectos requeridos para controlar los riesgos y prevenir los daños que esas sustancias y productos puedan causar a la salud de

las personas. Así también en el Art. 99 señala que los residuos procedentes de establecimientos donde se fabriquen, formulen, envasen o manipulen sustancias y productos peligrosos deben ser sometidos al tratamiento y disposición que señalan las normas correspondientes. Dichos residuos no deben ser vertidos directamente a las fuentes, cursos o reservorios de agua, al suelo o al aire, bajo responsabilidad

- ◆ Política Nacional del Ambiente, aprobada mediante Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM (23/05/2009), establece los lineamientos de Política para las Sustancias Químicas y Materiales Peligrosos.
- ◆ Política Nacional de Salud Ambiental aprobada por Resolución Ministerial N° 258-2011/MINSA (04/04/2011), tiene como objetivos estratégicos la reducción de los riesgos asociados al manejo de las sustancias químicas, en todo su ciclo de vida, producción, uso, transporte, almacenamiento y eliminación final, a fin de proteger la salud de los ciudadanos; y la promoción de ambientes de trabajo saludables, donde los trabajadores y los empleadores colaboran en la aplicación de un proceso de mejora continua para proteger y promover la salud, la seguridad y el bienestar de todos los trabajadores y la sostenibilidad del ambiente de trabajo.
- ◆ Ley General de Residuos Sólidos, Ley N° 27314 (10/07/2000). Constituye el marco legal para la gestión de residuos sólidos peligrosos y no peligrosos que incluye a PCB. Esta ley establece que todo residuo sólido que contenga PCB en una concentración igual o mayor que 50 mg/

kg es declarado Residuo Peligroso.

- ◆ Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos, aprobado con Decreto Supremo N° 057-2004-PCM en cuya Novena Disposición Complementaria, Transitoria y Final se incluye a los residuos de aceites y solventes industriales en tanto no se dicte normativa especial en la materia.
- ◆ Reglamento para la protección ambiental en la actividad minero-metalúrgica, aprobado por Decreto Supremo N° 016-93-EM (01/05/93) se establece en el Anexo 1 que en el Informe sobre la Generación de Emisiones y/o Vertimientos de Residuos de la Industria Minero-Metalúrgica, se deberá declarar los residuos industriales que contienen PCB, y detallar su disposición final.
- ◆ Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas aprobado por el Decreto Supremo N° 29-94-EM estipula en el Anexo N° 2 la obligatoriedad de declarar los materiales que contienen PCB, indicando cantidades y otras características, al igual que la disposición final efectuada, todo esto como parte del Informe sobre la generación de emisiones y vertimiento de residuos de las actividades de la energía eléctrica.
- ◆ Ley sobre el Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos, Ley N° 28256, (19/06/2004) establece las disposiciones generales para el transporte de residuos peligrosos, el cual es aplicable a los residuos PCB y contaminados con PCB.
- ◆ Reglamento Nacional de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos aprobado mediante Decreto Supremo N° 021-2008-MTC regula el

transporte de residuos y materiales peligrosos, que incluye los PCB.

- ◆ El Decreto Supremo 002-2008-MINAM (30.07.2008), modificado por el De-

creto Supremo N° 015-2015-MINAM (30/12/2015).- Aprueba los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua para las categorías siguientes:

Tabla 9: Parámetros y valores consolidados del ECA para Agua

Categoría 1-A

Parámetro	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Policloruros Bifenilos Totales				
PCB's	mg/L	0,0005	0,0005	Retirado

Categoría 2

Parámetro	UND	Agua de mar			Agua continental
		Sub Categoría 1 (C1)	Sub Categoría 2 (C2)	Sub Categoría 3 (C3)	Sub Categoría 4 (C4)
		Extracción y cultivo de Moluscos	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas	Otras actividades	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas
Policloruros Bifenilos Totales					
PCB's	mg/L	0,00003	0,00003	0,00003	0,000014

Categoría 3

Parámetro	UND	Eca agua: Categoría 3	
		Parámetros para riego de vegetales	Parámetros para bebidas de animales
		D1: Riesgo de cultivos de tallo alto y bajo	D2: Bebida de animales
Policloruros Bifenilos Totales			
PCB's	µg/L	0,04	0,045

Categoría 4

Parámetro	UND	Categoría 4				
		E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas Marino Costeras	
			Costa y Sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Policloruros Bifenilos Totales						
PCB's	mg/L	0,000014	0,0000014	0,0000014	0,00003	0,00003

- ◆ El Decreto Supremo 002-2013-MINAM (25.03.2013), y su Fe de erratas del 26.03.2013 establece los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Suelo

Tabla 10: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Suelo

N°	Parámetro	Usos de suelo			Método de ensayo
		Suelo agrícola	Suelo residencial/parques	Suelo comercial/industrial/extractivos	
I	Orgánicos				
	Bifenilos Policlorados (mg/kg MS)	0,5	1,3	33	EPA 8270-D

- ◆ Aprueban Disposiciones Complementarias para la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo mediante Decreto Supremo N° 002-2014-MINAM (24/03/2014), para el cumplimiento gradual de los ECA Suelo.

3.1.2.2. Agua de consumo humano

La meta de la EPA en relación al contenido de PCB en el agua para consumo humano es cero, sin embargo, el nivel de concentración

3.1.2. Internacional

A continuación se hará referencia a Límites, estándares para PCB para otras matrices para los cuales no se tiene valores nacionales.

3.1.2.1. Aguas residuales

La EPA considera a los PCB como carcinogénico para los humanos, por tanto está prohibida la descarga de efluentes industriales con PCB (Clean Water Act Effluent Guidelines)



máxima en los sistemas de agua potable es 0,0005 ppm (EPA 2001)

3.1.2.3. Alimentos

La Agencia de Alimentos y Drogas -FDA de los EEUU señala una tolerancia de 0,2 - 0,3 ppm de PCB en todos los alimentos, con un nivel de tolerancia de 2ppm en los peces. También indica un límite de PCB en los materiales (papel) para empaque de alimentos de 10 ppm (FDA 1996c)

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) y la OMS señalan una ingesta diaria admisible de 6 µg/kg por día (2003)

En la siguiente tabla se incluyen también valores ocupacionales establecidos por las agencias de los Estados Unidos Occupational Safety and Health Administration (OSHA) y la National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).

Tabla 11: Valores de PCB en diferentes matrices

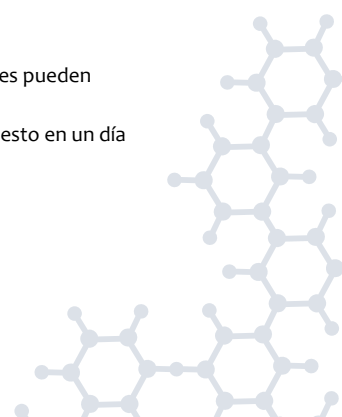
Agencia	Matriz Ambiental	Nivel	Comentarios
OSHA	Aire: lugar de trabajo	1,0 mg/m ³ para PCB con 42% de Cloro 0,5 mg/m ³ para PCB con 54% de Cloro	Exigible; TWA*, PEL+ Ambos valores abarcan todas las formas físicas de aerosoles, vapor, humos, sprays y partículas de polvo de PCB
NIOSH	Aire: lugar de trabajo	1,0 ug/m ³	Potestativo TWA (10 h)
EPA	Agua de consumo humano: ambiental	0,0005 mg/L (ppm)	Exigible MCL (Safe Drinking Water Act)
FDA	Agua embotellada	0.0005 mg/L (ppm)	Como decaclorobifenilo
FDA	Alimentos: ambiental	0,2 – 3,0 ppm (para todo alimento) 2,0 ppm (peces) 10,0 ppm (papel y material de empaque de alimentos)	Exigible; Nivel de tolerancia
FDA	leche, productos lácteos, aves de corral, huevos, pescado y mariscos, y comida para bebé	0,2 a 2 ppm	Tolerancia temporal
WHO/FAO	Alimentos: ambiental	6,0 µg/kg por día	Ingesta Diaria Admisible

*TWA (time,weighted average) (promedio ponderado en el tiempo)

Concentración TWA para un día normal de trabajo y 40 h de trabajo semanal y a la que casi todos los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente.

PEL+ (Límite de Exposición Permissible): el nivel más alto de PCB en el aire al cual el trabajador puede estar expuesto en un día de 8 horas de trabajo

MCL (Nivel Máximo del Contaminante): Nivel exigible para el agua potable





3.2. Ciclo de vida de los bifenilos policlorados en los transformadores y capacitores

3.2.1. Ciclo de los PCB en el medio ambiente

El ciclo del PCB a través del medio ambiente implica la volatilización de las superficies de tierra y agua a la atmósfera, con la posterior eliminación de la atmósfera por deposición húmeda o seca, y nuevamente sucede la volatilización. La población general está expuesta por la inhalación de los PCB en el aire, además de la ingesta de alimentos contaminados con PCB.

Durante las últimas dos décadas, se observa una tendencia a la disminución de las concentraciones de PCB en la mayoría de los medios ambientales, debido a que cada vez son menos los equipos con PCB y por lo tanto, la posibilidad de liberación al ambiente

es menor. Sin embargo, estudios muestran que los PCB están en diversas matrices ambientales y por la cadena trófica llega al humano. En 1998, 37 estados de los Estados Unidos habían emitido 679 alertas sobre PCB para evitar el consumo de ciertos tipos de pescado y de determinados tipos de cuerpos de agua (como lagos, ríos)⁶⁴. Estudios epidemiológicos realizados en los últimos años han hallado relación entre la diabetes y la presencia de PCB en sangre (suero), en diversas poblaciones (niños, niñas, población adulta⁶⁵) lo que indica que los PCB llegaron al organismo a través de los alimentos y ha actuado como disruptor endocrino.

3.2.2. Ciclo de vida de los PCB en los equipos

Haciendo un análisis sencillo del ciclo de vida de los PCB se puede advertir el destino ambiental de estas sustancias, identificando las etapas desde la síntesis (origen) de la

⁶⁴ Polychlorinated Biphenyls (PCBs) Update; Impact on fish advisories. EPA Fact Sheet. EPA-823-F-99-019. September 1999.

⁶⁵ <http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/ohat/diabetesobesity/Wkshp/POPsAppendixEpiTableFormatted.pdf>

sustancia, hasta su liberación al ambiente, sea intencional o no intencional.

Los PCB fabricados fueron usados como componentes principales o como aditivos, tanto en aplicaciones cerradas, semicerradas o abiertas.

Se considera que, si estas sustancias están contenidas en aplicaciones cerradas y no hay fugas, el riesgo de daño es mínimo; sin embargo, siempre hay probabilidad de que pueden ocurrir eventos como sobrepresión, explosiones, descargas o arcos eléctricos, incendios, etc., por lo tanto, liberación al ambiente. Dependiendo de la ubicación de estas fuentes cerradas (transformadores, capacitores), la cercanía a recursos hídricos, a poblaciones, campos de cultivo, etc., estos eventos significarán un mayor riesgo.

Durante la etapa de mantenimiento, los equipos son sometidos en algunos casos al reemplazo de los aceites, en otros a la regeneración de los mismos, habiendo mayor riesgo de derrames, por tanto, liberación al ambiente y exposición de los trabajadores al contacto, es decir, el ingreso al organismo, vía dérmica, o inhalatoria o de contaminación de la ropa, alimentos y todo lo que entre en contacto con los aceites contaminados.

Otra etapa que implica riesgos de fugas es el traslado de un lugar a otro el equipo, para lo cual se debe desinstalar el equipo y transportarlo.

El retiro de uso de los equipos contaminados y almacenamiento constituyen etapas en las que hay que prestar mucha atención, particularmente durante el almacenamiento, para lo cual se deberá etiquetar el equipo y adoptar las medidas necesarias para

evitar y minimizar fugas al ambiente.

El destino final de estas sustancias podrá ser una eliminación con recuperación, lo cual implica la descontaminación de los equipos y de los fluidos mediante los diversos procesos que existen, sean químicos o biológicos o la eliminación sin recuperación, es decir la destrucción por cualquier método. En cualquiera de los casos, lo importante es adoptar las medidas técnicas que eviten la liberación de PCB o de dioxinas, sea en las emisiones o efluentes de los procesos térmicos, que por lo general son los más empleados.

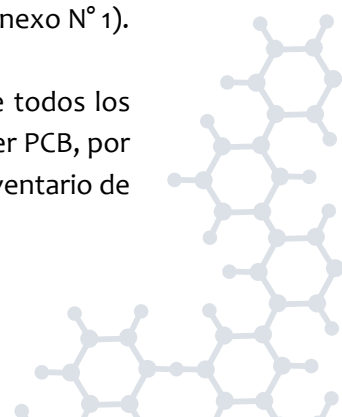
Una vez en el ambiente, los PCB a través de la cadena alimentaria llegan a los animales y humanos pudiendo causar los daños ya conocidos.

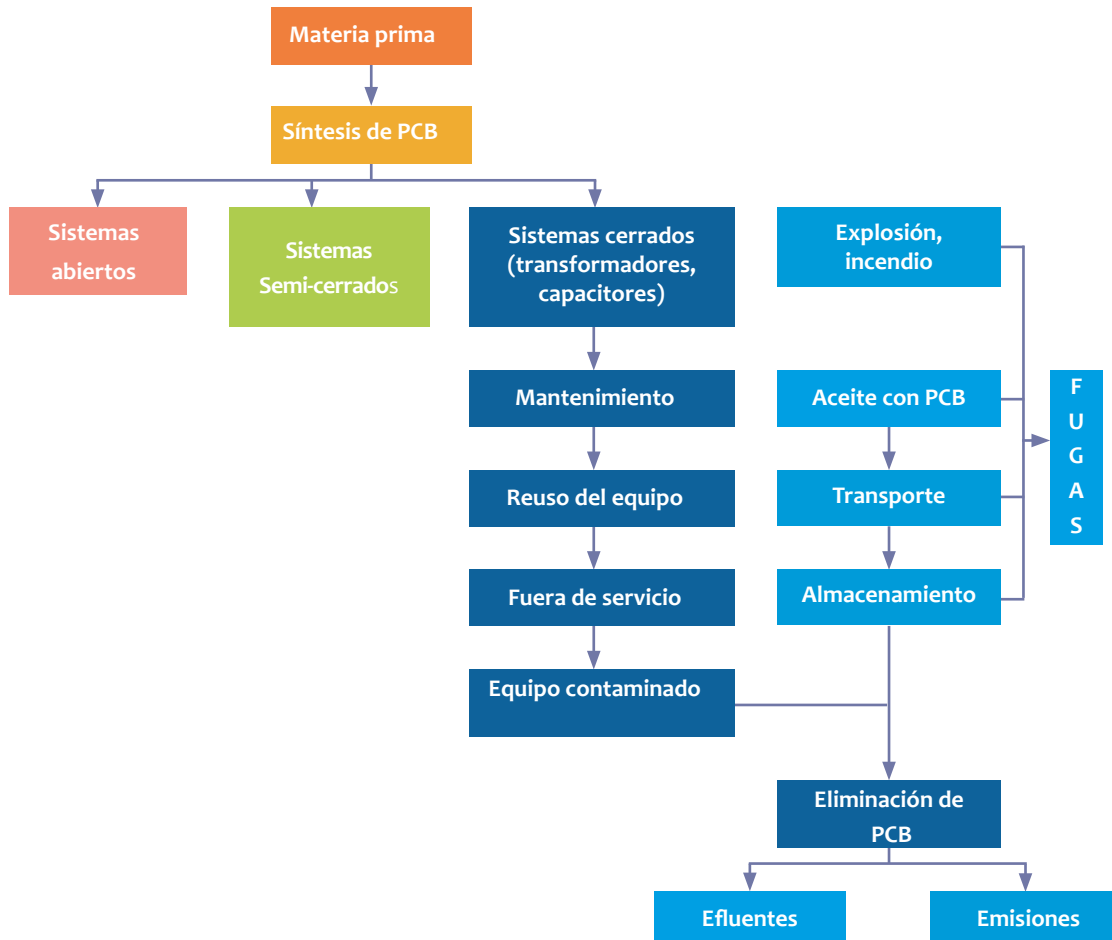
3.3. Inventario de Existencias y Residuos con PCB

Para saber si los equipos sean transformadores o condensadores (en uso o en calidad de residuos) tienen PCB o tienen presencia de PCB es necesario realizar un inventario, que implica conocer las características técnicas que están registradas en los datos de placa de fabricación y otros como su ubicación, cuál es su condición operativa, (en servicio, reserva o desuso) y finalmente, saber cuántos son y qué concentraciones de PCB tienen.

Para realizar el inventario de PCB, se recomienda utilizar el Procedimiento 1: Elaboración y Actualización de inventarios de PCB elaborado por el Proyecto Regional “Mejores Prácticas para el manejo de PCB en el Sector Minero Sudamericano” (Anexo N° 1).

Se debe partir de la premisa que todos los equipos son sospechosos de tener PCB, por tanto, todos deben ingresar al inventario de





Fuente: Manual Técnico de Venezuela

Figura 21. Ciclo de vida simplificado de los PCB

equipos y ser muestreados para determinar si tienen o no presencia de PCB. Los equipos que tienen PCB en concentraciones iguales o mayores a 50 ppm deben ser etiquetados y pasan a formar parte del inventario de equipos con PCB que deberá ser reportado ante el Ministerio del Ambiente. El inventario podrá realizarse gradualmente, dependiendo del número de equipos que tenga la empresa o institución y respondiendo al cronograma que se elabore en el Plan de Gestión de PCB.

Así como una empresa tiene la obligación de realizar el inventario de equipos y residuos con PCB, debe reportar también si tiene sitios contaminados con PCB. Para ello, deberá realizarse una auditoría ambiental de sitio tomando en cuenta criterios de riesgo ambiental. El método para hacer este inventario se halla en el Procedimiento 1.

Es pertinente tomar en cuenta lo dispuesto en el D.S. N° 002-2013-MINAM que establece los Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

⁶⁴ Polychlorinated Biphenyls (PCBs) Update; Impact on fish advisories. EPA Fact Sheet. EPA-823-F-99-019. September 1999.

⁶⁵ <http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/ohat/diabetesobesity/Wkshp/POPsAppendixEpiTableFormatted.pdf>



para Suelos y el D.S. N° 002-2014-MINAM que aprueba las disposiciones complementarias para la aplicación de los ECA para Suelo.

PCB deberá hacerse teniendo en cuenta lo establecido en las normas y las guías técnicas.

La remediación de un sitio contaminado con

En la siguiente figura se muestran los pasos a seguir:

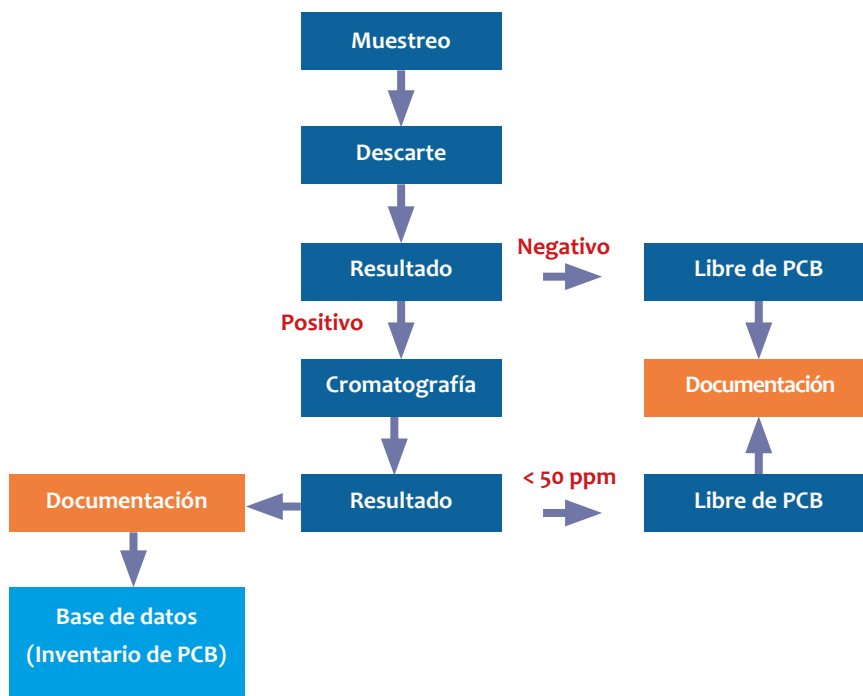


Figura 22. Pasos para realizar un inventario de PCB

3.3.1. Métodos de detección y análisis de PCB

En el Procedimiento 1, se describe el método de detección de campo con el uso del kit colorimétrico Clor-N-Oil, que es recomendado por ser de fácil uso y menor costo. Las muestras que resulten positivas se deben enviar al laboratorio para que se efectúe el análisis cromatográfico correspondiente que confirmará la presencia o no de PCB, toda vez que esta prueba puede brindar en algunos casos

falsos positivos, pero la probabilidad de dar falsos negativos es mínima.

Para la detección de PCB en aceites, el método utilizado es el US EPA SW-846 – Method 9079 y para suelos es el US EPA SW-846 – Method 9079. Estos métodos de campo son reconocidos internacionalmente.

En las siguientes figuras se muestran los pasos de la detección de PCB con los kits en aceite dieléctrico y en suelo.

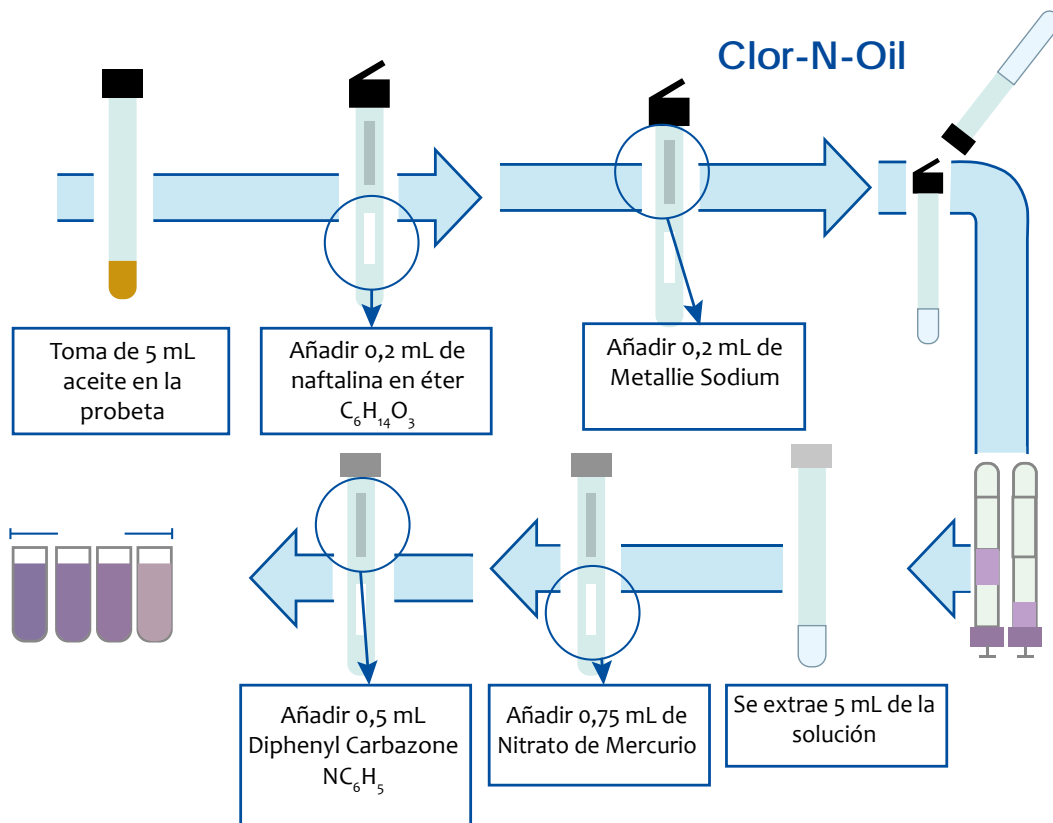


Figura 23. Descarte de PCB en aceite dieléctrico con Clor-N-Oil®

Para los análisis cromatográficos también existen varios métodos, pero se recomienda que se usen las normas ASTM D4059-00-2005 y ASTM D6160-98. Se deberá solicitar los servicios de los laboratorios que cuenten con la acreditación otorgada por

el Instituto Nacional de Calidad (INACAL), u otra entidad acreditadora reconocida por el International Laboratory Accreditation Cooperation o el Inter American Accreditation Cooperation para el método recomendado.

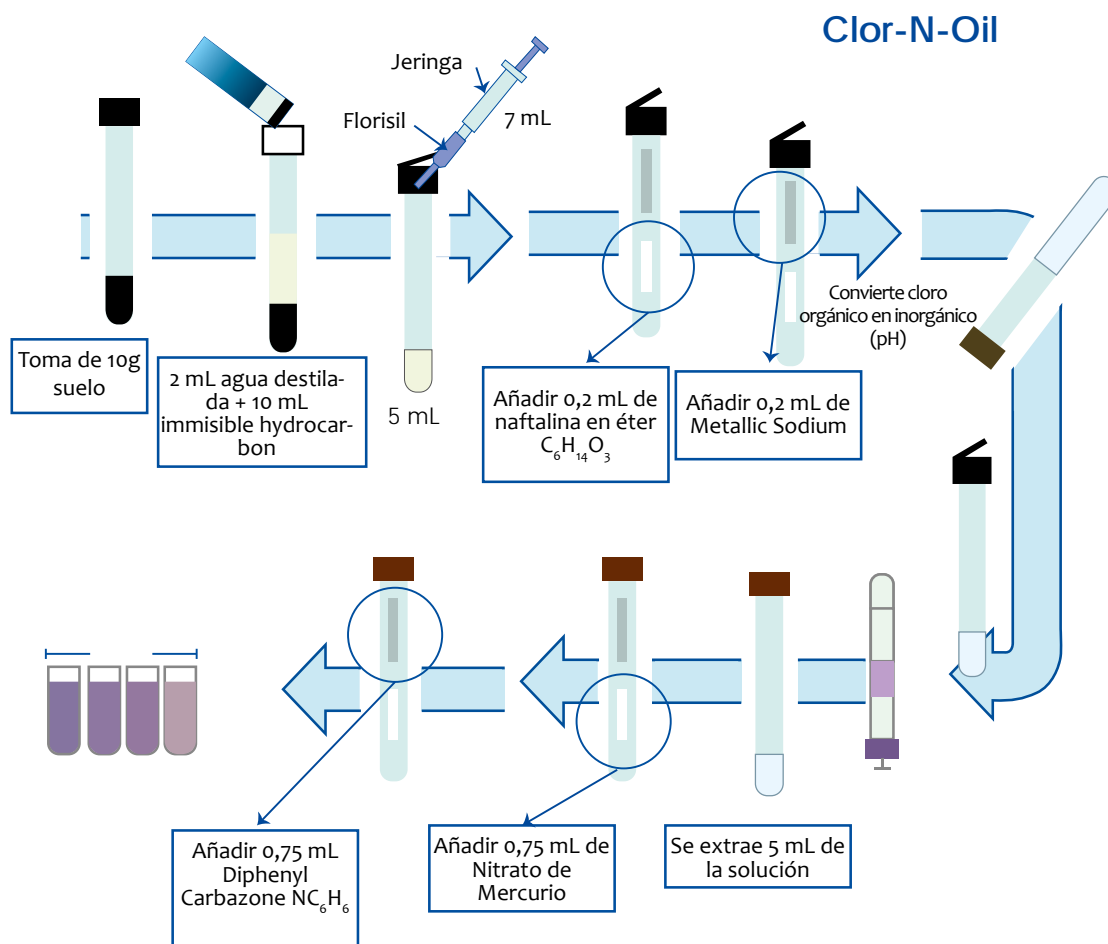


Figura 24. Descarte de PCB en suelos con Clor-N-Soil®

3.3.2. Etiquetado

Es muy importante que las existencias y residuos contaminados con PCB sean etiquetados para ser identificados fácilmente y que se manejen con el mayor cuidado hasta que sean puestos fuera de servicio y se eliminen los PCB sea por métodos que consideren la recuperación de alguna de sus partes o la eliminación total del equipo y los PCB. También se puede colocar etiquetas con la información de “Libre de PCB”. Las etiquetas deberán tener un tamaño de A5, como se muestran en las figuras a continuación:



<p>Nombre de la empresa ATENCIÓN</p> <p>EQUIPO CONTAMINADO CON PCB (BIFENILO POLICLORADOS)</p> <p>ESTE EQUIPO REQUIERE DE TRATAMIENTO ESPECIAL Y MANEJO DE ACUERDO AL PLAN DE GESTIÓN DE PCB DE LA EMPRESA</p> <p>La regulación lo considera como contaminante ambiental y de serio riesgo para la salud</p> <p>En caso de accidente, derrame u otra contingencia con este equipo comunicarse a la empresa propietaria del equipo o al cuerpo general de bomberos</p> <p>Concentración de PCB > a 50 ppm</p> <p>Fecha de análisis:</p> <p>Año: 11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-</p> <p>Mes: 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12</p> <p>Día: 1-2-3- 1-2-3-4-5-6-7-8-9-0</p> <p>Empresa evaluadora:</p>

Figura 25. Etiqueta de existencias y residuos contaminados con 50 ppm o más PCB

<p>Nombre de la empresa</p> <p>EQUIPO DESCONTAMINADO CON PCB (BIFENILO POLICLORADOS)</p> <p>A una concentración por debajo de 50 ppm</p> <p>En caso de accidente, derrame u otra contingencia con este equipo comunicarse a la empresa propietaria del equipo o al Cuerpo General de Bomberos</p> <p>Proceso de descontaminación aplicada:</p> <p>Fecha de culminación del proceso de descontaminación:</p> <p>Año: 11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-</p> <p>Mes: 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12</p> <p>Día: 1-2-3- 1-2-3-4-5-6-7-8-9-0</p> <p>Empresa que realizó la descontaminación</p> <p>Nº de serie del equipo o código de identificación:</p> <p><i>Esta condición sólo se mantiene en tanto el equipo no sea intervenido</i></p>

Figura 26. Etiqueta para existencias y residuos que han sido tratados eliminando los PCB

Nombre de la empresa
ACEITE DESCONTAMINADO DE PCB (BIFENILO POLICLORADOS)
A una concentración por debajo de 50 ppm
En caso de accidente, derrame u otra contingencia con este equipo comunicarse a la empresa propietaria del equipo o al Cuerpo General de Bomberos
Proceso de descontaminación aplicada:
Fecha de culminación del proceso de descontaminación:
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 que realizó la descontaminación

Figura 27. Etiqueta para aceite dieléctrico descontaminado a una concentración menor a 50 ppm de PCB

La etiqueta debe contener como mínimo, el nombre de la empresa, la fecha de análisis, la empresa que realizó la evaluación y otros datos que se muestran en los gráficos anteriores. Debe procurarse que esta etiqueta tenga buena adherencia y que la información se mantenga visible en el tiempo.

La vigencia de la información de la etiqueta se mantiene en tanto el equipo no sea intervenido. Posterior a operaciones de mantenimiento se deberá realizar nuevamente un análisis de laboratorio o prueba de detección colorimétrica.

3.4. Manipulación, mantenimiento y transporte de existencias y residuos con PCB

Los equipos con PCB deben manipularse con sumo cuidado, tomando todas las previsiones para evitar fugas, accidentes. Sea que éstos estén en servicio o sean retirados

para su descontaminación o eliminación total, es preciso tomar en cuenta las pautas que se brindan en el Procedimiento 2: Manipulación y transporte de equipos con PCB elaborado por el Proyecto “Mejores Prácticas para el manejo de PCB en el Sector Minero Sudamericano”, así como en el Procedimiento 3: Uso, manipulación y disposición final (eliminación) de materiales conteniendo PCB. (Ambos procedimientos en el Anexo N° 1).

3.4.1. Mantenimiento de equipos con PCB

Los equipos requieren de mantenimiento sea preventivo o correctivo, por lo que es importante que el personal que realice este servicio ya sea de la propia empresa o un tercero contratado, tenga conocimiento del riesgo que significan la manipulación de equipos con PCB. La finalización del trabajo



de mantenimiento debe garantizar que los equipos que no tiene PCB no sean contaminados por prácticas inadecuadas (contaminación cruzada) y que aquellos que tienen PCB deberán ser tratados con sumo cuidado para que no contaminen el medio ambiente, a otros equipos y personas.

En el Anexo N° 1 se presenta el Procedimiento 6: Adquisición de servicios de mantenimiento para evitar la contaminación cruzada de PCB, el cual da orientaciones para un trabajo seguro.

3.4.2. Almacenamiento

Como se ha indicado anteriormente, los equipos con concentraciones de PCB mayores a las permitidas (sea que éstos estén en reserva que son 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 sean que estén en operación o almacenados como reserva, deberán estar en buenas condiciones, es decir que no presenten fugas ni goteos, el lugar donde estén almacenados deberá ser acondicionado de manera que se asegure que cualquier fuga sea confinada aparte de otras medidas que se detallarán para el almacenamiento de los mismos.

Las existencias y residuos con PCB deben estar debidamente etiquetados de acuerdo a lo especificado en la reglamentación nacional. Se reitera que 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 la Ley de Residuos Sólidos Ley N° 27314 y su Reglamento, adicionalmente a lo siguiente:

- ◆ 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 techo para protegerse de la intemperie.
- ◆ 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.
- ◆ Contar con un sistema de protección contra incendio.
- ◆ 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.
- ◆ Deberá contar con un sistema drenaje y confinamiento de fluidos para casos de fuga.

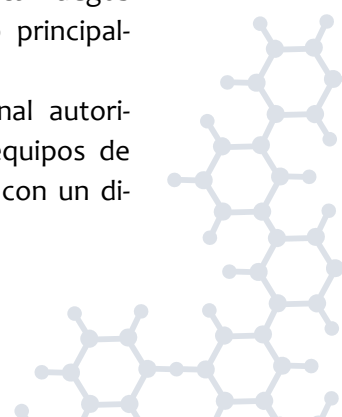
En los casos que se tengan residuos mezclando sólidos y líquidos se deberán sepa-

rar en recipientes de resistentes a golpes, anticorrosivos y estar cerrados con tapas o tapones de drenaje bien ajustados y con doble empaquetadura. Éstos deberán ser etiquetados.

Cuando se tenga existencias o residuos con PCB relativamente pequeños que muestren fugas y derrames en los exteriores del equipo, se deberán almacenar envolviéndolos en polietileno o 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 di-



rectorio 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

3.4.3. Preparación de Residuos de PCB para su transporte a disposición final

Los residuos de PCB deben ser acondicionados para ser transportados para su eliminación, sea mediante tratamiento (decloración) o disposición final sin recuperación de recursos (eliminación por procesos térmicos). Deberá procederse al vaciado de los equipos, colocando el aceite en envases nuevos (cilindros) de preferencia o en buen estado de conservación, los cuales deben sellarse y etiquetarse.

Tanto los equipos vacíos como los cilindros con los líquidos deben envolverse con film de plástico y colocarse en envases metálicos o de otro material que pueda contener un derrame (en caso que contenga cilindros con líquidos). Los condensadores deberán estar en envases de acero y cerrados herméticamente.

En cada envase se colocará el número de transformadores o condensadores de acuerdo al espacio disponible, usando material absorbente como relleno de los envases (arena, tierras diatomeas, tierra fuller, etc.). De la misma manera deberá procederse con los cilindros con PCB y todos los residuos sólidos contaminados con PCB deberán ser recolectados en bolsas de plástico y coloca-

dos en los bins para su transporte para disposición final.

3.5. Eliminación Ambientalmente Racional de PCB

Se denomina eliminación ambientalmente racional de PCB al proceso mediante el cual se elimina la presencia de PCB de la matriz que lo contiene, con ello se cumple con el compromiso asumido por el país a través del Convenio de Estocolmo. Adicionalmente se espera que este proceso se base en principios acordes con el respeto al medio ambiente y la protección de la salud de las personas.

Los procesos para la eliminación de PCB deberán observar los siguientes principios:

- ◆ Reducir los residuos generados
- ◆ Reducir el transporte de existencias y residuos con PCB
- ◆ Reutilizar las existencias
- ◆ Reciclaje de residuos

Teniendo en cuenta estos principios, podemos identificar dos procesos generales a los cuales se puede someter una existencia o residuo con PCB:

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

La decisión para optar por el proceso debe ser analizada en cada caso con la finalidad de tomar la decisión más óptima para la empresa. En la siguiente figura se muestra casos más comunes que ayudan en la toma de decisiones:

En la actualidad existen muchos procesos y tecnologías que se han desarrollado con la

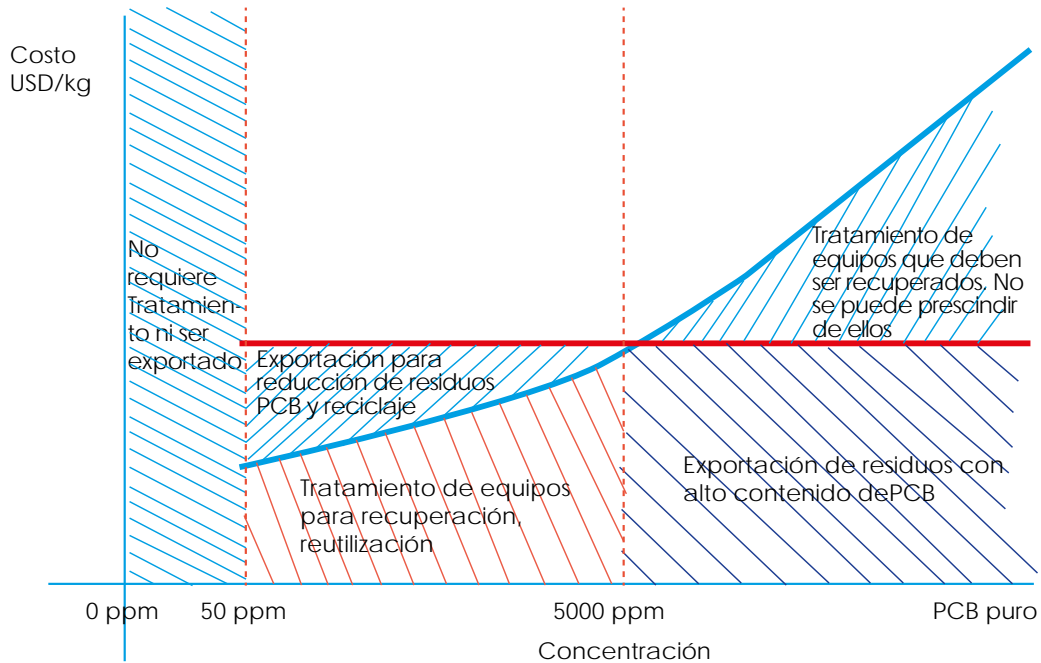


Figura 28. Opciones de eliminación de PCB en función al costo y tipo de existencia o residuo PCB

Nota: Como tratamiento se puede considerar tanto la eliminación química de PCB como el tratamiento por retrolleado al que es sometido el equipo contaminado de PCB.

finalidad de eliminar los PCB de las existencias y residuos, sin embargo con la finalidad de orientar a los Titulares de PCB en el país, en la presente guía se mencionan dos procesos que han sido aplicados con éxito hasta este momento, se trata de la Declorinación (proceso con recuperación) y la Incineración (proceso sin recuperación), que no existe actualmente en el país por lo cual deberá realizarse la exportación de residuos.

En la siguiente figura se muestran algunos procesos de eliminación de PCB.

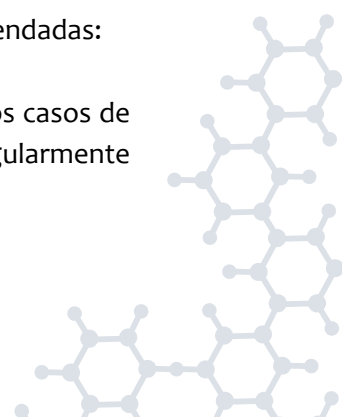
3.5.1. Eliminación ambientalmente racional de PCB con recuperación

Cuando se eliminan los PCB mediante tecnologías que permiten la recuperación del

elemento que lo contiene (equipo y sus componentes) para seguir siendo reutilizados (por ejemplo, aceite dieléctrico que puede utilizado luego de regenerar sus propiedades), o ser reciclados (por ejemplo, recuperar los componentes metálicos para ser usados como materia prima en procesos de fundición secundaria o aceite a ser usado como materia prima para la elaboración de grasas o como combustible para aprovechar poder calorífico).

Los principios antes mencionados se aplican a esta opción de eliminación de PCB mediante las siguientes prácticas recomendadas:

- ◆ Preferir la recuperación en los casos de concentraciones bajas (regularmente de 50 a 5000 ppm)



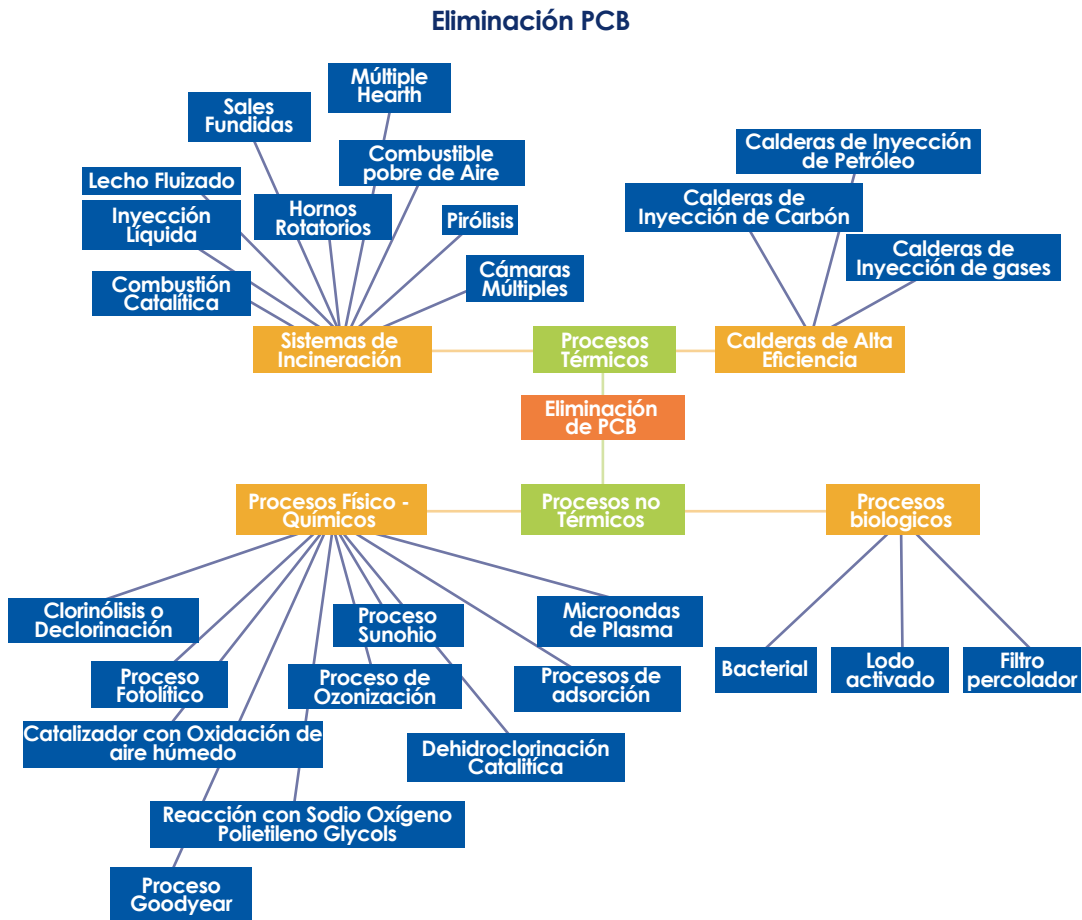


Figura 29. Procesos reconocidos para eliminación de PCB

- ◆ Reducir el volumen de residuos PCB (por ejemplo en los casos de residuos que no sean PCB puro y previo análisis de costos, donde se puede reciclar, para exportar solamente residuos mínimos con PCB)
- ◆ Optar por el tratamiento en sitio para evitar transporte de existencias o residuos con PCB.

Es importante que cuando se defina el procedimiento a aplicar para la eliminación de PCB con recuperación, se tome en cuenta tecnologías que hayan sido probadas y extensivamente aplicadas con éxito en el ámbito regional. En el caso del Perú se ha te-

nido experiencias exitosas con la aplicación de los siguientes procedimientos:

- ◆ Retrolenado (descontaminación de transformadores)
- ◆ Declorinación mediante acción química de componentes ya sea en base a sodio metálico (Dekor K) o la acción de un reactivo formado por un compuesto alcalino y un dispersante.

A continuación, se realizará una descripción breve de esos procedimientos haciendo incidencia en aquellos que se ha tenido experiencia con éxito comprobado en el país.

3.5.2. Procedimiento de trabajo de retrolleado de equipos con PCB

El retrolleado es un procedimiento de eliminación de PCB con recuperación que se aplica en transformadores con presencia de PCB con unas concentraciones por debajo de 500 ppm.

Este procedimiento 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 retrolleado consiste básicamente de:

- ◆ Vaciado del aceite dieléctrico con PCB
- ◆ Rellenado de transformador con aceite libre de PCB

Para ejecutar el retrolleado 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 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.

3.5.2.1. Preparación del lugar de trabajo y equipos de protección personal (EPP)

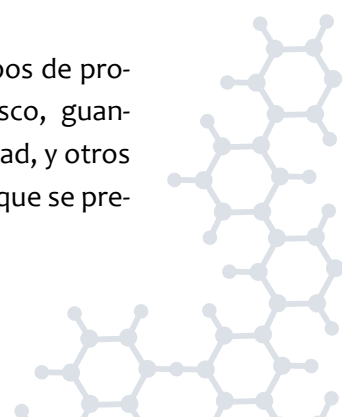
Antes de proceder al vaciado del equipo contaminado con PCB se deberá acondicionar un lugar de trabajo especial que deberá cumplir como mínimo, con las siguientes condiciones:

- ◆ Estar alejado del tránsito de personas.
- ◆ Tener suficiente ventilación y si es zona o periodo de lluvias, debe estar techado.
- ◆ El piso debe estar protegido contra contaminación por eventuales derrames.
- ◆ Contar con sistema de protección contra incendios y kits contra derrames.
- ◆ Limitar el acceso de personas ajenas al lugar de trabajo mediante señalización y delimitación de la zona.
- ◆ Identificar los lugares de concentración y respuesta en casos de emergencias (sismos, incendios, etc.).

Para el trabajo, el personal deberá contar con los siguientes equipos de protección personal que la norma OSHA 1910.132 señala para cada situación de riesgo, asimismo se deberá brindar entrenamiento sobre cómo y cuándo deben usarse los equipos de protección personal.

3.5.2.2. Ropa de Trabajo y EPP

- ◆ 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 pre-



sentan 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.
- ◆ El Viton es el mejor material para los guantes que se em-



plean en la protección de la exposición a los PCB, según la NIOSH⁶⁶, no obstante ello, para la extracción de muestras se puede utilizar los guantes de nitrilo o guantes a prueba de productos químicos⁶⁷.

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



3.5.2.3. 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.

3.5.2.4. 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.



⁶⁶ National Institute for Occupational Safety and Health

⁶⁷ UNEP, PCB Transformers and Capacitors From Management to Reclassification and Disposal (2003)

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.

3.5.2.5. Verificar condiciones de equipos y herramientas de trabajo

Para la ejecución de las actividades propiamente dichas se debe tener en cuenta:

- ◆ Durante el retrolenado se manipulará aceite con PCB, por lo tanto los equipos y herramientas deberán ser acondicionados para ello, en lo posible, los equipos que se utilicen como bombas, mangueras y otros fittings deben ser utilizados solamente durante operaciones con PCB, en los casos en los cuales no se disponga de equipos para ser utilizados con PCB se deberá pensar en el vaciado de aceite por gravedad para no contaminar equipos libres de PCB.
- ◆ Las herramientas deben ser limpiadas con disolventes que serán confinados en envases seguros e incluidos como desechos con PCB.

3.5.2.6. Realizar charla de seguridad antes de iniciar los trabajos

Antes del inicio de las actividades se deberá realizar la charla de 5 minutos y una revisión detallada de las tareas, así como las medidas de seguridad y respuesta a contingencias.

Es buena práctica tomar fotos del sitio antes de la operación y luego de la misma para asegurarse de las condiciones en las cuales se ha abandonado el lugar de trabajo.

3.5.2.7. Identificar los equipos a ser intervenidos

Se deberá revisar el proceso de identificación de los equipos para asegurarse de que se trata del equipo cuya muestra dio positivo a la presencia de PCB y que fuera confirmado por el análisis cromatográfico, debiendo verificar las condiciones físicas, datos de placa u otra identificación.

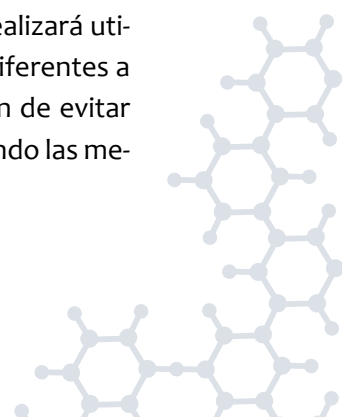
3.5.2.8. Vaciado de los equipos con presencia de PCB

El vaciado del aceite se puede realizar mediante una bomba o por gravedad, en ambos casos la buena práctica deberá asegurar que no haya accidentes personales ni ambientales.

Luego del vaciado se deberá esperar el escurrimiento del aceite remanente que ha quedado en el interior del equipo por un periodo de al menos una hora que deberá ser extraído (con bomba y por gravedad) para asegurarse de que todo el aceite con PCB ha sido drenado.

3.5.2.9. Rellenado de aceite libre de PCB en los equipos

Luego de la operación de vaciado, se realizará el relleno del equipo con aceite nuevo libre de PCB. Esta operación se realizará utilizando herramientas y equipos diferentes a los utilizados para el vaciado a fin de evitar la contaminación cruzada y tomando las medidas de protección pertinentes.





Se sabe que, aunque se haya realizado un vaciado correcto, queda aún aceite con PCB en el núcleo, bobinas, papel y madera del equipo. A los 90 días este aceite habrá exudado y se mezclará con el aceite de relleno llegando éste a tener aproximadamente, un 10% de la concentración de PCB previa a las operaciones de retrolleado.

3.5.2.10. Lavado de herramientas y equipos utilizados

Una vez terminado el retrolleado, si se conservaran los equipos y herramientas utilizados y que estén contaminados con PCB, se realizará su lavado utilizando solventes dieléctricos, los residuos contaminados deberán ser confinados en un envase hermético y enviados juntamente que con el aceite dieléctrico con PCB a la planta de eliminación destinada.

Durante las actividades de enjuague con solventes, hay que considerar la posibilidad de exposición a esos solventes, y se deberán to-

mar las medidas pertinentes. La exposición puede reducirse aumentando la ventilación en el área de trabajo o estableciendo un sistema de trabajo que no haga tan necesaria la presencia de un operador durante el enjuague. El uso de EPP deberá considerarse como protección contra riesgos residuales.

3.5.2.11. Casos de emergencia

La contaminación de las personas con PCB se realiza por contacto a través de la piel, ingestión o aspiración de vapores. Los síntomas de la exposición aguda a los PCB son cloracné, irritación de los ojos, somnolencia, dolor de cabeza e irritación de la garganta.

Según la Dirección de Salud y Seguridad Operativa del Reino Unido (United Kingdom Health and Safety Executive) se establece que los umbrales a los que pueden ser sometidos los trabajadores son, en el caso del Aroclor 1242 no más de 1 mg/m³ de exposición prolongada y en el caso de Aroclor 1254, no más de 0,5 mg/m³ de exposición prolongada.

En caso de derrame de PCB, debe contenerse con materiales absorbentes los que serán depositados en barriles metálicos para su posterior eliminación autorizada. El personal encargado de atender los derrames deberá 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.

3.5.3. Proceso de declorinación

El proceso de declorinación se ha aplicado en el país con éxito y se basa en la posibilidad de revertir la clorinación de las moléculas de los hidrocarburos.

En este proceso se llevan a cabo reacciones químicas de sustitución de los iones de cloro que componen las moléculas de los PCB presentes en los aceites dieléctricos utilizan-

do para ello, productos cáusticos, como el Declor K en base a Sodio Metálico en unos casos o Polietilen Glycol 400 en base a Hidróxido de Potasio en otros (tecnologías desarrolladas por las empresas Kioshi S.A. y Tredi S.A. respectivamente).

Una vez culminado el proceso de declorinación se debe realizar un análisis de cromatografía de gases al aceite tratado para verificar el éxito del proceso. Las concentraciones que se pueden conseguir con estos procesos están por debajo de los 2 ppm de PCB.

3.5.3.1. Declorinación 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)⁶⁸. 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:

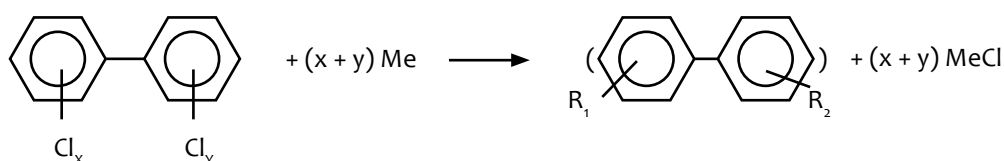


Figura 30. Reacción de Wurtz

Donde:

Me: Metal Alcalino

R1: Radicales orgánicos de sustitución, y

R2: Átomos de hidrógeno.

⁶⁸ Tollens, B., y. Fittig, R., 1864., Ann. 131, 303

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

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

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

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

debe ser 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.

3.5.3.2. Separación de productos de la degradación

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

3.5.3.3. Regeneración

Este proceso consiste en la eliminación de 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 po-



Figura 31. Reactor y tanques de precipitación⁶⁹

⁶⁹ Cortesía de Kioshi S.A.



seen una alta capacidad de adsorción superficial de compuestos polares.

3.5.3.4. 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.

3.5.4. 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 finali-

dad 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:

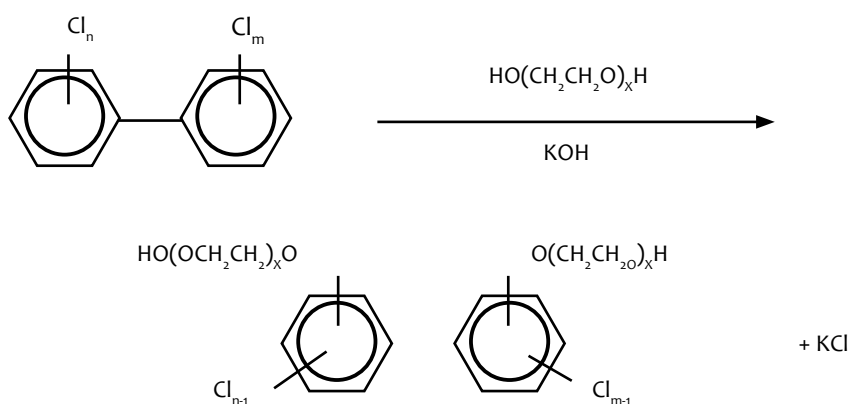


Figura 32. Reacción química de declorinación en base a Hidróxido de Potasio

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:

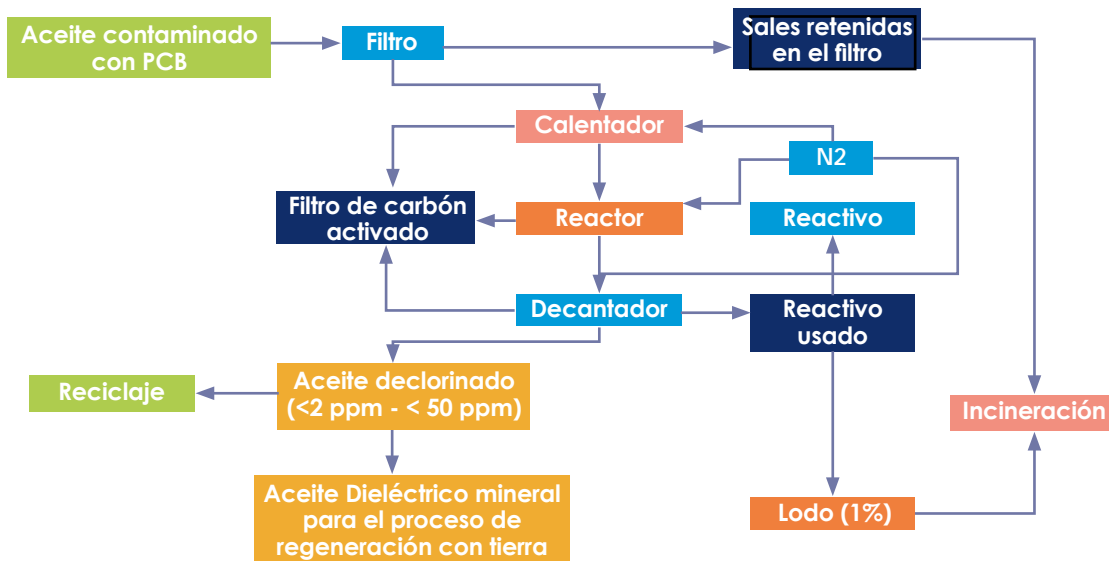


Figura 33. Diagrama del proceso de declorinación⁷⁰

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 34. Declorinadora de la empresa TREDI S.A.

⁷⁰ Cortesía de Tredi S.A.



3.5.5. Eliminación ambientalmente racional de PCB sin recuperación

La incineración a alta temperatura es una tecnología demostrada y bien establecida para la eliminación de PCB y residuos que contienen PCB. La incineración implica la degradación de los residuos por energía térmica en presencia de oxígeno.

La prudente selección del diseño de la cámara de combustión y del tipo de equipo de limpieza y contención de gas necesario puede facilitar la realización de diseños para tratar la mayoría de los residuos de base orgánica en casi cualquier forma física. Las instalaciones de incineración adecuadamente diseñadas pueden tratar líquidos con PCB concentrados, productos y artículos sólidos contaminados con PCB, como condensadores, piezas de transformadores y bidones, y residuos poco contaminantes como paquetes y suelos contaminados con trazas de PCB.

Los incineradores para eliminar únicamente líquidos y cienes bombeables pueden ser

de diseño más sencillo que los empleados para residuos sólidos. En cualquier caso, todos los incineradores destinados a tratar PCB deben alcanzar una eficiencia de destrucción elevada, del orden del 99,999%. Esa eficiencia de destrucción puede lograrse mediante una operación sostenida a temperaturas de unos 1.200 °C que utilice también una cámara de post combustión independiente de temperatura controlada, permita un tiempo de retención en fase gaseosa de al menos 2 segundos, y comprenda una instalación eficiente de lavado de gas y un equipo de control muy avanzado.

Los hornos de cemento alcanzan temperaturas y tiempos de retención gaseosa iguales o superiores a los de los incineradores de residuos especializados, éstos se pueden utilizar, pero en el país no se ha contemplado esta opción debido a que se requiere de sistemas avanzados de tratamiento de los gases de combustión que no siempre están disponibles pese a que han mostrado eficiencias de destrucción del 99,999% tanto en combustión de prueba como en combustión comercial.

3.5.5.1 Exportación de Residuos con PCB

Los residuos con PCB no pueden disponerse en el país por no contar con infraestructura para ello; por lo que deben exportarse a otros países con fines de eliminación. Este proceso de exportación cumplirá con las disposiciones establecidas en el Convenio de Basilea, en la Ley General de Residuos Sólidos-Ley N°27314 y su Reglamento, y el procedimiento administrativo N° 12 establecido por la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria en su –Texto Único de Procedimientos Administrativos - TUPA.

Los requisitos para la exportación de residuos con PCB son:

- ◆ Solicitud Única de Comercio Exterior (SUCE) www.vuce.gob.pe. Para obtener N° de SUCE deberá tramitarlo con su Código de Pago Bancario (CPB).
- ◆ En el campo correspondiente ingresar el N° de Registro de Empresa Comercializadora de Residuos Sólidos EC-RS, según corresponda.
- ◆ Notificación al País importador para los residuos comprendidos en el anexo 4 (Lista A) del Reglamento de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, aprobado por Decreto Supremo N° 057-2004-PCM. Para el caso de los PCB, éstos están comprendidos en A3.18 Residuos y artículos que contienen, consisten o están contaminados con Bifenilo Policlorado (PCB), terfenilo policlorado (PCT), naftaleno policlorado (PCN) o bifenilo polibromado (PBB), o cualquier otro compuesto polibromado análogo, con una concentración igual o superior a 50 mg/kg.
- ◆ Certificado de análisis que corresponda (físico, químico, radiológico, microbiológico, toxicológico u otro).

- ◆ Memoria descriptiva del proceso al que será sometido el residuo.

La Empresa Comercializadora de Servicios de Residuos Sólidos Peligrosos (EC-RS), a cargo de la exportación, registrada y autorizada ante la DIGESA, debe declarar el detalle de los residuos a exportar cumpliendo con los requisitos señalados.

Inicialmente, la empresa responsable de la exportación, presentará el Formulario de Notificación, adjuntando la Póliza de Seguros y el Contrato de la empresa que realizará la disposición, la DIGESA verificará los datos contenidos en los Formularios de Notificación y de Movimiento (referente a la notificación).

El Formulario de Notificación es enviado a la autoridad competente del país importador por la DIGESA acompañado del oficio suscrito por el Director de Salud Ambiental (DSA) de la DIGESA, mediante el cual se solicita formalmente la autorización de exportación.

No se puede iniciar la exportación sin la respuesta de los países involucrados, después de recibida la autorización se inicia el procedimiento N° 12 del TUPA.

La siguiente figura muestra el mecanismo de notificación:

Cuando un equipo con PCB sea sometido a una operación de eliminación en el exterior, el titular debe acreditar ante la autoridad competente la condición de equipo eliminado mediante el correspondiente certificado de eliminación emitido por la empresa extranjera que realiza el servicio, el mismo que debe consignar las características mínimas de los equipos eliminados como código (número de serie), peso neto, potencia.

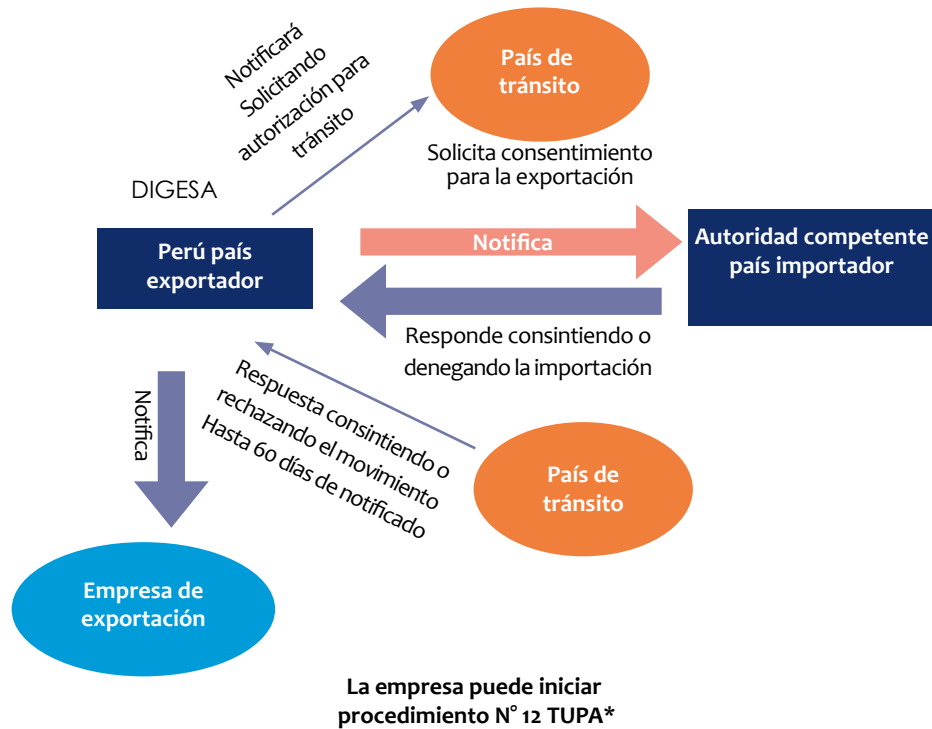


Figura 35. Mecanismo de notificación

A los interesados en esta alternativa se les sugiere revisar el documento Inventario de la Capacidad Mundial de Destrucción de Bifenilos Policlorados, el cual puede encontrarlo en la página web: http://www.bvsde.paho.org/bvsacops/e/fulltext/inventario_mund.pdf

Para realizar la exportación de residuos con PCB debe tener las consideraciones siguientes:

Los residuos peligrosos con PCB se exportarán a países que cuentan con tecnología con fines de eliminación total.

La exportación de residuos puede realizarla el mismo generador o una EPS-RS o EC-RS.

Las Autoridades Competentes responsables en velar por la gestión ambientalmente ra-

cional de los residuos sujetos a movimientos transfronterizos, son:

Ministerio de la Producción es la Autoridad Competente Nacional y quien vela por la permanente comunicación y cumplimiento de las obligaciones requeridas desde la Secretaría de la Convención de Basilea. Es autoridad ambiental competente para la aprobación del estudio ambiental para las empresas que realicen el tratamiento de aceites contaminados con PCB en plantas fijas.

La DIGESA representa a la Autoridad Competente Nacional, coordinando activamente con el Ministerio de la Producción y además gestiona operativamente la exportación de residuos peligrosos y otros a solicitud del interesado.

* Texto Único de Procedimientos Administrativos

3.5.6. Relleno de Seguridad para disponer Residuos con PCB

El Relleno de Seguridad es la instalación cuyo diseño y operación está basado en técnicas de ingeniería para el correcto confinamiento de los residuos industriales y/o peligrosos.

Además, una instalación de esta naturaleza debe contar con la aprobación y autorización de las Autoridades Competentes (DIGESA, Municipalidad Provincial y otros conforme se señala en la Ley N° 27314 y su Reglamento).

Suele destacarse a esta instalación como aquella donde se realiza la última etapa del ciclo de vida de un residuo que consiste en la disposición final referida al confinamiento de los residuos en forma definitiva.

Los residuos con una concentración inferior a 50 ppm de PCB correctamente etiquetados pueden ser dispuestos en un relleno de seguridad debidamente registrado y autorizado, debiendo informar el detalle de cada residuo

dispuesto en dicho relleno de seguridad, cumpliendo con los siguientes requisitos:

- ◆ Los residuos que se dispongan en un relleno de seguridad se deben acondicionar y confinar manteniendo la presentación usada en su transporte.
- ◆ Impermeabilizar la base y los taludes del relleno para evitar la contaminación ambiental por lixiviados.

Los residuos del subsector eléctrico que pueden ser dispuestos en un Relleno de Seguridad:

- ◆ Transformadores, condensadores y otros equipos grandes y vacíos que hayan contenido o contaminados con menos de 50 ppm de PCB o cuya concentración de PCB en su superficie sea menor de 10 µg/100cm²;
- ◆ Envases vacíos que hayan contenido aceites con una concentración de PCB en su superficie menor a 10 µg/100cm²;
- ◆ Envases conteniendo residuos sólidos contaminados (equipos pequeños), materiales diversos: tierra, waypes y otros contaminados con PCB; y
- ◆ Otros que sean aprobados por la DIGESA.

No se debe disponer en un relleno de seguridad los residuos líquidos (aceites o similares), que contengan PCB

El Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos - Decreto Supremo N° 057-2004-PCM en su artículo 86° ha regulado respecto de las instalaciones mínimas y complementarias que

debe comprender un relleno de seguridad, las cuales son: Impermeabilización de la base y los taludes del relleno para evitar la contaminación ambiental por lixiviados (Constante



de impermeabilización: $K \leq 1 \times 10^{-9}$ m/s para rellenos de seguridad para residuos peligrosos y una profundidad mínima de una profundidad mínima de 0,50m) salvo que se cuente con una barrera geológica natural para dichos fines, lo cual estará sustentado técnicamente.

3.5.7. Reaprovechamiento de Residuos con PCB previo Tratamiento o Descontaminación

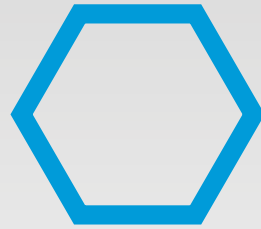
El reaprovechamiento es el proceso por el cual se vuelve a obtener un beneficio del residuo. Para el caso de los residuos con PCB, éstos pueden ser reaprovechados previo tratamiento. En ambos casos deben asegurarse de manera certificada que se ha reducido la concentración a valores menores a la permitida.

Asimismo, las superficies metálicas con fines de reciclaje, deben mostrar una concentración menor de $10 \mu\text{g}/100 \text{ cm}^2$.

Se han identificado alternativas de reaprovechamiento que pueden desarrollarse cumpliendo con las exigencias de la concentración anteriormente indicada:

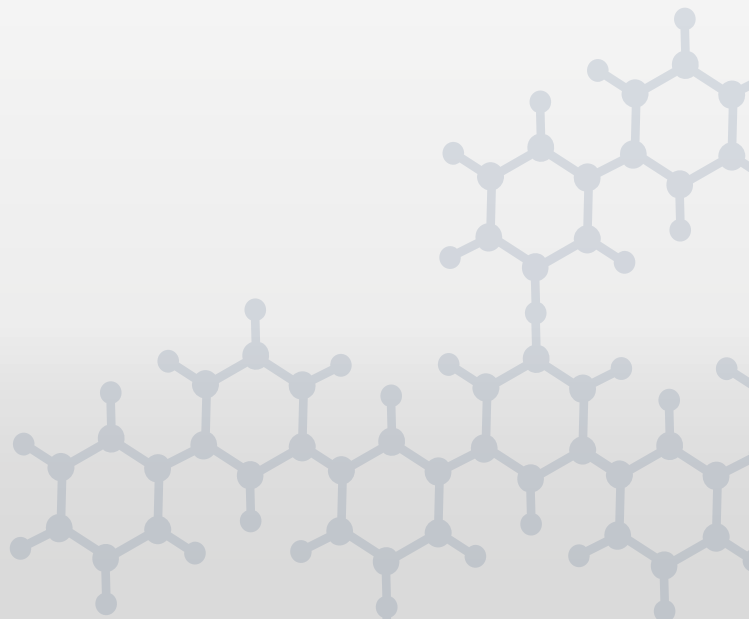
- ◆ Reaprovechamiento de Aceites Dieléctricos Re-refinados y de Líquidos con concentraciones de PCB menores a 2 ppm.
- ◆ Reaprovechamiento de chatarra de equipos (como transformadores, condensadores y otros equipos vacíos), así como de los envases metálicos para su reciclaje mediante procesos de fundición, previo a la descontaminación de la chatarra cuya superficie alcance concentraciones de PCB menores a $10 \mu\text{g}/100 \text{ cm}^2$.

Los informes de los análisis que determinen las concentraciones presentes de los residuos con PCB para ser reaprovechados, deben obtenerse de laboratorios acreditados ante el INACAL y que hayan participado exitosamente de los interlaboratorios convocados por DIGESA.





PLAN DE GESTIÓN DE PCB



4 PLAN DE GESTIÓN DE PCB

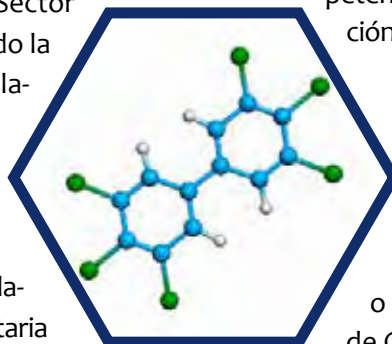
El Plan de Gestión de PCB constituye una herramienta de planificación estratégica aplicable a todas las empresas sean industriales o de servicios u otras entidades públicas o privadas, que cuentan con equipos de generación, transmisión y distribución de electricidad y otras fuentes que puedan contener PCB

El Centro Regional de Basilea para América del Sur (CBRAS) en el marco del Proyecto “Mejores Prácticas para el manejo de PCB en el sector minero” ha publicado la Guía para la elaboración de un Plan de Gestión de PCB en el Sector Minero, de la cual se ha tomado la Parte II para ser adaptada y elaborar la presente guía

Tal como se señala en el Art. 28 del proyecto de Decreto Supremo que aprueba el Reglamento para la Gestión Sanitaria y Ambiental de los Bifenilos Policlorados publicado mediante la Resolución Ministerial 490-2016/MINSA, los titulares de PCB (persona natural o jurídica propietaria o poseedora de existencia y residuos que son,

contienen o están contaminados con PCB), están obligados a elaborar un Plan de Gestión de PCB (PGPCB), de acuerdo a lo establecido en la presente guía, el mismo que debe ser presentado ante la Autoridad Ambiental Competente para su evaluación y aprobación correspondiente.

Se establece también que los titulares están obligados a presentar un informe anual del cumplimiento del PGP-CB, sea de manera específica o como parte del Informe Anual de Gestión Ambiental.



4.1. Definición

El Plan de Gestión de PCB es una herramienta de gestión ambiental que permite a las



empresas o entidades, identificar y cuantificar sus existencias, residuos, así como sitios contaminados y evaluar las diferentes alternativas de eliminación y recuperación o rehabilitación de los sitios contaminados, controlando y reduciendo los riesgos para la salud humana y el ambiente que las existencias y residuos con PCB o sitios contaminados significan.

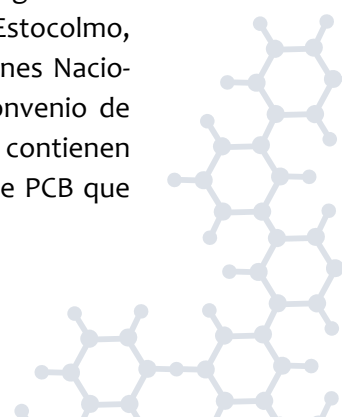
Su implementación permitirá a las empresas o entidades que el manejo de las existencias o residuos contaminados con PCB se realice de un modo ambientalmente racional y en concordancia con las regulaciones establecidas para tal fin, así como la descontaminación de los sitios contaminados con PCB.

El Plan debe mostrar la situación particular de una empresa, establecimiento o institución frente a materiales, sitios o existencias sospechosos de contener PCB o estar contaminados con PCB y las inversiones que puede realizar en los aspectos ambientales, de seguridad y

salud ocupacional y responsabilidad social con la comunidad. Este Plan al ser evaluado y actualizado anualmente mostrará; además, los avances en la identificación y eliminación de PCB, así como las dificultades en su ejecución, debiendo reprogramarse lo no ejecutado, todo ello, en el marco de las exigencias normativas y/o de los compromisos voluntarios de la empresa.

Al ser el plan, un instrumento de gestión, éste es susceptible de ser mejorado de manera continua y reestructurado conforme la evaluación que los responsables de su implementación realicen y los ajustes que los mismos propongan para lograr las metas establecidas.

Cabe resaltar que bajo el marco legal nacional que ratifica el Convenio de Estocolmo, los países han elaborado sus Planes Nacionales de Implementación del Convenio de Estocolmo (PNI ó NIP), los cuales contienen entre otros, un Plan de Acción de PCB que





orienta la gestión de los PCB tanto de las entidades públicas como privadas para el desarrollo de los aspectos normativos, de identificación y manejo de fuentes de PCB, de fortalecimiento de capacidades, de difusión y sensibilización, entre otros aspectos. Bajo este contexto, los Planes de Gestión de los PCB (PGPCB), desarrollados por las empresas o instituciones, deben estar directamente vinculados y articulados con el referido Plan de Acción.

En resumen, se definen estos instrumentos de gestión de la siguiente manera:

- ◆ **Plan Nacional de Implementación (PNI o NIP) del Convenio de Estocolmo** elaborado en cumplimiento de compromisos internacionales, con objetivos estratégicos de carácter nacional y metas establecidas para cumplir lo estipulado en el Convenio de Estocolmo.
- ◆ **Plan de Acción de Bifenilos Policlorados**, formulado en el marco del PNI y las estrategias, programas y normativa nacional sobre las sustancias y residuos peligrosos, en particular para los PCB.

- ◆ **Plan de Gestión de PCB** relacionado con el accionar de los establecimientos industriales y de servicios, actividades industriales o sector público o privado que se asocia a su vez con los sistemas de gestión ambiental. Constituye una herramienta de planificación estratégica aplicable a las empresas y entidades que cuentan con equipos de generación, transmisión y distribución de electricidad y otras fuentes que puedan contener o estar contaminados con PCB. El Plan es una herramienta de gestión ambiental que permite a las empresas o entidades públicas realizar una gestión ambientalmente racional de los PCB, con el objetivo de prevenir y controlar los riesgos a la salud humana y el ambiente por la presencia de PCB.

4.2. Pasos para elaborar un Plan de Gestión de PCB

A continuación, se grafican los pasos a seguir por la empresa o institución para la elaboración del Plan de Gestión de PCB.



Figura 36. Pasos para elaborar un Plan de Gestión

Teniendo en cuenta cada uno de los pasos de Gestión de PCB, que debe tener como mínimo, el siguiente contenido:

1. Aspectos generales
 - 1.1 Introducción
 - 1.2. Descripción de la empresa, establecimiento o institución
 - 1.2.1 Ubicación
 - 1.2.2 Unidades conformantes de la empresa o institución
 - 1.2.3 Alcance
 - 1.2.4 Identificación de Equipos y probables, fuentes de contaminación
 - 1.3. Proceso Productivo
2. Propósito del Plan de Gestión de los PCB
3. Objetivos y metas del Plan de Gestión de los PCB
4. Descripción de las actividades a desarrollar
 - 4.1. Identificación de existencias y residuos con PCB (Inventario)
 - 4.1.1 Conformación del equipo de trabajo para el inventario
 - 4.1.2 Asignación de responsabilidades
 - 4.1.3 Desarrollo del inventario
 - 4.1.4 Inventario de sitios contaminados
 - 4.1.5 Sistematización de la información
5. Evaluación de riesgos para la toma de decisiones
 - 5.1 Evaluación de riesgos por el uso de equipos con PCB
 - 5.2 Medidas preventivas en sistemas con PCB
 - 5.2.1 Operación y mantenimiento
 - 5.2.2 Adquisición de equipos e insumos
 - 5.2.3 Almacenamiento y transporte de existencias contaminadas con PCB
 - 5.2.4 Almacenamiento
 - 5.2.5 Transporte (Transporte interno, Transporte fuera de las instalaciones en el ámbito nacional, Transporte transfronterizo)
6. Tratamiento y eliminación de PCB
7. Actividades de capacitación, difusión y medidas de respuesta a accidentes ambientales con PCB
 - 7.1 Actividades de capacitación
 - 7.2 Actividades de difusión
 - 7.3 Medidas de respuesta ante accidentes ambientales con PCB
8. Cronograma y Presupuesto
9. Asignación de responsabilidades
10. Seguimiento y Evaluación



Para diseñar el plan y aplicarlo, se cuenta con procedimientos incluidos como anexos al presente documento.

4.2.1. PASO 1: Conformación del Grupo de Trabajo

El primer paso es la muestra de la decisión de la empresa o institución de elaborar su Plan de Gestión de PCB, por lo que debe constituir su equipo de trabajo con un responsable que pueda coordinar con las diversas áreas (por ejemplo; el jefe de mantenimiento, de operaciones, representante de la gerencia, representante de los trabajadores, etc.) y que deberá informar a la alta dirección de los avances en la elaboración del PGPCB, así como implementar las recomendaciones y oportunidades de mejora surgidas de las acciones de monitoreo y evaluación del plan de gestión. Los siguientes pasos están referidos a la elaboración del documento del plan, los que cada empresa, establecimiento o institución deberán seguir para tener su PGPCB. Se debe señalar que para muchas de las actividades enmarcadas en el ciclo de vida de un transformador que contiene

PCB, se tienen procedimientos específicos, los cuales deben revisarse minuciosamente para elaborar cada actividad del plan.

4.2.2. PASO 2: Elaboración del Diagnóstico Situacional

Para plantear las acciones que conlleven a una gestión ambientalmente racional de los PCB en la empresa o institución, se requiere información que permita conocer la realidad del manejo de los equipos eléctricos u otras fuentes sospechosas de contener o estar contaminadas con PCB, así como del conocimiento que tienen los actores primarios (trabajadores) sobre los riesgos que conllevan el tener existencias y residuos con PCB o estar cerca o trabajando sobre un sitio contaminado, y de la percepción de los actores secundarios, entre otros aspectos. Toda información es importante y necesaria para elaborar un buen diagnóstico.

Si bien el PGPCB es un plan muy técnico y esta guía brinda pasos sencillos para conocer la situación de la empresa en relación a los PCB, sobre el cumplimiento de la normativa nacional

y los compromisos voluntarios; las empresas pueden utilizar otras herramientas de planeamiento estratégico para hacer su Plan de Gestión como son, el análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas), árboles de problemas y multicausalidad en los que cada problema / oportunidad puede ser descrito en su complejidad y en los efectos que ocasiona, y otras herramientas que permitan obtener un diagnóstico situacional ambiental. Es decisión de la empresa o institución usar una u otra herramienta.

La información general debe consignarse en el PGPCB, de la siguiente manera:

4.2.2.1. Aspectos generales

Introducción

Es necesario iniciar el documento con una introducción general para establecer el contexto en el cual la empresa, establecimiento o institución diseña su PGPCB, es decir las obligaciones legales y requisitos técnicos que debe cumplir con relación a la gestión de sustancias y residuos peligrosos, en especial los Bifenilos Policlorados. Asimismo, puede aludirse a los compromisos asumidos en sus Políticas Ambientales si es que cuentan con sistema de gestión ambiental u otros sistemas de gestión; todo ello orientará el establecimiento de las metas y objetivos del Plan de Gestión de los PCB.

Descripción de la empresa, establecimiento o institución

La empresa, entidad, establecimiento o institución deberá consignar sus datos genera-

Datos Generales (como mínimo)

Nombre/Razón Social	
Dirección:	
Teléfono:	
Correo electrónico:	
Nombre del Representante Legal:	

Esta descripción deberá contener al menos lo siguiente

les, así como describir las características más relevantes de las actividades que realiza, en la cual se deberá detallar todas las unidades operativas en sus diferentes locaciones, así como el tipo de equipos que posee.

Ubicación

Determinar la ubicación geográfica de la entidad, establecimiento, institución o empresa y sus unidades operativas indicando las formas de acceso y las coordenadas UTM⁷¹ (WSG⁷² 84) asignadas de acuerdo a los contratos de concesión o autorizaciones de operación. En el gráfico adjunto se tiene un ejemplo:



⁷¹ Universal Transverse Mercator - UTM. El Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator) es un sistema de coordenadas basado en la proyección cartográfica transversa de Mercator (un tipo de proyección cartográfica cilíndrica, ideada por Gerardus Mercator en 1569, para elaborar planos terrestres), que se construye como la proyección de Mercator normal, pero en vez de hacerla tangente al Ecuador, se la hace tangente a un meridiano. A diferencia del sistema de coordenadas geográficas, expresadas en longitud y latitud, las magnitudes en el sistema UTM se expresan en metros únicamente al nivel del mar que es la base de la proyección del elipsoide de referencia

⁷² World Geodetic System. Es un sistema de coordenadas geográficas mundial que permite localizar cualquier punto de la Tierra (sin necesitar otro de referencia) por medio de tres unidades dadas. WGS84 son las siglas en inglés de World Geodetic System 84 (que significa Sistema Geodésico Mundial 1984). Se estima un error de cálculo menor a 2 cm, por lo que es en la que se basa el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

Unidades conformantes de la empresa (este formato se deberá aplicar para cada Unidad de Producción)

Unidad N° 1:	
Nombre de la unidad:	
Ubicación	
Av. Jr. Calle/ruta o carretera:	
N° o km:	
Teléfono:	
Distrito:	
Provincia:	
Departamento/región:	
UTM (SGW84):	
Situación actual: (puede ser en producción, cierre, etc.)	
Área donde se desarrolla la actividad (m ² o Há):	
Tipo de Producción	

4.2.2.2. Alcance

Indicar el alcance que tiene el PGPCB de la empresa o institución, implica determinar las instalaciones que se puedan considerar como posibles fuentes de PCB. Incluir una breve descripción de las instalaciones en las cuales se utilicen transformadores, condensadores, sistemas hidráulicos y de transferencia de calor y otros que se consideren como fuente de contaminación con PCB.

4.2.2.3. Relación de equipos y probables fuentes de contaminación

Para hacer una identificación total de las principales fuentes de contaminación es necesario contar con información detallada de todos los equipos que se tiene en el establecimiento o

planta, así como residuos que pueden ser líquidos o sólidos contenidos en recipientes.

Transformadores

En este acápite del PGPCB, de deberá presentar el resultado del grupo de trabajo en la identificación de las posibles fuentes de PCB en la empresa. Este inventario constituye el punto de partida para realizar el Inventario de PCB. En esta sección deberá incluir la información de todos los transformadores sin importar el año de fabricación ni su procedencia.

Condensadores

Presentar un inventario de los condensadores o capacitores que posee la empresa con la información detallada de cada uno de los equipos de acuerdo a los formularios que se indican en el Procedimiento 1: Elaboración y actualización de Inventarios de PCB. (Anexo N° 1)

Sistemas hidráulicos y transferencia de calor

Describir las características de los sistemas hidráulicos y de transferencia de calor que posee la empresa y que represente riesgo de contener PCB, es decir cuya instalación se haya realizado antes de 1983, o hayan utilizado insumos identificados como fuentes posibles de contaminación con PCB.

Sitios contaminados con aceite dieléctrico

Reportar los sitios contaminados con derrames de aceite dieléctrico y que representen fuentes de posible contaminación de PCB. Éstos deben ser identificados con sus coordenadas UTM (WSG84) para su mejor localización.

Otras fuentes posibles de contaminación con PCB

La empresa o institución deberá incluir la descripción de las fuentes que a su criterio considere como posible contaminación con PCB.

4.2.2.4. Proceso productivo

Describir el proceso productivo, adjuntando un diagrama de flujo como se aprecia en las figuras siguientes:

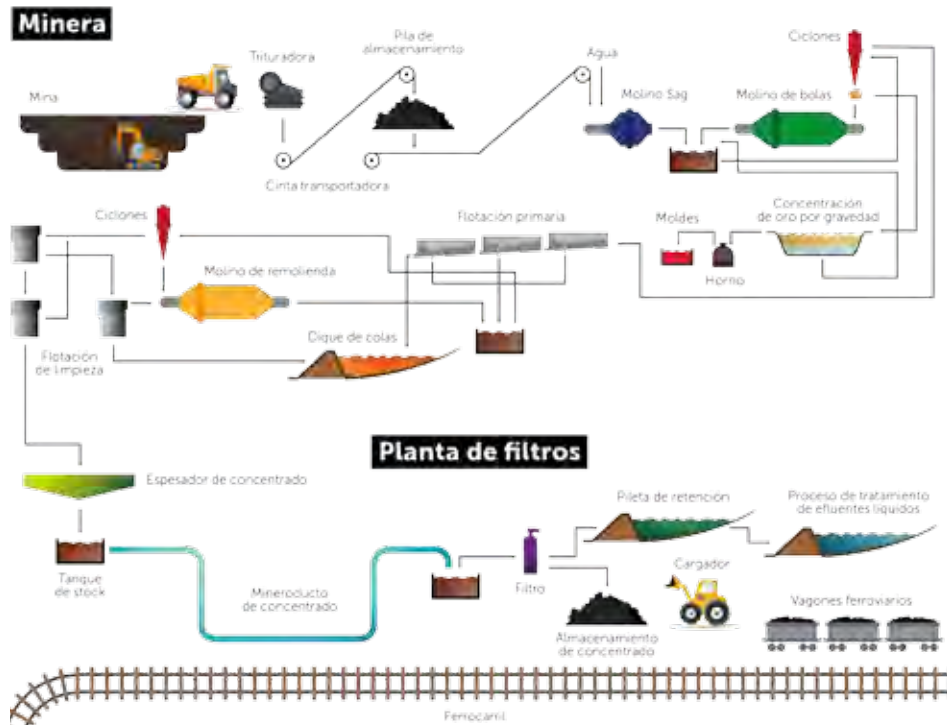


Figura 37. Diagrama de flujo de una Empresa Minera

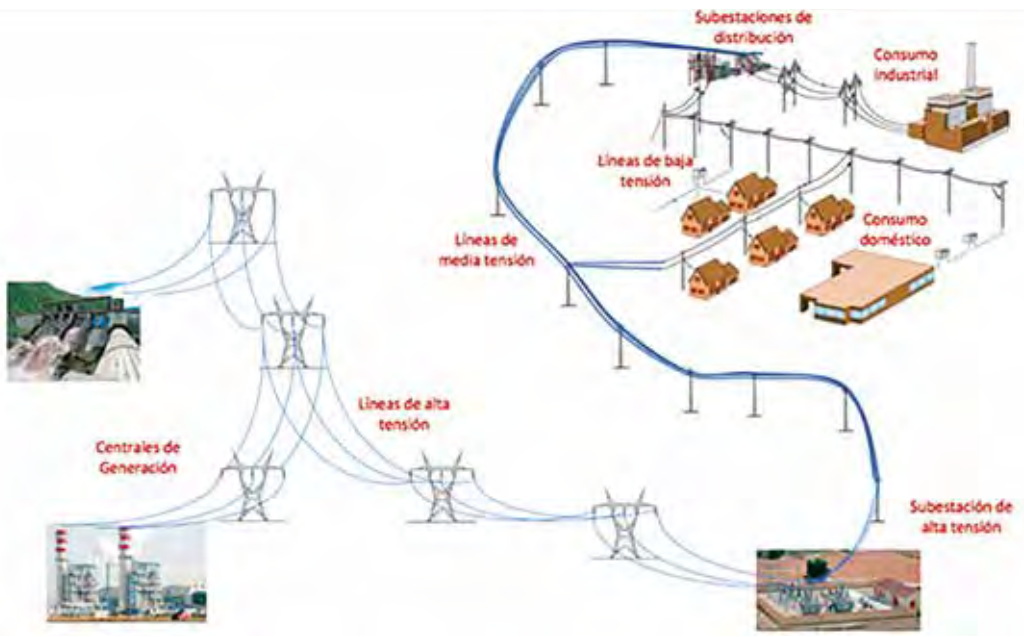


Figura 38. Diagrama de flujo de un Sistema de Electricidad

En resumen, se debe consignar en el Plan, la siguiente información, como parte de la información general:

Descripción de la empresa, establecimiento o institución	
1.	Ubicación
2.	Unidades conformantes de la empresa (este esquema se deberá aplicar para cada Unidad de Producción)
3.	Alcance
4.	Relación de Equipos y probables fuentes de contaminación <ul style="list-style-type: none"> ○ Transformadores ○ Condensadores ○ Sistemas hidráulicos ○ Sitios contaminados con Aceite Dieléctrico ○ Otras fuentes posibles de contaminación PCB
5.	Proceso productivo (diagrama de flujo)

El diagnóstico situacional brinda toda la información de las posibles fuentes y sitios contaminados, que deberá confirmarse aplicando procedimientos de descarte de PCB mediante métodos colorimétricos o determinación de la concentración de PCB mediante análisis cromatográfico, que se describirá en el Paso 4.

4.2.3. PASO 3: Establecimiento de objetivos y metas

4.2.3.1. Propósito del Plan de Gestión de los PCB

El Propósito del PGPCB es el resultado esperado una vez ejecutado el plan. Es la conse-

cuencia directa de lo que se espera sucederá al realizar las acciones propuestas en el plan, por ello se debe plantear un único propósito a fin de tener claridad en lo que se espera lograr, de tal manera que todos los objetivos contribuyan a este único propósito.

Se recomienda que la redacción se exprese como una situación lograda, no como un resultado deseado, teniendo en cuenta que el Convenio de Estocolmo estipula que como máximo al 2025 se debe haber identificado las existencias y al 2028, eliminado los residuos de PCB.

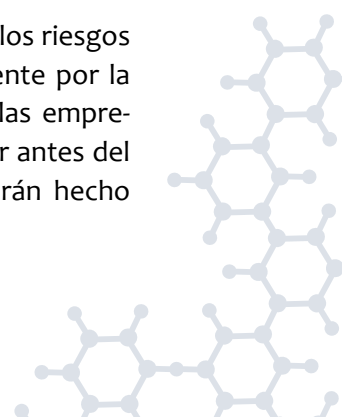
Así se tiene el siguiente ejemplo:

Propósito

Al 2025, la Empresa Eléctrica “La Luz” ha eliminado los PCB en todas sus existencias y residuos líquidos contaminados con PCB

Se debe tener presente que, si la empresa, establecimiento o institución logra su propósito, ésta contribuye a un fin superior, el cual es, que el país cumpla con las obligaciones establecidas en el Convenio de Estocol-

mo y que haya una reducción en los riesgos para la salud humana y el ambiente por la existencia de PCB. Así, si todas las empresas e instituciones logran eliminar antes del 2025 sus existencias, juntas habrán hecho



una gran contribución en la reducción de los riesgos de la exposición a ambientes contaminados con PCB o exposición directa a PCB.

4.2.3.2. Objetivos y metas del Plan de Gestión de los PCB

Cada empresa, establecimiento o institución debe establecer los objetivos y metas de su plan teniendo en cuenta la normativa nacional, las obligaciones establecidas en la Parte II del Convenio de Estocolmo, el Plan de Acción de PCB que forma parte del Plan Nacional de Implementación (PNI-COP Perú) y compromisos asumidos en otros instrumentos de gestión ambiental que tenga la empresa.

La meta se puede entender como la expresión de un objetivo en términos cuantitativos y cualitativos y enuncia la magnitud o grado de realización del mismo en un tiempo determinado, pero sobretodo expresa puntualmente el compromiso de la empresa.

Las metas son la parte más visible de plan y la referencia inmediata para calificar el grado de avance y cumplimiento de los compromisos asumidos.

El objetivo es la cristalización de acciones o de trabajo el cual está conformado por metas.

Las metas deben ser específicas y medibles que puedan ser cumplidas en los tiempos establecidos, permiten monitorear y evaluar el plan durante futuras revisiones. Se sugiere que los objetivos y metas formuladas sean coherentes con la situación identificada en el diagnóstico, los recursos y necesidades que tenga la empresa o institución, teniendo presente las dos fechas límite, máximo el 2025 para identificar las existencias de PCB en equipos (transformadores, condensadores u otros receptáculos que contengan existencias de líquidos residuales) y el 2028 para realizar la gestión ambientalmente racional de los desechos de los líquidos que contengan PCB y equipos contaminados con PCB con una concentración igual o mayor a 50 ppm (en tanto la legislación nacional no señale una concentración diferente).

El objetivo general del plan debe enunciar lo que se desea lograr de manera integral, al final de su implementación; por tanto, puede redactarse de manera cualitativa. Se propone el siguiente ejemplo:

Objetivo General

Eliminar las existencias con PCB de la empresa, establecimiento o institución, realizando una Gestión Ambientalmente Racional de los PCB a fin de prevenir los riesgos de exposición de los trabajadores y de contaminación del ambiente

Para una mejor medición del logro que se desea obtener, es conveniente desagregarlos en objetivos específicos, precisando las metas para cada tipo de objetivo, teniendo

en cuenta que éstas constituyen la cuantificación de lo que se desea alcanzar, lo cual se recomienda hacerlo para plazos determinados (corto, mediano y largo plazo).



La redacción de los objetivos y metas debe ser clara, directa para evitar confusiones o desviaciones. Los objetivos específicos representan los pasos que se deben realizar para alcanzar el objetivo general, deben ser formulados en términos operativos (expresan una tarea) e incluyen las variables e indicadores que permitirán medir los logros; se recomienda que sigan una secuencia lógica.

Se debe tener en cuenta que deben priorizarse los objetivos específicos, ya que como resultado de la evaluación del cumplimiento de las metas y del proceso de mejora continua, la empresa puede considerar la modificación de algunos objetivos o la inclusión de otros.

A continuación, se brinda ejemplos de objetivos específicos, metas e indicadores:

OBJETIVO ESPECIFICO 1: Identificar las fuentes que contienen PCB, determinando el grado de contaminación

META: Al 2018 se tienen identificados el 100% de los equipos o aplicaciones cerradas de la empresa, etiquetando los que tienen PCB y se conoce el peso de las existencias y residuos contaminados con PCB.

Indicador:

- ▣ % de equipos o aplicaciones cerradas identificados
- ▣ % de equipos libres de PCB
- ▣ % de equipos con PCB etiquetados
- ▣ # de kg de existencias con PCB
- ▣ # de kg de residuos con PCB



Como se aprecia en el ejemplo, las variables en este caso serán los “equipos identificados”, los “equipos libres de PCB” y los “equipos con PCB etiquetados”

Evidentemente, para lograr este objetivo específico, se deberá planificar a nivel operativo, actividades referidas a la elaboración del inventario de fuentes que contienen PCB, tales como:

- ◆ Conformación de un equipo de trabajo y asignación de responsabilidades
- ◆ Identificación preliminar de fuentes utilizando para ello, una lista de chequeo (equipos, aplicaciones semicerradas o abiertas, sitios contaminados)
- ◆ Realización del inventario detallado mediante tamizaje (determinación colorimétrica) y análisis químicos (cromatografía)
- ◆ Etiquetado
- ◆ Sistematización de la información

OBJETIVO ESPECÍFICO 2: Identificar y evaluar los riesgos que puedan generar la existencia de PCB o equipos contaminados con PCB en las instalaciones de la empresa, teniendo en cuenta el ciclo de vida de los equipos

META: Al 2018, el 100% de los equipos considerados como de riesgo alto han salido de uso y se tiene bajo control los equipos de medio y bajo riesgo

Indicador

% de equipos considerados de alto riesgo que salieron de uso

Actividades sugeridas

- ◆ Identificar los niveles de riesgo de los equipos u otras fuentes probables de PCB.
- ◆ Establecer medidas de manejo y control para los equipos, según nivel de riesgo
- ◆ Adopción de medidas preventivas para:
 - La operación y mantenimiento de los equipos
 - Almacenamiento
 - Transporte de existencias contaminadas con PCB
 - Adquisición de equipos e insumos
 - Durante la elaboración de instrumentos de gestión ambiental
- ◆ Establecer e implementar planes para actuar frente a contingencias y emergencias
- ◆ Implementar procedimientos de uso, tratamiento y disposición final, mantenimiento de equipos libres de PCB

OBJETIVO ESPECÍFICO 3: Mejorar las capacidades de la empresa para hacer una gestión ambientalmente racional -GAR de los PCB

META: Al 2017, el 100% de los trabajadores realizan una GAR de los PCB

Indicador:

% de trabajadores que aplican las Mejores Prácticas Ambientales -MPA durante el trabajo diario

Se sugieren las siguientes actividades:

- ◆ Fortalecer las capacidades del personal para realizar una GAR
- ◆ Elaborar o reproducir material técnico informativo
- ◆ Verificar la implementación de la GAR en la empresa

OBJETIVO ESPECÍFICO 4: Reducir las existencias y residuos contaminados con PCB mediante eliminación de PCB (tratamiento y/o incineración)

META: Al 2020 se han reducido las existencias y residuos con PCB (concentraciones iguales o mayores a 50 ppm) aplicando métodos ambientalmente racionales.

Indicadores

- ▣ % de equipos descontaminados mediante tratamiento con recuperación
- ▣ % de equipos contaminados con PCB eliminados sin recuperación
- ▣ kg de existencias con PCB, tratadas
- ▣ kg de residuos con PCB, eliminados

Se sugieren las actividades siguientes:

- ◆ Identificar los procesos para la eliminación (tratamiento y/o destrucción) que se tengan en el país (la mejor tecnología disponible), así como las empresas que brinden estos servicios.
- ◆ Realizar la evaluación de costos
- ◆ Realizar los trámites administrativos para contratar los servicios de tratamiento de equipos contaminados con PCB y/o exportación de residuos con PCB.
- ◆ Supervisar el trabajo de descontaminación (tratamiento) de los equipos contaminados con PCB, hasta la obtención del certificado de descontaminación de cada equipo o fuente.
- ◆ Hacer seguimiento de los trámites para la exportación de los residuos con PCB (para su incineración) que realice la empresa contratada, hasta obtener el certificado de destrucción de los residuos y el manifiesto correspondiente.

o establecimiento hay equipos en uso que contienen PCB, o equipos fuera de uso con PCB y/o residuos u otro tipo de materiales contaminados con PCB.

La base para planificar el inventario de PCB, es la información que se obtiene del inventario de equipos y probables fuentes de contaminación.

El Inventario de las existencias y residuos con PCB tiene la finalidad de registrar metódica y ordenadamente, la información obtenida al establecer el volumen, lugar, concentración y condiciones en las que se encuentran los elementos que contienen PCB dentro de las instalaciones u operaciones de la empresa o entidad. Los pasos a seguir para realizar el inventario de PCB se detallan en el Procedimiento 1: Elaboración y actualización de Inventarios de PCB.

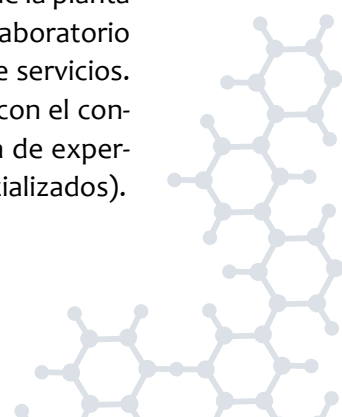
4.2.4. PASO 4: Descripción de las principales actividades

4.2.4.1. Identificación de existencias y residuos con PCB (Inventario de PCB)

Esta es una de las más importantes actividades del plan, toda vez que brindará la información precisa sobre las existencias y residuos con PCB, es decir si en la planta

4.2.4.2. Conformación del equipo de trabajo para el inventario

La primera actividad deberá ser la conformación de un equipo de trabajo que debe incluir además de personal propio de la planta o área ambiental, a personal de laboratorio químico, departamento legal y de servicios. Se puede si es necesario, contar con el concurso de un servicio externo (sea de expertos en PCB y/o laboratorios especializados).



4.2.4.3. Asignación de responsabilidades

Es muy importante asignar responsabilidades, pues el inventario es un trabajo sincronizado que requiere:

- ◆ Un coordinador que planifique, lidere el trabajo y se haga responsable de los resultados, el cual debería ser de la misma empresa o institución (área ambiental) ya que es quien conoce las obligaciones y requisitos normativos que sustentan la necesidad de realizar el trabajo.
- ◆ Profesionales capacitados en PCB o expertos (que podrían ser externos) quienes realizarán el trabajo de campo.
- ◆ Personal capacitado en muestreo y de laboratorio para el análisis de PCB (pudiendo también contratarse los servicios de terceros).
- ◆ Personal del departamento de servicios para los casos en los cuales sea necesario movimiento de equipos o acondicionamiento de la toma de muestras u otras actividades propias del inventario

- ◆ Responsable de la alimentación y mantenimiento de la base de datos del inventario.

4.2.4.4. Desarrollo del Inventario

El trabajo propio de la identificación de fuentes de PCB debe llevarse a cabo en las tres etapas señaladas en el Procedimiento 1, consistentes en la identificación preliminar de fuentes utilizando para ello una lista de chequeo, así como teniendo en cuenta una serie de criterios (como los que se muestran en la figura siguiente); el inventario preliminar donde se obtiene información más precisa y discriminatoria que permite indicar que un equipo está libre de PCB o es sospechoso de contener PCB; y finalmente el inventario detallado que se obtiene de los resultados de análisis químicos, el cual brinda información precisa y cuantitativa.

El Plan debe consignar en esta parte, la información del inventario realizado anteriormente (si es que lo hubiera) utilizando para ello los formularios recomendados en el Procedimiento 1.

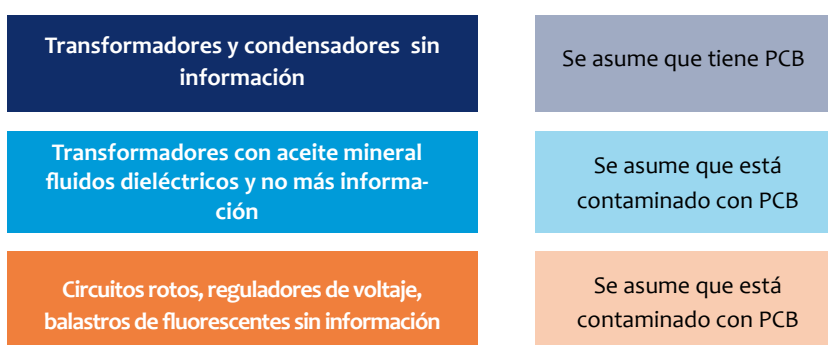


Figura 39. Criterios de discriminación

Figura tomada de Destruction and Decontamination Technologies for PCBs and Other POPs Wastes. A Training Manual for Hazardous Waste Project Managers -Volume A. TM A Pág. 15 Secretaría de Basilea.

4.2.4.5. Inventario de sitios contaminados

En este acápite se podrá incorporar la identificación de sitios contaminados con

derrames de aceite dieléctrico y que representen fuentes de posible contaminación de PCB que se haya llevado a cabo en cumplimiento al D.S. N° 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para Suelo,

el D.S. N° 002-2014-MINAM, que aprueba disposiciones complementarias para la aplicación de los ECA para suelo, y la R.M. N° 085-2014-MINAM que aprueba la Guía para Muestro de Suelos y la Guía para la Elaboración de Planes de Descontaminación de suelos.

4.2.4.6. Sistematización de la información

El reporte del inventario se deberá realizar teniendo en cuenta los datos que se reportarán en el aplicativo web administrado por

el MINAM referido al Registro Nacional de Existencias y Residuos con PCB. Esta información que debe reportarse anualmente, permitirá a las autoridades elaborar los reportes que debe hacer el país a la Secretaría del Convenio de Estocolmo sobre el cumplimiento y manejo ambientalmente racional (MAR) de los artículos o equipos conteniendo o contaminados con PCB.

Resumiendo, los pasos a seguir para realizar el inventario y por ende a planificarse, se resumen a continuación:

Inventario de existencias y residuos	
1.	Conformación del equipo que realizará el inventario
2.	Asignación de responsabilidades
3.	Desarrollo del Inventario <ul style="list-style-type: none"> ◆ Identificación preliminar de fuentes ◆ Descarte de PCB ◆ Análisis confirmatorio ◆ Inventario de PCB detallado
4.	Inventario de sitios contaminados con PCB
5.	Sistematización de la información

Es importante hacer el seguimiento y control de los equipos inventariados, para ello, se sugiere emplear el Procedimiento 4: Revisión y control de equipos e instalaciones conteniendo PCB. (Anexo N° 1)

4.2.4.7. Identificación de riesgos de los equipos probables de contener PCB

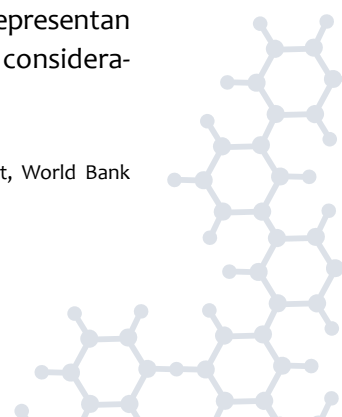
En el plan se debe considerar la identificación de riesgos, evaluación y determinación de equipos, residuos e instalaciones que se consideren que son de mayor riesgo para la

salud de las personas y de contaminación del medio ambiente.

Esta categorización será importante y servirá de base para priorizar el descarte de PCB y posterior eliminación. La identificación de los riesgos que significan los equipos e instalaciones se podría llevar a cabo sobre la base de una metodología adaptada para este fin, que tiene como base principal el Documento Técnico N° 39⁸ (Ayres, et al., 1998) del Banco Mundial⁷³.

Para establecer los riesgos que representan las existencias y residuos se han considera-

⁷³ Wendy S. Ayres, Kathleen Anderson, David Hanrahan, Setting Priorities for Environmental Management, World Bank Washington, DC, 1998



dos casos más comunes, lo que facilitará la toma de decisiones a los profesionales a cargo del inventario de PCB, como son:

- ◆ Subestación Aérea con transformador
- ◆ Subestación Convencional con transformadores
- ◆ Transformador en Almacén
- ◆ Transformador operativo con PCB
- ◆ Condensadores sin placa
- ◆ Transformadores sin placa
- ◆ Cilindros de aceite
- ◆ Transformadores en almacén con PCB
- ◆ Residuos con PCB
- ◆ Suelos contaminados en zona industrial

◆ Suelos contaminados en zona no Industrial

Estos casos pueden ser parte de un accidente ambiental con consecuencias que son necesario evaluarlas, de este modo el profesional a cargo podrá tomar las decisiones pertinentes a fin de reducir el riesgo, controlarlo y finalmente eliminarlo.

Aplicando la metodología se ha llegado a establecer valores que permiten realizar una evaluación de los riesgos que significan para el medio ambiente y la salud de las personas cuando se tienen existencias y residuos con PCB para cada caso, como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 12: Evaluación de Riesgos en Existencias y Residuos que pueden contener PCB

Existencias y residuos	Ocurrencia				Severidad				Medidas de Control				Puntaje Total	Significación del riesgo
	A. Probabilidad	B. Duración	C. Extensión	D. Población	E. Salud Humana	F. Ecosistema	G. Socio cultural	H. Económico	I. Prevención	J. Mitigación	K. Mantenimiento	L. Monitoreo		
Subestación Aérea con transformador	2	2	3	3	-7	-7	0	-2	2	2	8	8	-3,20	- Media
Subestación Convencional con transformadores	0	2	0	0	-2	0	0	0	2	2	8	8	-0,08	- Baja
Transformador en Almacén	5	5	3	3	-7	-7	0	0	2	2	8	8	-4,48	- Media
Transformador operativo con PCB	2	2	3	3	-10	-10	0	-10	2	2	10	10	-7,20	- Alta
Condensadores sin placa	2	2	3	3	-10	-10	0	-10	2	2	10	10	-7,20	- Alta
Transformadores sin placa	2	2	3	3	-10	-10	0	-10	2	2	10	10	-7,20	- Alta
Cilindros de aceite	2	2	0	3	-7	-7	0	-2	2	2	8	8	-2,24	- Media
Transformadores en almacén con PCB	2	2	3	3	-10	-10	0	-2	2	2	10	10	-5,28	- Alta
Residuos con PCB	2	2	3	3	-10	-10	0	-2	2	2	10	10	-5,28	- Alta
Suelos contaminados en zona industrial	2	2	3	3	-7	-7	0	-2	2	2	8	8	-3,20	- Media
Suelos contaminados en zona no Industrial	2	2	3	3	-10	-10	0	-7	2	2	10	10	-6,48	- Alta

Esta tabla puede ser aplicada al listado de existencias y residuos identificados como fuentes probables de PCB de tal manera que se logre una priorización para el siguiente paso que se refiere al descarte de PCB y confirmación en caso de los resultados positivos que resulten. Es decir, si la significancia es alta, serán los primeros en la lista para el descarte, así como la eliminación si los resultados indicaran que tiene o está contaminado con PCB.

4.2.4.8. Medidas preventivas en sistemas con PCB

El Plan de Gestión de PCB de la empresa deberá contener medidas preventivas de control y gestión de PCB que se deben adoptar en base al diagnóstico elaborado y el resultado del Inventario de PCB. Para ello, pueden tomarse como referencia, el Procedimiento 3: Uso, manipulación y disposición final (eliminación) de materiales conteniendo PCB y el Procedimiento 5: Adquisición de material y equipos libre de PCB (Anexo N° 1).

4.2.4.9. Tratamiento y eliminación de PCB

La última etapa del ciclo de vida de los equipos, materiales o residuos conteniendo o contaminados con PCB es la eliminación lo que implica eliminar la característica de peligrosidad del aceite dieléctrico o su destrucción total por métodos aprobados nacionalmente o internacionalmente y descontaminar los materiales que contenían este aceite.

La empresa, establecimiento o institución deberá incluir en el PGPCB, las actividades necesarias para la eliminación de PCB sobre la base de los resultados obtenidos en el inventario hasta la fecha y proyectar la culminación de dichas actividades antes de la fecha establecida en la normativa nacional o los plazos



señalados por la Autoridad Competente o teniendo como fecha máxima, el año establecido en el Convenio de Estocolmo.

Se deberán evaluar las diversas alternativas para la eliminación, verificando a las empresas que en el país brinden el servicio requerido o si lo pertinente es exportar a otros países con tecnología, lo cual implica la realización de los procedimientos que el país y el derecho internacional ambiental han establecido para el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos en el marco del Convenio de Basilea.

Para decidir la eliminación de los PCB identificados, se debe tener en cuenta los siguientes parámetros:

- ◆ Existencias de PCB en sistemas operativos
- ◆ Existencias de PCB fuera de operación
- ◆ Residuos con PCB almacenados
- ◆ Volumen y peso de los elementos contaminados
- ◆ Características propias de las existencias y residuos
- ◆ Concentración de PCB

La decisión del tipo de eliminación por metodologías técnicas de descontaminación/tratamiento y/o exportación e incineración de los PCB debe ser el resultado de una evaluación técnico – económica y planificación de las obligaciones y plazos establecidos por las normas nacionales e internacionales en la materia, teniendo en cuenta los principios de “proximidad” y “auto-suficiencia”.

Para ello, es necesario contar con información sobre:

- ◆ Alternativas de tratamiento y/o eliminación
- ◆ Disponibilidad tecnológica en el país
- ◆ Costos

Las acciones a seguir en el Plan son como mínimo, las siguientes:

Eliminación: Tratamiento y eliminación de PCB

- ◆ Verificación del inventario de existencias y residuos con PCB
- ◆ Evaluación técnico-económica de las alternativas de eliminación (tratamiento y/o disposición final de PCB)
- ◆ Elaboración de la estrategia de eliminación
- ◆ Establecimiento de los plazos y controles a seguir
- ◆ Preparación de los expedientes técnicos y administrativos para la eliminación de PCB (con o sin recuperación)
- ◆ Ejecución de las operaciones y procesos de eliminación
- ◆ Obtención de la constancia de eliminación / de clorinación de los PCB

Sea que se realice en el país la eliminación de los PCB o se exporten los residuos, hay que tener presente que las operaciones que se efectúen pueden llegar a ser críticas por los riesgos de liberaciones al ambiente y/o de exposición de los trabajadores a estas sustancias.

Para ello se deberá tomar en cuenta los lineamientos que se tienen en los procedimientos incluidos en los anexos del presente documento.

Es probable que se contrate los servicios de eliminación (sea tratamiento o la disposición final de los residuos con PCB), para ello, se deberá solicitar a las empresas que brindan estos servicios sus propuestas y evaluar con

sumo cuidado las mismas, tomando como referencia la información que se presenta en esta guía respecto de las tecnologías que proponen.

4.2.4.10. Actividades de capacitación, difusión y medidas de respuesta a accidentes ambientales con PCB

Actividades de capacitación

El éxito del cumplimiento de los objetivos del Plan depende, entre otros aspectos de contar con personal idóneo para la manipulación de equipos con PCB y otras existencias y residuos contaminados con PCB. Por ello, en Plan de Gestión debe incluir activida-



des de capacitación del personal de la empresa o institución, actividades de difusión hacia la población en general y la adopción de medidas en respuesta a accidentes ambientales con PCB.

El desarrollo de capacidades en el personal asegurará un manejo responsable (con conocimiento), de las sustancias químicas, de

los equipos eléctricos, de los residuos peligrosos y por ende la prevención y reducción de riesgos.

El PGPCB debe establecer actividades para capacitar al personal especializado en temas de sustancias químicas con énfasis en PCB, para ello se sugieren los siguientes pasos:

Actividades de capacitación

- ◆ Determinación de los grupos a los cuales se impartirá la capacitación
- ◆ Elaboración del material de capacitación
- ◆ Definición del tiempo y frecuencia de la capacitación (cronograma)
- ◆ Determinación de los recursos económicos necesarios para la implementación del plan de capacitación
- ◆ Evaluaciones

Actividades de difusión

El tema asociado al uso y manejo de PCB es muy sensible, por lo tanto, la manera cómo llega a la población aledaña a la actividad productiva la información sobre PCB es muy importante, ya que información errada o una población sin conocimiento resultará

en un grado de sensibilización que no beneficiará a ningún interesado, pudiendo ser el inicio de conflictos socio-ambientales.

El área ambiental conjuntamente con el área de relaciones comunitarias debe trabajar en la planificación de actividades de difusión. Para el Plan se sugieren las siguientes acciones:

Actividades de difusión

- ◆ Identificación de los grupos poblacionales de la zona de influencia de la unidad productiva
- ◆ Diseño de campañas de difusión
- ◆ Elaboración del material de difusión, de modo sencillo y didáctico
- ◆ Elaboración de cronograma
- ◆ Determinación de los recursos económicos necesarios para la implementación del plan de difusión
- ◆ Evaluaciones

4.2.4.11. Medidas de respuesta ante accidentes ambientales con PCB

Durante cualquier etapa del ciclo de vida de las sustancias químicas peligrosas existe la posibilidad de enfrentarse a situaciones de emergencias, tales como incendios, explosiones, fugas o derrames, en este caso particular de PCB. Estas emergencias se pueden prevenir aplicando principalmente normas técnicas; pero también se debe responder ante una situación de esta naturaleza.

Lo más probable es que la empresa o institución cuente ya con un Plan de Contingencias, por tanto, convendrá hacer una revisión de dicho plan a fin de tener la seguridad de que esté cubierto el tema asociado al manejo de los PCB.

De modo general, el plan debe:

- ◆ Posibilitar la restricción de los daños a un área determinada, previamente designada para evitar que los impactos sobrepasen los límites de seguridad preestablecidos.
- ◆ Contemplar las acciones necesarias para evitar que situaciones (internas o externas), de las instalaciones involucradas en el accidente, contribuyan a su agravamiento.

- ◆ Ser un instrumento práctico que facilite respuestas rápidas y eficaces en situaciones de emergencia.
- ◆ Ser lo más sucinto posible y contemplar, clara y objetivamente, las atribuciones y responsabilidades de las personas involucradas.

Los Planes de Contingencias son los instrumentos de gestión que definen los objetivos, estrategias y programas que orientan las actividades institucionales para la prevención, la reducción de riesgos, la atención de emergencias y líneas de acción a seguir, las cuales designan las funciones y responsabilidades, estableciendo una organización de respuesta para enfrentar una situación de emergencia relacionada con el transporte de materiales y/o residuos peligrosos.

Los planes de contingencia deberán señalar, entre otros aspectos, las siguientes acciones inmediatas a adoptar para evitar daños, los cuales son:

- ◆ Procedimientos de notificación en caso de accidentes.
- ◆ Autoridades y organismos a ser informados y de apoyo.
- ◆ Obligaciones del personal de respuesta de la empresa.

- ◆ Procedimientos para prevenir o mitigar los accidentes en transporte de los materiales y/o residuos peligrosos, esto debe incluir el equipo de primera respuesta.
 - ◆ Plan de disposición y eliminación de los materiales y/o de residuos peligrosos generados a causa del accidente.
 - ◆ Plan de recuperación del recurso afectado.
- En el Procedimiento 2 tienen igualmente las orientaciones relativas a los planes de emergencias y contingencias.

Pasos para Elaborar / Actualizar el Plan de Contingencias

1. Realización de análisis y valoración del nivel de riesgo
2. Determinación de los objetivos
3. Definición del alcance
4. Definir una estructura organizacional, asignar responsabilidades
5. Elaboración de los procedimientos
 - ◆ Evaluación.
 - ◆ Aislamiento y evacuación.
 - ◆ Lucha contra incendios.
 - ◆ Control de fugas.
 - ◆ Control de derrames.
 - ◆ Reparaciones de emergencia.
 - ◆ Acciones para evitar el reavivamiento de incendios (después de la emergencia).
6. Elaboración/actualización de los formularios de registro de emergencias (fichas de información de las sustancias químicas, recursos)
7. Implementación y mantenimiento del Plan
8. Supervisión del plan

4.2.5. PASO 5: Cronograma de actividades y presupuesto

4.2.5.1. Cronograma de actividades

El cronograma es una herramienta muy importante en la gestión del PGPCB, por lo tanto, la empresa deberá elaborar un cronograma con todas las actividades previstas tanto para el corto, mediano y largo plazo (si fuera necesario) y hacer un estimado de los costos.

En la Tabla N° 13 de la siguiente página se muestra un ejemplo de cronograma de actividades y responsables en el corto y mediano plazo, el mismo que se ha elaborado con las actividades sugeridas. Esta importante

herramienta será uno de los principales productos del equipo de trabajo que diseñará el PGPCB.

La empresa debe trabajar sus propias actividades y luego programarlas en el tiempo.

4.2.5.2. Presupuesto

Los responsables de la elaboración y evaluaciones del Plan deberán indicar el cronograma valorizado y presupuesto que demandará su ejecución.

El presupuesto debe trabajarse a detalle a nivel operativo y consignarse en el plan operativo anual (POA) de la empresa o institución, y por tanto determinar las tareas. El ejemplo

sugerido se aprecia en la Tabla N° 14, se han detallado tareas para las actividades del inventario a realizarse en la empresa de Generación Eléctrica “La Luz”, quien preliminarmente informó que tenía 50 equipos. Empresas de otros

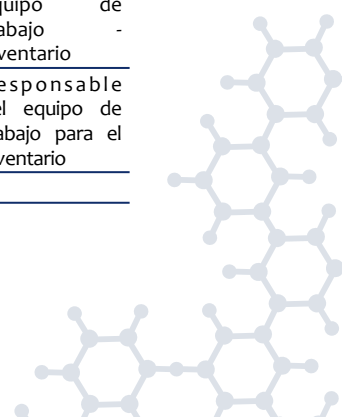
rubros tendrán presupuestos muy diferentes, toda vez que el parque de equipos es mayor y la ubicación de los mismos está en áreas mucho más extensas, es decir cada empresa o entidad tendrá sus propias características.

Tabla 13: Cronograma de actividades y responsables

Actividades	Años							Presupuesto	Responsables
	1	2	3	4	5	6	7		
OBJETIVO ESPECÍFICO 1									
Conformación de un equipo de trabajo y asignación de responsabilidades									Medio Ambiente y Seguridad y Salud Ocupacional (MASSO) y Gerente de la unidad
Identificación preliminar de fuentes utilizando para ello, una lista de chequeo (equipos, aplicaciones semicerradas o abiertas, sitios contaminados)									Equipo de trabajo para el inventario
Realización del inventario de PCB (descarte&cromatografía)									Equipo de trabajo para el inventario
Sistematización de la información									Equipo de trabajo para el inventario
Actualización del inventario									Equipo de trabajo para el inventario
OBJETIVO ESPECÍFICO 2									
Identificar los niveles de riesgo de los equipos u otras fuentes									MASSO y personal del área de trabajo
Establecer medidas de manejo y control para los equipos, según nivel de riesgo									íd
Adoptar medidas preventivas para:									íd
La operación y mantenimiento de los equipos PCB									íd
Almacenamiento de Existencias PCB									íd
Transporte de existencias contaminadas con PCB									íd
Adquisición de equipos e insumos libres de PCB									íd
Planes de contingencias y emergencias									íd
Procedimientos de uso, tratamiento y disposición final, mantenimiento de equipos libres de PCB									íd
OBJETIVO ESPECÍFICO 3									
Capacitación para realizar una GAR									MASSO y responsable de área de capacitación
Elaborar o reproducir material técnico informativo									íd
Verificar la implementación de la GAR en la empresa									íd
OBJETIVO ESPECÍFICO 4									
Identificar los procesos para la eliminación en el país y realizar la evaluación de costos									Responsable de área de MASSO, responsable de área de trabajo y gerencia de la unidad
Realizar la contratación de los servicios									íd
Supervisar el trabajo contratado									íd
Obtener los certificados de descontaminación y destrucción									

Tabla 14: Cronograma de actividades para el Inventario

Actividades	Meta	Año 1												Presupuesto	Responsables	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
OBJETIVO ESPECÍFICO 1																
Conformación de un equipo de trabajo y asignación de responsabilidades	Equipo de trabajo conformado															Medio Ambiente y Seguridad y Salud Ocupacional (MASSO) y Gerente de la unidad
Identificación preliminar de fuentes utilizando para ello, una lista de chequeo (equipos, aplicaciones semicerradas o abiertas, sitios contaminados)	100% de las probables fuentes se han identificado															Equipo de trabajo para el inventario
Elaboración del plan de trabajo	Plan de trabajo elaborado															Equipo de trabajo para el inventario
Recopilación de información antecedente	100% de la información ha sido recopilada en el Informe situacional preliminar															Equipo de trabajo para el inventario
Visitas al terreno y aplicación de la lista de chequeo	Lista de chequeo verificada															Equipo de trabajo para el inventario
Toma de muestras y descarte con kit Clor-N-Oil	X muestras analizadas con los Kits															Equipo de trabajo para el inventario
Elaboración del informe del trabajo de campo	Informe con resultados del descarte															Responsable del equipo de trabajo para el inventario
Análisis químicos confirmatorio (cromatografía)	X muestras analizadas por CG															Equipo de trabajo y laboratorio químico
Sistematización de la información	100% de la Información ha sido sistematizada en Base de datos															Equipo de trabajo para el inventario
Elaboración del informe del inventario detallado	Inf. del Inventario detallado															Responsable del equipo de trabajo para el inventario
Etiquetado	X Equipos etiquetados															Equipo de trabajo - inventario
Actualización del inventario																Responsable del equipo de trabajo para el inventario
SUBTOTAL 1																



Actividades	Meta	Año 1												Presupuesto	Responsables	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
OBJETIVO ESPECÍFICO 2																
Identificar los niveles de riesgo de los equipos u otras fuentes																MASSO y personal del área de trabajo
Establecer medidas de manejo y control para los equipos, según nivel de riesgo																íd
Adoptar medidas preventivas para:																íd
La operación y mantenimiento de los equipos con PCB																íd
Almacenamiento de existencias y residuos PCB																íd
Transporte de existencias con PCB																íd
Adquisición de equipos e insumos																íd
Planes de contingencias y emergencias																íd
Procedimientos de uso, tratamiento y disposición final, mantenimiento de equipos libres de PCB																íd
SUBTOTAL 2																
OBJETIVO ESPECÍFICO 3																
Capacitación para realizar una GAR																MASSO y responsable de área de capacitación
Elaborar material técnico informativo																íd
Verificar la implementación de la GAR																íd
OBJETIVO ESPECÍFICO 4																
Identificar los procesos para la eliminación en el país y realizar la evaluación de costos																MASSO, responsable y gerencia de la unidad
Realizar la contratación de los servicios																íd
Supervisar el trabajo contratado																íd
Obtener los certificados de descontaminación y destrucción																íd
SUBTOTAL 3																íd



4.2.5.3. Asignación de responsabilidades para la ejecución del Plan de Gestión de PCB

La empresa deberá establecer la unidad/oficina y persona/s responsable/s del monitoreo de las acciones y evaluación del cumplimiento de las metas, así como del cronograma establecido en el plan.

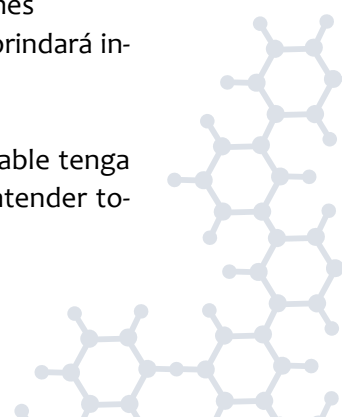
El responsable deberá informar a la gerencia de los avances en el cumplimiento del plan y gestionar los recursos financieros necesarios, previamente estimados, para el logro de los objetivos establecidos en el plan. Igualmente, deberá coordinar con las áreas

responsables de ejecutar las actividades del plan de gestión.

Se deberá describir sucintamente, las responsabilidades de la/s persona/s identificada/s para el cumplimiento del Plan.

- ◆ Para cada actividad o tarea se deberá asignar la responsabilidad a una persona y señalar el trabajo a realizar
- ◆ Saber quién toma las decisiones
- ◆ Identificar a la persona que brindará información y opiniones

Es recomendable que el responsable tenga una formación que le permita entender to-



dos los procesos, así como liderazgo para elaborar el plan y coordinar su ejecución.

Previsión de recursos humanos

En algunos casos, sobretodo en empresas donde se tenga un número significativo de equipos y otras fuentes, se deberá tomar a personas que son necesarias para la realización de las actividades y tareas especificadas en el plan, lo cual implica el conocimiento de lo que se debe realizar y la asignación de responsabilidades, así como presupuestar el costo que ello significa.

Recursos técnicos

Son los medios para lograr los objetivos y están relacionados a contar no sólo con información e instrumentos técnicos, sino en algunos casos con la infraestructura o equipos para realizar una GAR.

Recursos financieros

Una vez cuantificado el costo de la implementación de las actividades que se han propuesto en el plan, se debe prever y asignar el flujo monetario para la ejecución de las actividades previstas.

Recursos materiales

Consiste en la provisión adecuada y oportuna de la infraestructura y equipamiento para las actividades que se diseñen en el plan, por ejemplo, el acondicionamiento de un espacio como almacén temporal.

4.2.5.4. Seguimiento y evaluación

El seguimiento es un proceso continuo por que cual, se obtiene regularmente una retroalimentación sobre los avances realizados para alcanzar metas y objetivos, en tanto que la evaluación es una valoración rigurosa e independiente de actividades finalizadas o en cur-

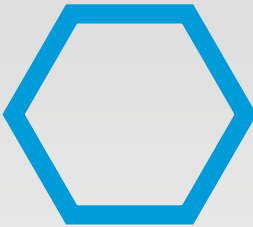
so, para determinar en qué medida se están logrando los objetivos y cómo ayuda a la toma de decisiones.

El seguimiento y evaluación, por tanto, son insumos básicos para tomar decisiones y mejorar los resultados de las acciones ejecutadas en el Plan, conocer si se lograron los objetivos establecidos, si se están logrando las metas, saber si los recursos financieros insumidos y los recursos humanos empleados para la gestión ambientalmente racional de PCB han sido eficazmente utilizados. Se debe supervisar el avance del plan y los problemas surgidos durante la implementación del PGPCB y en muchos casos, los resultados pueden sugerir cambios, modificaciones en el plan – así es donde se tiene la mejora continua.

Finalmente, se debe señalar que el Plan de Gestión tiene que consignar los nombres del equipo de trabajo que lo elaboró y el área de trabajo de cada uno, así como la fecha de su elaboración. Deberá procurar dejarse una sección para colocar las fechas de ajustes posteriores del plan (como resultado de las evaluaciones y mejora continua en la gestión ambiental).

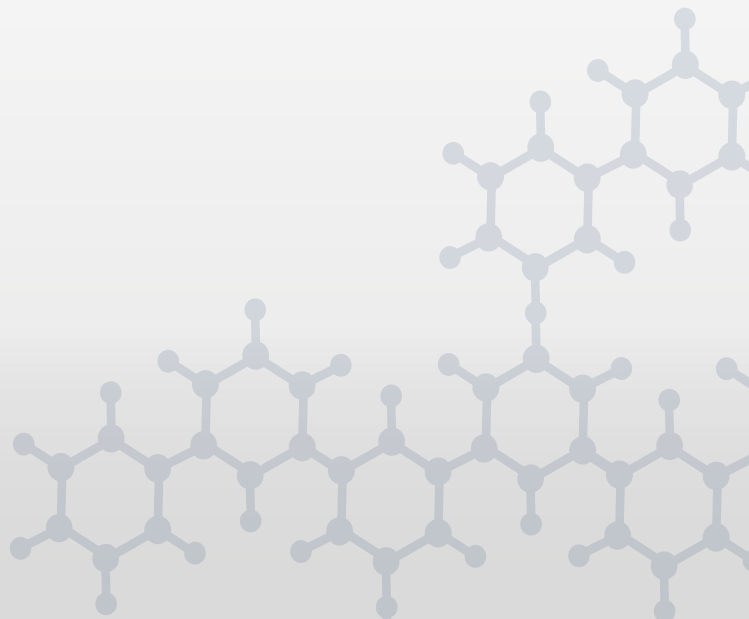








ANEXOS



1 PROCEDIMIENTO 1: ELABORACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE INVENTARIOS DE PCB

1.1. Objetivo

El objetivo del presente procedimiento es la elaboración y mantenimiento de un inventario detallado y confiable, sobre las existencias y residuos de PCB, en sus distintas aplicaciones, en el ámbito de una instalación particular.

1.2. Alcance

Este procedimiento comprende la actividad de elaboración del inventario de PCB que incluya a todos los equipos, instalaciones e infraestructura que se encuentre dentro del ámbito de una instalación.

Puede ser aplicado en todos los campos de la industria o servicios teniendo en cuenta las características específicas que puedan darse en las distintas actividades.

1.3. Responsabilidades

La empresa deberá identificar las responsabilidades concernientes a la elaboración de los inventarios, en particular, la identificación de posibles fuentes, la toma de muestras para análisis, los registros, las operaciones de mantenimiento y/o eliminación que lleven a modificaciones de los inventarios, y las actualizaciones de los mismos. Se puede considerar la contratación de consultores externos, laboratorios debidamente acredi-

tados, personal idóneo para toma de muestras, entre otros, con el fin de perfeccionar la recopilación de información.

Las Autoridades Competentes tendrán la responsabilidad de administrar la información recibida a partir de diversos poseedores, exigiendo la elaboración de los inventarios de PCB dentro de los plazos establecidos por la reglamentación, así como las modificaciones periódicas que surjan a partir de operaciones de tratamiento y/o mantenimiento, verificando la aplicación de la Gestión Ambientalmente Racional (GAR) que deben realizar empresas y operadores.

1.4. Desarrollo

Las etapas principales del inventario físico son:

- ◆ Etapa 1. Identificación de posibles fuentes de PCB (que incluye la identificación de equipos, residuos y sitios contaminados que deben ser evaluados)
- ◆ Etapa 2. Inventario preliminar o descarte de PCB (compuesto de la extracción de muestras, elaboración de la base de datos y análisis de datos de placa en casos de condensadores)
- ◆ Etapa 3: Análisis confirmatorio e Inventario de PCB (análisis cromatográfico de las muestras positivas en la etapa del descarte, etiquetado de existencias y residuos con



PCB y elaboración o mantenimiento de la base de datos).

A continuación, se describirá cada una de las etapas, así como el desarrollo de las más importantes actividades del Inventario de PCB: Procedimiento para la toma de muestras

- ◆ Procedimiento para el descarte de PCB
- ◆ Análisis cromatográfico de PCB
- ◆ Etiquetado
- ◆ Modificaciones al inventario
- ◆ Certificación de instalación con concentraciones permitidas de PCB

1.4.1. Etapa 1. Identificación preliminar de fuentes

Esta es una etapa primordial en la elaboración del inventario, y es necesaria que sea realizada por personal con un buen conocimiento sobre el tema, que permita mediante la reco-

pilación de información antecedente y visitas de campo, determinar las fuentes posibles de PCB, en función de las distintas aplicaciones. El formulario que se muestra a continuación se puede utilizar para la identificación de las fuentes probables de PCB en la empresa.

El formulario ha sido confeccionado en forma de lista de chequeo, para poder marcar las fuentes encontradas, donde se deberá requerir el análisis de información histórica. Esta información constituye el universo sobre el cual se realizará la toma de muestras o análisis de datos técnicos⁷⁴ para la siguiente etapa del Inventario preliminar o descarte de PCB.

Para la correcta realización de esta actividad se deberá prestar atención a los lugares (antigüedad de la empresa) donde es posible encontrar elementos que contengan PCB.

⁷⁴ Esta determinación de PCB por análisis de datos técnicos de placa se aplica en el caso de los condensadores o capacitores.

Tabla N° 1: Formulario para la identificación de posibles fuentes de PCB

Datos Generales de la Empresa			
Razón Social:		Fecha:	
Teléfono:		Dirección:	
Departamento:		Provincia:	
Distrito:		Dirección electrónica:	
Actividad de la Empresa:			
Responsable del control de PCB			
Nombre:		Teléfono:	
Dirección electrónica:			
Sistemas Completamente Cerrados (marcar con una cruz)			
Instalaciones conteniendo los siguientes elementos			
Transformadores eléctricos;		Condensadores eléctricos	
Interruptores, relés y otros accesorios eléctricos;		Reactancias de lámparas fluorescentes	
Motores eléctricos y electroimanes (cantidades muy pequeñas);		Cables eléctricos	
Aplicaciones Semicerradas (marcar con una cruz)			
Instalaciones conteniendo los siguientes elementos			
Sistemas hidráulicos;		Sistemas de transmisión de calor (calentadores, intercambiadores de calor);	
Aplicaciones Abiertas (marcar con una cruz)			
Instalaciones conteniendo los siguientes elementos, por el tipo de aplicación deberán tenerse en cuenta aquellas anteriores al año 1983.			
Cloruro de polivinilo, neopreno y otros cauchos artificiales		Ingrediente en adhesivos	
Tintas y papeles de autocopias		Lubricantes (lubricantes para microscopios, guarniciones de frenos, lubricantes para cuchillas, lubricantes de otros tipos).	
Ingrediente en lubricantes, materiales de sellado y de calafateo;		vii) Ignífugo en telas, alfombras, espuma de poliuretano, etc.;	

1.4.2. Etapa 2. Inventario preliminar o descarte de PCB

En esta etapa, se perfecciona el listado de la etapa 1. Para esto es necesario realizar las siguientes actividades:

- ◆ Elaboración de la base de datos de equipos que serán analizados
- ◆ Toma de muestras y etiquetado de las mismas
- ◆ Descarte de PCB
- ◆ Actualización de la base de datos

Esta actividad se desarrolla mediante el descarte de PCB a cada uno de los equipos identificados anteriormente confirmando la sospecha sustentada de contener PCB o no. Para ello se utilizan los kits de detección Clor – N- Oil de 50 ppm o el equipo Analyzer L2000DX (US EPA SW-846 - Method 9079 para aceite y Method 9078 para suelos).

Como resultado se obtendrá una base de datos detallada con la información pertinente de los equipos que resultaron positivos en el descarte y que pasarán a la siguiente etapa de análisis confirmatorio.

Las existencias o residuos que no requerirán de esta etapa son las que sustenten la ausencia de PCB mediante:

- ◆ **Certificados de origen libre de PCB:** emitidos por el fabricante y sustentado en un certificado del laboratorio acreditado nacional o extranjero que cumpla con los requerimientos de la normatividad nacional y consignando que los equipos han sido fabricados utilizando fluidos libres de PCB, encontrándose los equipos en condiciones similares a las de recepción, es decir, perfectamente sellados y con los precintos de fábrica intactos.

- ◆ **Resultados y certificados de análisis de PCB:** posteriores a la última intervención de mantenimiento con menos de 50 ppm elaborado por un laboratorio acreditado nacional o extranjero que cumpla con los requerimientos de la normatividad nacional.

El inventario preliminar deberá estar confeccionado en una base de datos o planillas que presenten la información suficiente para el control de las posibles fuentes de PCB. Para ello, se utilizará el formulario que se muestra a continuación con sus instrucciones de llenado.

Formulario para el Registro de Existencias, Residuos e Instalaciones para el control de PCB

Datos Generales de la Empresa

Nombre:			Fecha:	
Teléfono:			Dirección:	
Departamento:			Provincia:	
Distrito:			Dirección electrónica:	
Actividad de la Empresa:				

Responsable del control de PCB

Nombre:			Teléfono:	
Dirección electrónica:				

Formulario para el Registro de Equipo

Tipo de Equipo:	Seleccionar entre las siguientes opciones: T - Transformador C - Capacitor H - Sist.Hidráulico TT - Sist.Termodiferencia B - Bomba de Vacío I - Interruptores CT - Transformador de Corriente PT - Transformador de Tensión R - Reactores O - Otros
-----------------	---



Formulario para el Registro de Equipo

Fabricante:	(Seleccionar una marca de las opciones)
País de origen:	(Seleccionar una marca de las opciones)
Fecha de fabricación:	
Modelo:	
Número de serie:	
Tensión (kV):	
Potencia (kVA o kVAR):	
Peso seco del equipo (kg):	
Peso fluido o aceite(kg):	
Peso Total (kg):	
¿Cuenta con análisis de PCB?	Sí (cuando se cuenta con análisis cromatográfico) No (cuando se tiene resultados con kit de descarte)

Ubicación Geográfica Actual / Ubicación Geográfica Anterior

Vía:	Seleccione entre las opciones
Zona:	Seleccione entre las opciones
Número:	
Block	
Interior:	
Piso:	
Manzana:	
Lote:	
km:	
Referencia:	
Departamento:	
Provincia:	
Distrito:	

Análisis de concentración de PCB

Grado de concentración (ppm):	
Nombre de la empresa que realiza la determinación de PCB	
Número de Informe:	
Fecha del Informe:	
Método utilizado:	

Plan de Gestión de PCB

¿Está incluido en el Plan de Gestión de PCB?: (Sí/No)	Seleccione la opción (Sí/No)
Fecha en la cual se culmina el Plan de Gestión de PCB	
Motivo por el cual no se ha culminado el plan de Gestión de PCB, en caso que sobrepase la fecha límite	

Condiciones Físicas del Equipo

Estado Operativo:	Seleccione entre las opciones
Estado de conservación:	Seleccione entre las opciones
¿El equipo está correctamente identificado?:	Seleccione entre las opciones
¿El fluido del equipo ha sido sometido a alguna operación?:	Seleccione entre las opciones
Fecha de la operación:	
Empresa que realizó la operación:	
Fluido de relleno actual:	
Fluido de relleno original:	
Tipo de subestación:	
Observaciones:	
Insertar una fotografía:	Seleccionar un archivo e incluir a la base de datos

Condiciones de almacenamiento (si corresponde)

Formulario para el Registro de Material o Residuos

Cubierto:	Marcar el botón para confirmar el texto
Piso de tierra:	Marcar el botón para confirmar el texto
Al aire libre:	Marcar el botón para confirmar el texto
Piso de cemento:	Marcar el botón para confirmar el texto
Recinto cerrado:	Marcar el botón para confirmar el texto
Almacenado con protección de PCB:	Marcar el botón para confirmar el texto
Recinto abierto:	Marcar el botón para confirmar el texto
Señalizado:	Marcar el botón para confirmar el texto
Control de acceso:	Marcar el botón para confirmar el texto
Cuenta con poza de seguridad:	Marcar el botón para confirmar el texto
Cerco de seguridad:	Marcar el botón para confirmar el texto
Cuenta con canaleta recolectora:	Marcar el botón para confirmar el texto

Formulario para el Registro de Material o Residuos

Estado:	Seleccionar entre las opciones
Descripción breve:	
Fabricante:	
País de origen:	
Fecha de almacenamiento:	
Tamaño del contenedor (m):	
Número de contenedores:	
Volumen (m ³):	
Peso (kg)	
Tipo de empaque:	
¿Cuenta con análisis de PCB?	Sí (cuando se cuenta con análisis cromatográfico) No (cuando se tiene resultados con kit de descarte)

Ubicación Geográfica Actual / Ubicación Geográfica Anterior

Vía:	Seleccione entre las opciones
Zona:	Seleccione entre las opciones
Número:	
Block	
Interior:	
Piso:	
Manzana:	
Lote:	
km:	
Referencia:	
Departamento:	
Provincia:	
Distrito:	

Análisis de concentración de PCB

Grado de concentración (ppm):	
Nombre de la empresa que realiza el la determinación de PCB	
Número de Informe:	
Fecha del Informe:	
Método utilizado:	

Plan de Gestión de PCB

¿Está incluido en el Plan de Gestión de PCB?:	Seleccionar la opción (Sí/No)
Fecha en la cual se culmina el Plan de Gestión de PCB	
Motivo por el cual no se ha culminado el Plan de Gestión de PCB, en caso que sobrepase la fecha límite	

Condiciones Físicas del Material o Residuo

Estado Operativo:	Seleccione entre las opciones
Estado de conservación:	Seleccione entre las opciones
¿El material o residuo está correctamente identificado?:	Seleccione entre las opciones
¿El material o residuo del equipo ha sido tratado?:	Seleccione entre las opciones
Fecha de tratamiento:	
Empresa que realizó la operación:	
Insertar una fotografía:	Seleccionar un archivo e incluir a la base de datos

Condiciones de almacenamiento (si corresponde)

Cubierto:	Marcar el botón para confirmar el texto
Piso de tierra:	Marcar el botón para confirmar el texto
Al aire libre:	Marcar el botón para confirmar el texto
Piso de cemento:	Marcar el botón para confirmar el texto
Recinto cerrado:	Marcar el botón para confirmar el texto
Almacenado con protección de PCB:	Marcar el botón para confirmar el texto
Recinto abierto:	Marcar el botón para confirmar el texto
Señalizado:	Marcar el botón para confirmar el texto
Control de acceso:	Marcar el botón para confirmar el texto
Cuenta con poza de seguridad:	Marcar el botón para confirmar el texto
Cerco de seguridad:	Marcar el botón para confirmar el texto
Cuenta con canaleta recolectora:	Marcar el botón para confirmar el texto

Formulario para el Registro de Sitios Contaminados

Nombre del lugar:	Seleccionar entre las opciones.
Tipo:	Seleccionar entre las opciones.
Área o sitio:	
Fecha de construcción:	
Descripción de las instalaciones:	
Área total (m ²):	
Largo (m):	
Ancho (m):	
Área total techada (m ²):	
Material de construcción:	
¿Cuenta con análisis de PCB?	Sí (cuando se cuenta con análisis cromatográfico) No (cuando se tiene resultados con kit de descarte)

Ubicación Geográfica Actual / Ubicación Geográfica Anterior

Vía:	Seleccione entre las opciones
Zona:	Seleccione entre las opciones
Número:	
Block:	
Interior:	
Piso:	
Manzana:	
Lote:	
km:	
Referencia:	
Departamento:	
Provincia:	
Distrito:	
Latitud:	
Longitud:	
Google maps:	Insertar captura de la pantalla de google maps



Análisis de concentración de PCB

Grado de concentración (ppm):	
Nombre de la empresa que realiza el la determinación de PCB	
Número de Informe:	
Fecha del Informe:	
Método utilizado:	

Plan de Gestión de PCB

¿Está incluido en el Plan de Gestión de PCB?:	Seleccionar la opción (Si/No)
Fecha en la cual se culmina el Plan de Gestión de PCB	
Motivo por el cual no se ha culminado el Plan de Gestión de PCB, en caso que sobrepase la fecha límite	

Condiciones Físicas del Sitio Contaminado

Estado Operativo:	Seleccione entre las opciones
Estado de conservación:	Seleccione entre las opciones
¿El material o residuo está correctamente identificado?:	Seleccione entre las opciones
Observación:	
Insertar una fotografía:	Seleccionar un archivo e incluir a la base de datos

Condiciones

Cubierto:	Marcar el botón para confirmar el texto
Piso de tierra:	Marcar el botón para confirmar el texto
Piso de cemento:	Marcar el botón para confirmar el texto
Recinto cerrado:	Marcar el botón para confirmar el texto
Recinto abierto:	Marcar el botón para confirmar el texto
Señalizado:	Marcar el botón para confirmar el texto
Control de acceso:	Marcar el botón para confirmar el texto
Cerco de seguridad:	Marcar el botón para confirmar el texto

La base de datos así obtenida está constituida por las potenciales existencias y residuos que hayan resultado positivas en la fase de Descarte de PCB y que pasarán a ser analizadas por Cromatografía de Gases para el análisis confirmatorio.

1.4.3. Etapa 3: Análisis confirmatorio e Inventario de PCB

El Inventario de PCB se obtiene con los resultados cuantitativos de los análisis realizados a las potenciales existencias y residuos hallados con resultados positivos en la etapa N°2 del procedimiento. La importancia de esta etapa es prin-

cipalmente para confirmar la presencia de PCB en la muestra, pero también cuantificar la concentración de PCB en la muestra, dato que es importante para determinar el proceso al cual se podrá someter el equipo o aceite analizado para la eliminación del PCB.

Para la determinación específica de la concentración de contenido de PCB por cromatografía de gases se utilizará las versiones actualizadas de las normas ASTM D4059-00-2005 y ASTM D6160-98; sin perjuicio de los protocolos de muestreo y análisis que pudiera establecer la autoridad competente o normatividad vigente.

Los análisis serán realizados por laboratorios acreditados ante INACAL, con metodologías y procedimientos acreditados para PCB y que hayan obtenido un resultado satisfactorio en el ejercicio de pruebas Inter-laboratorio organizados por la DIGESA.

Con estos resultados se elabora la base de datos de existencias y residuos con PCB que constituye el Inventario de PCB que deberá ser mantenido y actualizado permanentemente.

Los equipos que resultarán con concentraciones mayores a las permitidas deberán ser reportados a la Autoridad Competente y en base a esta relación se procederá con la siguiente etapa de la Gestión de PCB, que es la eliminación de PCB.

1.5. Guía para ejecutar las actividades que se aplican durante la Elaboración y Actualización de Inventarios de PCB

A continuación, se desarrolla cada una de estas actividades para el Inventario de PCB, con el procedimiento correspondiente.

Procedimiento para la toma de muestras

El muestreo es una herramienta de investigación mediante la cual se extrae una porción de un elemento dado que se quiere estudiar y que es representativa del mismo. En este caso, y a modo de ejemplo, para conocer la concentración de PCB en el aceite dieléctrico de un transformador, se requiere la extracción de una cantidad del aceite dieléctrico (entre 50 a 100 mL) necesaria para los estudios analíticos posteriores, mediante la apertura del grifo inferior del equipo y purga del mismo.

El personal encargado de la toma de muestras deberá estar calificado y deberá tener el conocimiento requerido de los procedi-

mientos para asegurar la representatividad de la muestra. Para la toma de muestras en equipos eléctricos, el desarrollar el siguiente programa de muestreo siguiendo los pasos indicados asegurará buenos resultados:

- 1 Identificar la válvula.
- 2 Colocar un recipiente en la parte inferior de la válvula para casos de derrames.
- 3 Abrir suavemente la válvula colocando el frasco donde se tomará la muestra (50 a 100 mL).
- 4 Cerrar perfectamente la válvula y verificar que no se produzca derrame. Limpiar con una franela desechable.



Figura 1. Toma de muestras utilizando batea y EPP recomendados.

Cada equipo presenta situaciones específicas, por ejemplo, en el caso de capacitores, se realiza observando las etiquetas o placas que indican el tipo de aceite utilizado (con

esta información se coteja la lista de equipos que han sido fabricados con PCB), también puede indicar “Aceite Sintético no Inflamable”. Cuando no hay datos precisos del tipo de aceite ni referencia a marcas comerciales, la única forma de tomar una muestra consiste en perforar la carcasa del equipo y analizarla. La literatura especializada recomienda que, si un capacitor tiene una antigüedad mayor a 1983, se presume que tiene PCB y hay que disponerla como tal.

Como se verá, una vez perforado, el equipo se considera inutilizado, recomendando la limpieza del orificio con solvente y taponarlo mediante un sellador tipo epoxi, manteniendo el equipo en posición vertical y colocarlo dentro de un contenedor aprobado, para minimizar pérdidas, independientemente del resultado del análisis. En el caso de bancos de capacitores, basta con realizar el muestreo en uno de ellos del banco, siempre que los mismos sean de idénticas características.

Para el caso de equipos en desuso se deberá proceder a su disposición final de acuerdo a los resultados del análisis, mientras que en caso de los que se encuentren en servicio, en lo posible, se deberá prever anticipadamente su reemplazo.

Nota:

En la etapa de muestreo, el operador que realice la toma de muestra deberá tener


consigo todos los materiales, herramientas y elementos de protección personal y para contención y mitigación de pequeños derrames que puedan producirse.

- 1 Herramientas, llaves para retiro de tapones en grifos.
- 2 Batea para colocar debajo de grifo, para contener derrames.
- 3 Bidón donde recolectar purga de grifos.
- 4 Cinta teflón.
- 5 Rollo de papel absorbente.
- 6 Bolsa para acumular residuos contaminados que se vayan generando.
- 7 Solvente dieléctrico: mínimo 1 litro, para limpieza de herramientas.
- 8 Equipos de protección personal (EPP). Para la descripción detallada de estos implementos véase el numeral 3.5.2.2 de la Guía
- 9 Absorbente para contener pequeños derrames, bolsa de 5 kg. Sería recomendable que en la instalación exista un kit de contención de derrames de aceite de mayor capacidad, ya que se puede dar el caso que, aflojando un grifo, se deteriora una soldadura y se produce una pérdida relevante.

Las muestras deben ser manejadas y controladas utilizando la cadena de custodia respectiva según el formulario que se muestra en la siguiente página:



Tabla N° 2: Cadena de custodia para la toma de muestras



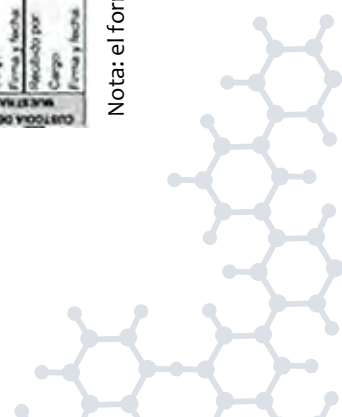
LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL
 Las Mesas N° 200 Uta 3da Esquina Lince
 Correo electrónico: laboratorio.lince@digesa.gob.pe Teléfono: 111 - 8188880

SOLICITUD DE ENSAYO
ACEITES DIELECTRICOS

EXPEDIENTE N° _____

SOLICITANTE:		TELÉFONO:		DEPARTAMENTO:	
DIRECCIÓN:		FAX:		Observaciones:	
CONTACTO:		DOMICILIO:		REVISIÓN DE LA SOLICITUD DE ENSAYO (unoaboron DIGESA)	
MOTIVO:		LOCALIDAD/DISTRITO:		a) Causa de no Aceptación:	
RESPONSABLE DEL MUESTREO:		Muestras pertenecientes (PCB) para ensayos:		b) Capacidades y Recursos disponibles:	
LUGAR DE MUESTREO:		DIGESALUD-PC-13, Determinación de PCB en aceite (pendiente) (Vialidad) con normas de ASTM D6251 - (022710)		c) Observaciones:	
N°	Código Laboratorio	Código muestra	Fecha muestra	N° vialidad de Muestra	Volumen de muestra (mL)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
Total de Frascos					
El solicitante declara conocer y estar de acuerdo con las condiciones generales para la prestación de los servicios de ensayo AC-112					
Entregado por:		1ra. muestra		Recepción de muestra(s) en el laboratorio (Uno del Laboratorio)	
Cargado		2da. muestra		Observaciones:	
Firma y fecha				Muestras:	
Resolvido por:				Infractas:	
Cargado				Insuficiente:	
Firma y fecha				Nombre:	
				Firma	

Nota: el formulario actualizado se debe obtener de: <http://www.digesa.sld.pe/LAB/muestras.asp>



Procedimiento para el descarte de PCB

Podemos distinguir varios métodos de análisis para el ensayo rápido de PCB en campo. Estos métodos son inespecíficos, ya que brindan resultados en función de determinadas propiedades fisicoquímicas que poseen los PCB u otros compuestos químicos.

Existen varios kits de ensayo rápido para la detección de cloro orgánico disponibles, entre los que se pueden citar el método de inmuno-ensayo Clor-N-Oil® para aceites y Clor-N-Soil® para suelos de la firma Dexsil® (US EPA SW-846 - Method 9079 y Method 9078).

El principio químico del análisis se basa en la declorinación en tubo de ensayo del aceite dieléctrico y posterior análisis colorimétrico con reactivos. Este ensayo es del tipo “pasa/no pasa”. Los kits están calibrados con un criterio conservador a un Aroclor 1242 y a diferentes niveles de concentración de detección como: 20, 50 y 500 ppm.

Éstos se consideran confirmados en caso de resultados negativos; los positivos deberán ser confirmados por análisis en laboratorio por metodología en cromatografía gaseosa, además con la finalidad de determinar la concentración de PCB que posee.

La firma Dexsil (<http://www.dexsil.com>) tiene además el equipo Analyzer L2000DX que permite la medición del contenido de cloro mediante el procedimiento de ion específico, brindando de esta forma un resultado cuantitativo de la concentración de PCB (método indirecto a través de la detección de Cloro), este equipo es capaz de realizar las mediciones calibrando para los distintos tipos de Aroclor. Su uso es con un grado de



Figura 2. Resultado positivo de un análisis mediante Clor-N-Oil 50©. Cada ensayo provee una hoja de instrucciones detalladas.

certeza bueno cuando se aplica en muestras que se sabe que se trata de contaminación de PCB, su utilización por lo tanto es recomendable para procesos de tratamiento o remediación.

Los pasos a seguir para asegurar el correcto análisis de detección de PCB con el kit Clor-N-Oil son:

- 1 Remueva el contenido de la caja. Verifique si el contenido está correcto e intacto. Coloque los dos tubos de ensayo en los soportes frontales de la caja.
- 2 Retire la tapa negra del tubo #1. Utilizando la pipeta desechable, transfiera exactamente 5 mL de aceite del transformador (hasta la línea) para el tubo de tapa negra. Cierre bien el tubo.
- 3 Quiebre la ampolla con la marca azul (inferior) comprimiendo los lados del tubo. Agite vigorosamente durante 10 segundos. Quiebre la ampolla gris del tubo #1 y agite bien durante 10 segundos (asegúrese de que la ampolla incolora es la primera a ser quebrada). Espere 50 segundos para que los reactantes reaccionen agitando intermitentemente.
- 4 Remueva las tapas de ambos tubos y transfiera la solución buffer (solución incolora) del tubo #2 (tapa blanca) para



el tubo #1 (tapa negra). Cierre el tubo #1 y agite vigorosamente durante 10 segundos. Ventile el tubo #1 con cuidado (abra la tapa apenas media vuelta) para aliviar la presión dentro del tubo. Agite 10 segundos más y ventile nuevamente el tubo. El aceite ya no debe estar grisáceo. Coloque el tubo #1 bien cerrado con la tapa hacia abajo en una superficie plana y espere 2 minutos para que la solución acuosa se separe de la solución orgánica (aceite). 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.

- 5 Si el aceite se encuentra por encima de la solución acuosa, levantar el tubo #1 (invertido como está) con cuidado y transferir a través de la válvula del tubo #1, 5 mL de la solución acuosa para el tubo #2 (hasta la marca de los 5 mL). Tener cuidado para no introducir ninguna gota de aceite que se encuentra por encima de la solución acuosa. Cierre bien el tubo

#2. Quiebre la ampolla incolora (inferior) del tubo #2 y agite durante 10 segundos. Quiebre la ampolla de color (superior) del tubo #2 y agite durante 10 segundos.

- 6 Observe el color resultante y compare con la tabla de colores. Si la solución tuviera un color púrpura, el aceite contiene menos de 50 ppm de PCB. Si la solución tuviera un color amarillo o incoloro, el aceite podría tener más de 50 ppm de PCB. En seguida, se debe hacer un análisis a través de un método específico (cromatografía gaseosa) para la identificación y cuantificación de PCB.
- 7 Abra la ampolla “ampolla de eliminación” e introdúzcala en el tubo #2. Cierre el tubo, quiebre la ampolla y agite durante 5 segundos. Esta reacción es necesaria para neutralizar el mercurio, de tal forma que se cumple los requisitos del test TCLP (“Toxicity Characteristic Leaching Procedure”) de la EPA (Environmental Protection Agency o Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América).

Análisis cromatográfico de PCB

Para el estudio de PCB, la metodología más aceptada consiste en la separación y purificación por métodos diversos, concentración si es necesario y análisis mediante cromatografía gaseosa capilar con detector de captura de electrones, que provee la especificidad y sensibilidad necesarias para obtener resultados adecuados.

Para la cuantificación se usa metodología del estándar interno o externo, y pueden expresarse como PCB totales discriminando la concentración por tipo de Arocloros (al menos se debe reportar el 1242, 1254 y el 1260).

Es necesario que los laboratorios sean acreditados por el INACAL y hayan obtenido resultados satisfactorios en los ensayos de Interlaboratorios que convoque la DIGESA.

Para la determinación específica de la concentración de contenido de PCB por cromatografía de gases se utilizará las versiones actualizadas de las normas ASTM D4059-00-2005 y ASTM D6160-98; sin perjuicio de los protocolos de muestreo y análisis que pudieran establecer la autoridad competente.

Etiquetado

El etiquetado de los equipos, materiales y desechos con PCB o contaminados con PCB, es vital para el éxito de los inventarios y es un aspecto de seguridad básico de cualquier sistema de Gestión Ambientalmente Racional. Cada contenedor de desechos deberá etiquetarse de manera que sea posible identificarlo (por ejemplo, con un número de identificación), así como los PCB presentes y su grado de peligrosidad. También deberán colocarse todas las etiquetas relativas al transporte que se requiere por las distintas regulaciones conforme al medio de transporte. Las etiquetas modelo para la identi-

cación de equipos eléctricos se aprecian en el punto 3.3.2.

Para el etiquetado de los frascos conteniendo las muestras es importante que lleven consigo aparte del código de la muestra, el Número de Serie del equipo de origen de la muestra. En el caso que no sea posible tener este número, se debe crear un número de identificación del equipo o tomar uno específico que tenga para efectos de la gestión de PCB. La idea es que no haya dudas de confusión y su correspondencia biunívoca con el equipo.

Etiqueta para muestras de aceite dieléctrico	
Código de muestra: _____	
Marca:	_____
N° de Serie:	_____
Fecha:	_____ Hora: _____
Responsable de muestreo:	_____

Modificaciones al inventario

Las modificaciones al inventario deberán ser contabilizadas en función de las operaciones que lleven a tal variación, de tal manera de mantener actualizado el inventario y poder dar parte de la operación que llevó a tal variación y el destino.

Certificación de instalación con concentraciones permitidas de PCB

La certificación de una instalación con concentraciones permitidas de PCB está dada por:

- 1 La instalación no posee PCB al momento de realización del inventario. Se han identificado las posibles fuentes y no ha sido detectada la presencia de PCB, ya sea por información antecedente o bien mediante análisis.
- 2 La instalación ha sido sometida a las operaciones de tratamiento y/o disposi-

ción final y por lo tanto se ha eliminado el PCB hasta valores de concentración por debajo de las permitidas. Estas operaciones deben ser documentadas con los correspondientes certificados de análisis y tratamientos, mediante entidades acreditadas. En este caso deberá

poseer además una certificación del estado ambiental del sitio, mediante una auditoría ambiental realizada por profesionales con antecedentes en la materia o aprobación por parte de la autoridad competente del cumplimiento del Plan de Gestión de PCB.



2 PROCEDIMIENTO 2: MANIPULACIÓN Y TRANSPORTE DE EQUIPOS CON PCB

2.1. Objetivo

Brindar pautas para realizar el retiro de equipos con PCB, con el objeto de gestionar adecuadamente los equipos contaminados durante el almacenamiento temporal dentro de depósitos adecuados, o bien para el transporte fuera de las instalaciones para tratamiento o disposición final.

También se indican las consideraciones a tener en cuenta referidas al transporte, tanto interno como externo.

2.2. 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 (decoloración) 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.

Puede ser aplicado en otros campos de la industria o servicios teniendo en cuenta las características específicas que puedan darse en las distintas actividades.

2.3. Responsabilidades

La empresa deberá definir las responsabilidades en cada operación de manipulación de equipos con PCB o contaminado con PCB, ya sea que se realicen por personal propio o bien contratado con este fin, dentro de sus instalaciones. La empresa es responsable extensivamente 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 al código de transporte de mercaderías peligrosas por carretera de aplicación nacional o internacional⁷⁶.

Las Autoridades competentes tendrán la responsabilidad de registrar y autorizar a las empresas transportistas, choferes, y eventualmente realizar el control de las operaciones que se realicen.

⁷⁶ Art. 4 de la Ley General de Residuos Sólidos LEY No 27314



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

2.4. Almacenamiento de equipos con PCB

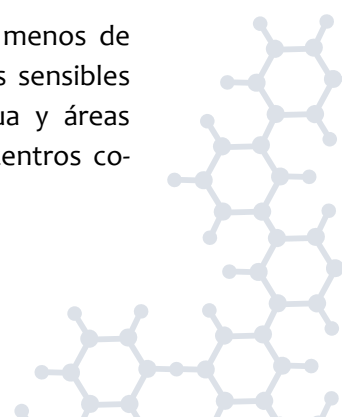
Los equipos con concentraciones de PCB mayores a las permitidas (sea que éstos estén en reserva que son considerados como existencias o en calidad de residuo), deben estar etiquetados y almacenados en un lugar separados del resto de equipos, guardando todos los cuidados que el caso amerita.

Las existencias de PCB sean que estén en operación o almacenados como reserva, deberán estar en buenas condiciones, es decir que no presenten 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 etiquetados de acuerdo a lo especificado en la reglamentación nacional. Se reitera que 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 la Ley de Residuos Sólidos Ley N° 27314 y su Reglamento, adicionalmente a lo siguiente:

- ◆ 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 techo para protegerse de la intemperie.
- ◆ 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.
- ◆ Contar con un sistema de protección contra incendio.
- ◆ 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.
- ◆ Deberá 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 envolvién-

dolos 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 parrillas 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 1. Almacenamiento de capacitores en contenedor. Obsérvese el material absorbente agregado para prevención ante derrames



Figura 2. Cerca de protección móvil en área de almacenamiento de PCB

2.5. Transporte de equipos con PCB

2.5.1. Operaciones preliminares al retiro

Cuando se realiza el retiro de equipos que puedan contener PCB, hay que tener en cuenta varios factores, con la finalidad de controlar riesgos al personal y ambiente relacionados con estas tareas.

- 1 Riesgo eléctrico.
- 2 Riesgos generales de seguridad e higie-

ne 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 des-ener-

gizados 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 3. Sistema para la puesta a tierra y en cortocircuito para transformadores, (www.emdesa.com.ar) y Bloqueo y etiquetado de un interruptor (www.logismarket.com.ar)

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.

2.5.2. Movimiento interno de equipos con PCB

Se entiende como tal todo transporte de equipos con PCB desde la instalación don-

de 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.



Figura 4. Movimiento de residuos de PCB en una instalación

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

2.5.3. 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 cartelería indicativa de contenido de PCB, según lo establecido en la HTD⁷⁶ y en la normativa local, nacional o internacional que se establezca aplicable.

En el figura siguiente se muestra la cartelería (pictogramas) tipo que puede utilizarse para la identificación de equipos y contenedores.

2.5.4. 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 puede deberse a:

- 1 Transporte hacia otra instalación de la empresa, dentro o fuera del sitio, para almacenamiento temporal.
- 2 Transporte hacia otra empresa, para el almacenamiento temporal con fines de

⁷⁶ La Herramienta para la Toma de Decisiones ha sido publicada por el Centro Regional Basilea, Proyecto CRBAS – FMAM/ PNUMA, Mejores Prácticas para el Manejo de PCB en el Sector Minero Sudamericano, Noviembre de 2011. Puede ser consultada en: http://www.inti.gob.ar/pcb/documentos/informesReportesDocumentos/Documentos/HerramientaTomaDecisiones_IndustriaMinera.pdf

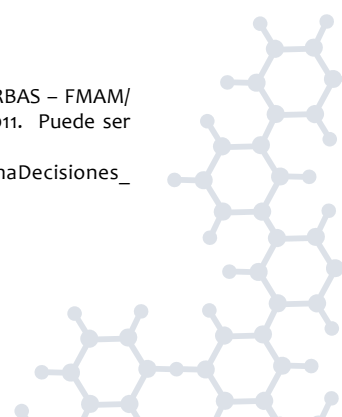




Figura 5. Cartelería utilizada en transporte de PCB⁷⁷

- mantenimiento, acondicionamiento, tratamiento y/o disposición final (eliminación⁷⁸).
- 3 Transporte previo a un movimiento transfronterizo de residuos peligrosos.

En todos los casos se deberá tener en cuenta el reglamento de transporte de materiales y residuos peligrosos vigente en el país.

En el último caso, por tratarse de una mercadería ya preparada para exportación, también se debe prever los requisitos necesarios para transporte marítimo, y 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 desarrollados en esta guía⁷⁹.



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.

2.6. 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.

- 1 Contaminación o riesgo de contaminación de aguas, suelos, alimentos, desagües, aire u otro medio físico o biológico.



⁷⁷ Etiquetado según las Recomendaciones relativas al Transporte de Mercancías Peligrosas: Reglamentación Modelo de las Naciones Unidas.

⁷⁸ Se entiende por eliminación cualquiera de las operaciones especificadas en el anexo IV del Convenio de Basilea. Para más información www.basel.int.

⁷⁹ www.basel.int

2 Incendio de fluido con contenido de PCB.

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

- 1 La determinación de todos los peligros, riesgos y casos de accidente probables;
- 2 La planificación para situaciones de emergencia previstas y las posibles medidas para hacerles frente;
- 3 La capacitación del personal en las actividades necesarias para hacer frente a situaciones de emergencia, tales como ejercicios simulados y primeros auxilios;
- 4 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;
- 5 La notificación a los servicios de extinción de incendios, cuerpo de policía y otros organismos gubernamentales encargados de hacer frente a situaciones de emergencia, acerca de la ubicación de los PCB y las rutas de transporte;
- 6 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;
- 7 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 para hacer frente a situaciones de emergencia;
- 8 La instalación y el mantenimiento de equipos y herramientas para situaciones de emergencia, que contengan ab-

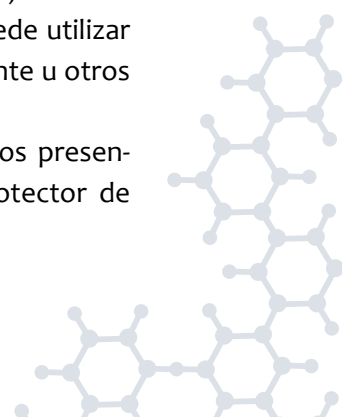
sorbentes, equipos de protección personal, extintores portátiles de incendios y equipos de primeros auxilios;

- 9 La integración de los planes de las instalaciones con los planes regionales, nacionales e internacionales para hacer frente a situaciones de emergencia, si procede;
- 10 La comprobación periódica de los equipos para hacer frente a situaciones de emergencia y revisión del plan para hacer frente a situaciones de emergencia.

Los planes para hacer frente a situaciones de emergencia deben prepararlos conjuntamente grupos interdisciplinarios integrados por personal encargado de hacer frente a situaciones de emergencia, 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 retiro 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:

- 1 Delimitar y aislar con un cerco perimetral la zona e impedir el acceso a toda persona ajena a las tareas.
- 2 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.
- 3 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.

- 4 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).
- 5 Proveer de extintores clase B en cantidad suficiente de acuerdo a la cantidad de fluido que sea transportado.
- 6 Evitar realizar estas operaciones en días de lluvia

2.7. Disposición final de residuos

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

Los EPP de descarte, en aquellos casos que no hayan existido contingencias y los equi-

pos 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 concentración debajo de la permitida, puede ser recomendable la caracterización previa a su eliminación.

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.

2.8. Capacitación del personal

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

- 1 Riesgo Eléctrico.
- 2 Riesgos generales de seguridad e Higiene.
- 3 Manipulación de PCB.
- 4 Respuesta a eventos de contingencias y emergencias.

La instrucción deberá ser brindada en forma previa a las operaciones por profesional higienista o especialista en seguridad debidamente calificado y con conocimiento en la materia.

2.9. Modificaciones al inventario

Cuando se realicen intervenciones a los equipos u ocurra cualquier contingencia o variación en las cantidades, concentraciones, estado o ubicación del equipo o contenedores

con PCB, esto deberá contabilizarse de tal manera de actualizar el inventario.

Tanto las operaciones de retiro como el transporte de PCB modifican las condiciones de tenencia del PCB, y esto debe ser reflejado en la actualización de los inventarios que la empresa posee e informa a las autoridades de aplicación. Con este fin se debe tomar en cuenta el procedimiento Inventario de PCB.



3 PROCEDIMIENTO 3: USO, MANIPULACIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL (ELIMINACIÓN) DE MATERIALES CONTENIENDO PCB

3.1. Objetivo

El objetivo del presente procedimiento consiste en brindar pautas para:

- ◆ Controlar el uso de equipos con PCB, ya que la reglamentación permite que se utilicen hasta el año 2025.
- ◆ Realizar en forma adecuada la manipulación que pueda ser necesaria para el mantenimiento de equipos con contenido de PCB.
- ◆ Realizar en forma ambientalmente racional las actividades de eliminación de PCB en existencias, residuos y sitios contaminados con PCB con una concentración igual o mayor de 50 ppm o 10 $\mu\text{g}/100\text{ cm}^2$ en superficies.

3.2. Alcance

Este procedimiento comprende a todos los equipos que contienen PCB con concentraciones por encima de las permitidas en el ámbito de una empresa y se encuentren instalados en uso, listos para su uso (almacenados o en depósitos especialmente di-

señados para la contención de PCB) o que estén fuera de servicio en instalaciones de la empresa.

Tiene en cuenta la manipulación de existencias y residuos con PCB y las consideraciones que deberán adoptarse para la protección del ambiente y los trabajadores.

Debido a la posible generación de residuos por operaciones de mantenimiento o contingencias, el procedimiento incluye las medidas a adoptar para la eliminación de los mismos.

3.3. Responsabilidades

La empresa deberá definir un responsable de la elaboración y mantenimiento de inventarios con PCB (ver Procedimiento Inventarios) el cual deberá también responsabilizarse por velar con la implementación de las condiciones de uso y la gestión ambientalmente racional de todas las tareas involucradas con la manipulación y disposición de PCB, dentro del ámbito de la instalación.

3.4. Desarrollo

3.4.1. Uso de equipos que contienen PCB

De acuerdo al Convenio de Estocolmo (CE) sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)⁸⁰, es posible mantener en uso equipos que contengan PCB hasta el año 2025 y su eliminación definitiva 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 el éxito de los inventarios y es un aspecto de seguridad básico de cualquier sistema de GAR. Cada contenedor de desechos deberá etiquetarse de manera que sea posible identificarlo (por ejemplo, con un número de identificación), así como la concentración de PCB y su grado de peligrosidad. También deberán colocarse todas las etiquetas relativas al transporte que se requiere por las distintas regulaciones conforme al medio de transporte. Los modelos de etiqueta para identificación de equipos eléctricos se muestran en 3.3.2.

3.4.2. Gestión Ambientalmente Racional de eliminación de PCB

La última etapa del ciclo de vida de las existencias y residuos con PCB es la eliminación, lo que implica eliminar la característica de peligrosidad del aceite dieléctrico o elemento que lo contiene, o su destrucción total por métodos aprobados nacional o internacionalmente.



La empresa, establecimiento o institución deberá incluir en el Plan de Gestión de PCB, las actividades necesarias para la eliminación de PCB sobre la base de los resultados obtenidos en el inventario hasta la fecha y proyectar la culminación de dichas actividades antes de la fecha establecida en la normativa nacional o los plazos señalados por la Autoridad Competente.

La eliminación de PCB requiere de evaluar las alternativas disponibles en el país. En el Perú se cuenta con opciones del retrollado y con dos procedimientos de tratamiento por dechlorinación (en base a sodio metálico y otro a base de cloruro de potasio) esta tecnología puede ser aplicada generalmente a existencias y residuos con una concentración por debajo de 5000 ppm o equipos con más de 5000 ppm que no pueden ser reemplazados. En los casos que no pueden ser tratados localmente existe la opción de exportación para su eliminación mediante incineración de los equipos con PCB puro o con más de 5000 ppm.

⁸⁰ El 2005 mediante Decreto Supremo N° 067-2005-RE, el Perú ratificó el Convenio de Estocolmo.

Independientemente de lo mencionado se requiere que una decisión definitiva debe ser el resultado de un análisis técnico – económico para cada caso teniendo en cuenta lo desarrollado en la guía de manejo de PCB y así seleccionar la mejor opción para la empresa.

Para procesos de tratamiento en el país de debe tener en cuenta la legislación vigente para plantas de tratamiento fijas o móviles de declorinación. Las plantas móviles tienen las ventajas de ser temporalmente instaladas en los sitios donde están las existencias con PCB reduciendo los riesgos de derrames; sin embargo, será necesario contar con el Instrumento de Gestión Ambiental para cada caso (normalmente este permiso deberá ser requerido por el propietario del ambiente donde será instalada la planta de declorinación).

Para los casos de exportación a países con tecnología disponible para eliminación de PCB con altas concentraciones, se debe cumplir con los procedimientos que la DIGESA y el derecho internacional ambiental han establecido para el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos en el marco del Convenio de Basilea.

3.4.3. Proceso para programar y ejecutar la eliminación de PCB

La eliminación de PCB requerirá ser planificada y forma parte del Plan de Gestión de PCB de la empresa y deberá contener las siguientes etapas (después de contar con el inventario de PCB):

- 1 Evaluación técnico-económica de las alternativas de eliminación y selección de la opción más favorables (tratamiento y/o disposición final de PCB)
- 2 Establecimiento de los plazos y controles a seguir
- 3 Preparación de los expedientes técnicos y administrativos para el tratamiento o la eliminación de PCB.
- 4 Descontaminación de las existencias o residuos (posible generación de residuos que no podrán ser descontaminadas)

- 5 Exportación de residuos (si es necesario)
- 6 Obtención de la constancia de eliminación / declorinación de los PCB

Sea que se realice en el país la eliminación de los PCB o se exporten los residuos, hay que tener presente que las operaciones pueden llegar a ser críticas por los riesgos de liberaciones al ambiente y/o de exposición de los trabajadores a estas sustancias por lo que los expedientes técnicos, deberán contemplar, entre otros requisitos que se señale, lo siguiente:

- ◆ Tecnologías que aseguren la eliminación de los PCB con garantía de la experiencia probada en la región, para ello, en los casos de tratamiento o eliminación de PCB con recuperación se deberá asegurar que la declorinación de aceites sea hasta concentraciones que la tecnología lo permita teniendo en cuenta que siempre deberá estar por debajo de los 50 ppm (normalmente la tecnología disponible logra reducción hasta los 2 ppm). En el caso de eliminación ambientalmente racional sin recuperación como es el caso de la incineración de residuos con PCB, deberán considerarse que este proceso se realice con las condiciones tecnológicas que aseguren una eficiencia de la combustión en el caso de líquidos PCB de al menos 99,9%. La empresa que realice el tratamiento a nivel nacional deberá contar con opinión favorable sobre el procedimiento que se utilizará emitido por la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria de acuerdo a lo que especifica el proyecto de Reglamento de PCB. El tratamiento de PCB mediante el proceso de declorinación podrá ser realizado en el lugar donde se encuentran las existencias o residuos para lo cual se deberá contar con un instrumento de gestión ambiental que tenga la aprobación de la Autoridad Competente y que estará vigente por el periodo que dure las actividades de declorinación.
- ◆ Descripción del proceso o procesos que se aplicarán con la finalidad de evaluar la eficiencia.



- ◆ Se deberá tener en cuenta un Programa de Capacitación al Personal.
- ◆ Se deberá presentar un Plan de Contingencias y Emergencias.
- ◆ Se deberá calcular la generación y gestión de residuos.
- ◆ Evaluar la generación de efluentes líquidos y emisiones a la atmósfera.
- ◆ Programa de monitoreo y control.
- ◆ Se deberá especificar que los ensayos y pruebas de validación mediante análisis cromatográfico de muestras descontaminadas es de 90 días después de realizado el retrolenado de equipos (sea éste con aceite nuevo o declorinado). En los casos de aceite sometido a declorinación se analizará una muestra cada batch de aceite declorinado.

3.4.4. Prevención de pérdidas y derrames

Para la prevención de pérdidas y derrames, el poseedor deberá implementar el Plan de Contingencias que contemplará:

- 1 Verificar en forma periódica y documentar, en forma visual el estado de cada

equipo. En particular deberá 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 que se observe sólo mancha de aceite, juntas resacas sin evidencia de pérdida, se dejará constancia y se verificará en la próxima inspección el avance de dicho problema. En caso que se observe aceite libre, goteo del mismo fuera del equipo, o cualquier otra pérdida no controlada, se deberá proceder a la coordinación de una operación de mantenimiento que resuelva la pérdida.

- 2 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.
- 3 Proveer de material absorbente y elementos de contención de derrames de volumen suficiente.

- 4 Colocar los equipos sobre bateas o bandejas de contención con capacidad suficiente, de tal forma de recolectar los líquidos que puedan derramarse.
 - 5 En aquellos equipos instalados en interiores o lugares de escasa ventilación, se recomienda realizar controles ambientales laborales, según normativa de referencia, (norma NIOSH⁸¹ 5503 o equivalente). 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.
 - 6 Equipos de Protección Personal, que deberán ser provistos al personal que realice operaciones que involucren PCB, de acuerdo a lo recomendado en el presente documento.
 - 7 Capacitar al personal, de acuerdo a los riesgos que se vea expuesto en la manipulación de PCB. Asimismo, se deberán tener en cuenta otros riesgos asociados, como el eléctrico, riesgos generales de seguridad e higiene, plan de emergencias y contingencias.
- 3 No se debe permitir en ningún caso que el personal fume en el área donde se esté manipulando material con PCB.
 - 4 En caso de derrame de PCB, debe contenerse con materiales absorbentes, que serán depositados en barriles de acero para su posterior eliminación autorizada. El personal encargado de derrames deberá 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.

3.5. Precauciones generales para el manejo de equipos contaminados con PCB

Se deben tomar las siguientes precauciones en la manipulación de líquidos y materiales contaminados con PCB:

- 1 Verificar que el área de trabajo tenga buena ventilación, si esto no es así especialmente en casos de subestaciones de caseta o subterráneas se deberá utilizar ventiladores portátiles que serán instalados a nivel del piso.
- 2 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).

3.5.1. 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

⁸¹ National Institute for Occupational Safety and Health (Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional) de los Estados Unidos.

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.

3.5.2. 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.

Derrames mayores de los aceites dieléctricos son menos frecuentes 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 deberá 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, deberá notificarse al jefe superior u otro responsable de las instalaciones.
- ◆ En caso que el PCB alcance una corriente de agua, canalización, o algún área inaccesible, el primer empleado que llegue al área del derrame deberá 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 deberán 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 utilizará con precaución para evitar la contaminación de otros equipos, vehículos, etc., en el área del derrame.

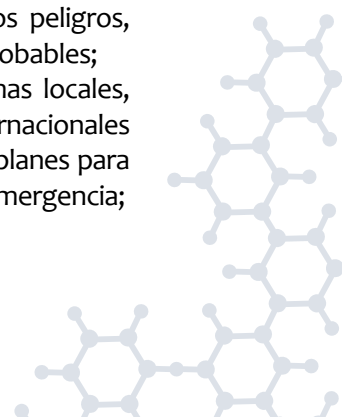
3.6. Plan de emergencias y contingencias

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:

- 1 La determinación de todos los peligros, riesgos y casos de accidente probables;
- 2 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;



- 3 La planificación para situaciones de emergencia previstas y las posibles medidas para hacerles frente;
- 4 La actualización del inventario físico del almacén o ambiente donde se tengan existencias o residuos con PCB;
- 5 La capacitación del personal en las actividades necesarias para hacer frente a situaciones de emergencia, tales como ejercicios simulados y primeros auxilios;
- 6 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;
- 7 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;
- 8 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;
- 9 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;
- 10 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;
- 11 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;
- 12 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.

- 1 Cercar la zona e impedir el acceso a toda persona ajena a las tareas.
- 2 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.
- 3 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.
- 4 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).
- 5 Proveer de extintores clase B en cantidad suficiente de acuerdo a la cantidad de fluido que sea transportado.
- 6 Evitar realizar estas operaciones en días de lluvia.

3.6.1. Elementos de intervención ante derrames y/o incendios

La empresa deberá contar con los siguientes elementos para el manejo de contingencias:

- 1 Baldes de 10 a 20 litros.
- 2 Trapos y/o esponjas para absorción.
- 3 Material absorbente mineral.
- 4 Tambores o contenedores con tapa hermética para acumular los residuos sólidos que sean generados.
- 5 Tambores o contenedores para acumular residuos líquidos recolectados.
- 6 Equipo de protección para los trabajadores,
- 7 Extintores manuales clase BC o ABC en cantidad suficiente de acuerdo al riesgo que se establezca en las instalaciones u operaciones que sean realizadas.

3.6.2. 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 3.5.2.2 de la Guía):

- 1 Traje Tyvek
- 2 Guantes dieléctricos, de acuerdo al voltaje presente en la subestación
- 3 Anteojos de seguridad
- 4 Guantes de nitrilo, preferentemente descartables.
- 5 Máscara
- 6 Casco
- 7 Zapatos de seguridad, preferentemente dieléctricos.

3.6.3. 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 (líquidos, 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.

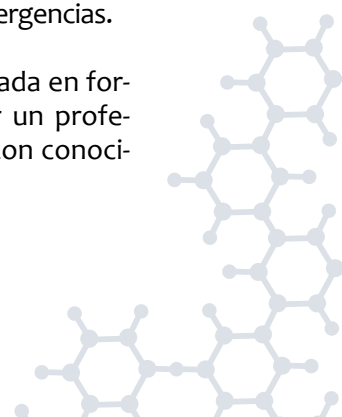
Los residuos deberán ser eliminados mediante las operaciones de eliminación adecuadas según la concentración de PCB y matrices que se encuentren y tecnologías disponibles.

3.7. Capacitación del personal

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

- 1 Riesgo Eléctrico.
- 2 Riesgos generales de seguridad e higiene.
- 3 Manipulación de PCB.
- 4 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.



4 PROCEDIMIENTO 4: REVISIÓN Y CONTROL DE EQUIPOS E INSTALACIONES CONTENIENDO PCB

4.1. Objetivo

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

4.2. 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.

4.3. Responsabilidades

Los responsables por parte de la empresa deberán estar fijados con precisión en el Plan de Gestión de PCB incluyendo a los responsables del mantenimiento y actualiza-

ción de inventarios de PCB como al personal técnico de operaciones que velarán por el mantenimiento y operación de los equipos. En todo caso se deberá 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 informará sobre las condiciones y las posibles acciones preventivas o correctivas que deberán tomarse.

4.4. Desarrollo

4.4.1. Programa de revisión de pérdidas

Las empresas que posean existencias y residuos con PCB con concentraciones mayores a las permitidas, deberán 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 deberá ser acorde a:

- ◆ La cantidad de equipos que posea la empresa.
- ◆ 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 deberán ser evaluados con la finalidad de reducir el riesgo (por ejemplo, realizado su traslado a lugares seguros o menos riesgosos en tanto se ejecuta el Plan de Gestión de PCB).

4.4.2. Revisión de instalaciones que contienen PCB

Controles a realizar o implementar:

- 1 Eliminar la presencia de aceite libre en suelos o bateas (bandejas) de contención.
- 2 Eliminar la presencia de aceite impregnado en suelo o material poroso.
- 3 Eliminar pérdidas visibles de aceite en juntas de tapa, visores o aisladores.
- 4 Evitar pérdida o goteo o indicios de pérdidas en válvulas.
- 5 Asegurarse la pérdida en otra parte de los equipos, no contemplada expresamente.
- 6 Verificar si hay disminución de nivel de aceite en visores.
- 7 Verificar el resecamiento de juntas sin pérdida visible.



- 8 Buen estado de la cartelería indicativa o señalización, de acuerdo a las recomendaciones del procedimiento de Inventario.
- 9 Acceso restringido a las instalaciones, ya sea por encontrarse el equipo en uso o bien en depósito aislado de PCB.
- 10 Estanqueidad de las bateas de contención de equipos fuera de uso.
- 11 Elementos en buen estado para el control de derrames imprevistos.
- 12 Elementos de lucha contra incendios en buen estado y debidamente actualizados.
- 13 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 deberá

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 deberá 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 1. Imágenes de 3 subestaciones; obsérvese que los transformadores del centro y derecha presentan pérdidas y manchas de aceite tanto en equipos como en la instalación

4.4.3. Verificación de elementos de lucha contra incendios y control de derrames

Como se indica en este documento, se deberá 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.

4.4.4. Revisión de inventarios de PCB e informe a la Autoridad

Una vez realizado el control se deberá cotejar contra el inventario de PCB existente. Cualquier diferencia entre el inventario y la revisión de control deberá ser justificada e informada a la Autoridad, modificando en consecuencia los inventarios de PCB tal como se establece en el proyecto del Reglamento de PCB.

5 PROCEDIMIENTO 5: ADQUISICIÓN DE MATERIAL Y EQUIPOS LIBRE DE PCB

5.1. Objetivo

Establecer pautas que asegure que la empresa se equipe y adquiera equipos libres de PCB.

5.2. Alcance

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

5.3. Responsabilidades

Los responsables por parte de la empresa para este caso son los técnicos encargados de elaborar los Términos de Referencia para adquisición de equipos que podrían contener PCB y los encargados de los procedimientos y procesos de logística.

5.4. Desarrollo

Si bien es cierto, los Bifenilos Policlorados (PCB) son sustancias que no se producen desde 1979 aproximadamente 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 las empresas cuenten 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 para la empresa 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 trabaja-



dores 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”.

5.5. Equipos que pueden contener PCB

A continuación, en la tabla se muestra una relación de equipos 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 o mantenimiento sea contaminado con PCB que finalmente llegue a la empresa como producto de un proceso de compra o adquisición de un servicio.

5.6. Riesgos de Contaminación con PCB

Los equipos deben ser etiquetados y vendidos como “libres de PCB” (antes de la entre-

ga al cliente o después de realizado el servicio de mantenimiento).

5.6.1. Contaminación de herramientas y equipos de mantenimiento

Una de las formas de contaminar equipos libres de PCB es mediante la utilización de instrumentos que han sido expuestos a otros equipos que se encuentran contaminados con PCB.

Al hacer uso del mismo equipamiento para rellenar aceites durante la fabricación del transformador que anteriormente fue utilizado en otros equipos, o en las actividades de mantenimiento de los transformadores, en el que las posibilidades de manipular PCB aumentan significativamente por el uso inadecuado de elementos para el mantenimiento (mangueras, filtros, etc.), pueden estar ocasionando la contaminación cruzada de los equipos y en consecuencia la dispersión de los PCB.

Tabla N° 1: Relación de equipos y materiales que se fabricaron con PCB

Equipo	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.

Aunque en la actualidad no se utiliza PCB como aceite dieléctrico en la fabricación y comercialización de transformadores y condensadores (los PCB dejaron de sintetizarse en la década del 80) 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 se obtienen mediante la compra-venta de los aparatos 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).

Esto ocasiona 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; como se puede presentar durante la transferencia de aceite dieléctrico (ver siguiente figura) o derrame de aceite dieléctrico durante práctica inadecuadas de desmontaje de subestaciones como se muestra en la siguiente figura.



(Fuente: UTE Uruguay, Medio Ambiente)

Figura 2. Mantenimiento de transformadores



(Fuente: El Diario16 de diciembre de 2011, Buenos Aires)

Figura 1. Derrame de PCB

5.7. 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 éstos están libres de contener PCB.

5.8. Verificación al ingreso de equipos al país

Todo equipo o material tales como:

- ◆ Transformadores
- ◆ Condensadores
- ◆ Aceite dieléctrico
- ◆ Líquido Hidráulico
- ◆ Herramientas

Deben contar con certificado “Libre de PCB” en caso que no contara con dicho certificado se realizarán pruebas de descarte de PCB, utilizando los procedimientos detallados en la presente guía (descarte o cromatografía de gases), antes de ingresar al país. En caso de encontrar equipos contaminados con PCB se tomarán las acciones y precauciones necesarias, minimizando los riesgos de contaminación mayores y perjuicio a la salud y bienestar público.



NO CONTENIDO DE PCB

5.9. Procedimientos de identificación de PCB

Elaborar un registro de los equipos o materiales que han sido evaluados siguiendo las pautas para descarte de PCB, obteniendo el número exacto de equipos contaminados que intentan ingresar al país; así como los que no lo están.

5.10. Medidas para evitar la contaminación de PCB durante procesos de adquisición de equipos en el mercado nacional

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

- 1 Incorporar en los términos de referencia la obligación del vendedor o empresa de servicio a presentar un certificado de “libre de PCB” en los casos que la transacción incluya equipos que puedan utilizar PCB.
- 2 Incluir en el protocolo de pruebas de recepción de adquisiciones el certificado de “libre de PCB” en los casos que la transacción incluya equipos que puedan utilizar PCB.

Cuando se entregue un equipo a cualquier empresa de servicio, éste debe ir acompañado del certificado de “libre de PCB”

6 PROCEDIMIENTO 6: PROCEDIMIENTO DE MANEJO DE PCB DURANTE EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

6.1. Objetivo

Analizar los riesgos que representan el mantenimiento de equipos contaminados con Bifenilos Policlorados (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. Luego se realiza una identificación y evaluación de los riesgos de contaminación por cada actividad y cómo éstas influyen en el medio físico, biológico y socioeconómico; para luego finalmente poder definir las medidas de control y procedimientos de manejo ambiental adecuados a cumplir en el mantenimiento de equipos con PCB.

6.2. Alcance

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

6.3. Responsabilidades

Los responsables por parte de la empresa para este caso son los técnicos encargados de la operación y mantenimiento de equipos con PCB.

6.4. 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.

6.4.1. Principales partes del transformador

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

- 1 Indicador del nivel de aceite: permite observar desde el exterior el nivel de aceite del transformador.
- 2 Depósito de expansión: sirve de cámara de expansión del aceite, ante las variaciones de volumen que sufre ésta debido a la temperatura.
- 3 Pasa-tapas de entrada o bujes: conectan el bobinado primario del transformador con la red eléctrica de entrada a la estación o subestación transformadora.
- 4 Pasa-tapas de salida: conectan el bobinado secundario del transformador con la red eléctrica de salida a la estación o subestación transformadora.
- 5 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.
- 6 Grifo de llenado: permite introducir líquido refrigerante en la cuba del transformador.
- 7 Radiadores de refrigeración: su misión es disipar el calor que se pueda producir en las carcasas del transformador y evitar así que el aceite se caliente en exceso.
- 8 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.
- 9 Cuba: es un depósito que contiene el líquido refrigerante (aceite) y en el cual se sumergen los bobinados y el núcleo metálico del transformador.
- 10 Desecador: su misión es secar el aire que entra en el transformador como consecuencia de la disminución del nivel de aceite.
- 11 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.
- 12 Termostato: mide la temperatura interna del transformador y emite alarmas en caso de que esta no sea la normal.



Figura 1. Partes del transformador⁸²

⁸² <http://transelec.blogspot.com/2011/05/transformador-electromagnetico.html>



6.4.2. 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.

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, éste 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

Como se sabe, 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, 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 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.

vo 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:

- 1 Falla de la estructura central
- 2 Falla en el mecanismo de ajuste del núcleo
- 3 Cambios en la frecuencia de la fuente de corriente (produce resonancia de la caja y de los radiadores)
- 4 Piezas de anclaje aflojados
- 5 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

ó 5 horas, manteniendo la temperatura del secado entre 100 y 140 °C.

6.4.3. Periodicidad de las inspecciones

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

6.4.4. 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

Tabla N° 1: 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
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	

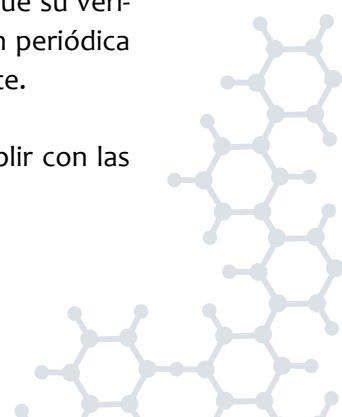
mano de los propietarios. Las principales actividades que se realizan en estos casos, son:

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.

6.4.5. 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 $0,3 \text{ kg/cm}^2$), 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 Potencia - ABB⁸³ 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.

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.

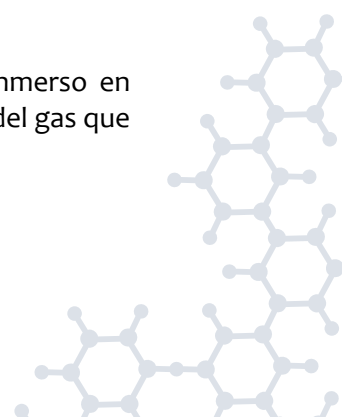
El flotador inferior, que es para la segunda fase, cierra los contactos y hace funcionar el dispositivo de alarma, o dispara el interruptor del circuito cuando se origina un arco en el interior del transformador y se produce súbitamente gas y vapor de aceite, forzando el movimiento del aceite. También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

⁸³ www05.abb.com/.../1zcl00002eg-es_manual%20del%20usuario.pdf



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 DESCONEJON 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 DESCONEXION 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 deben chequearse los siguientes puntos:

- ◆ ¿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.

6.4.6. Identificación y evaluación de riesgos y medidas de control y manejo ambiental en actividades de operación

6.4.6.1 Evaluación de riesgos

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

Tabla N° 2: Resumen de riesgos de la operación de equipos con PCB

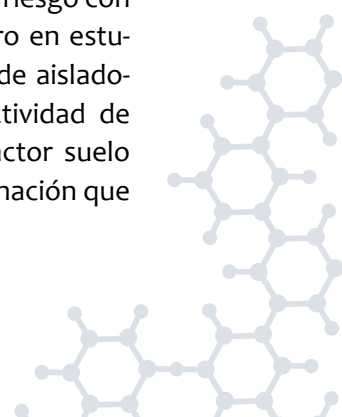
Factor	Riesgo
Suelo	Contaminación de suelos, contaminación de aguas superficiales y subterráneas con PCB Contaminación de trabajadores y población en general
Aire	Incendio, liberación de dioxinas y furanos
Agua	Contaminación de flora, fauna t población
Salud y seguridad	Contaminación de la población 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 del sílica gel, que implica la posibilidad de derrame del líquido.

Aire

El riesgo en 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.

Calidad de agua

Los riesgos en la calidad del agua presentan 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 aún cuando se trata de contaminación de aguas subterráneas donde resulta más difícil el seguimiento y el impacto es impredecible.

Lo anteriormente mencionado hace que este riesgo sea mayor con una severidad para las actividades de operación del equipo y la limpieza de los aisladores. Las actividades que incrementen la temperatura de los transformadores, toma de aceite dieléctrico y el mantenimiento del sílica gel aunque represente menor riesgo no deja de ser grave; 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 constituye un riesgo para la salud, así como de la sociedad 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 puede ser alto, 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.

6.4.7. Medidas de control y manejo ambiental

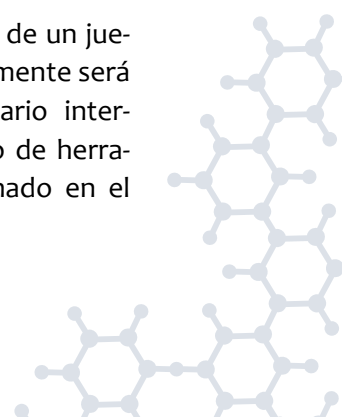
1. Los equipos que contengan una concentración mayor de 50 ppm de PCB y

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.

2. La empresa 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 PCB.

3. La empresa 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.
4. Los trabajadores, antes de intervenir un equipo para mantenimiento o maniobras deberá utilizar los EPP que se indican en este documento obligatoriamente, un incumplimiento de esta disposición es considerada falta grave y será sancionada de acuerdo al Reglamento Interno de la empresa.
 5. 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.
 6. Durante las actividades de limpieza de los bujes, se deberá utilizar fluidos y accesorios que deberán ser dispuestos adecuadamente de acuerdo a lo recomendado por la Herramienta de Toma de Decisiones (DTH).
 7. 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).
 8. 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.

9. Después de las actividades de mantenimiento o maniobra de campo, se deberá asegurar la limpieza de todo líquido derramado con paños, papel o absorbentes.
10. Se deberá aplicar el triple enjuague de las superficies contaminadas con un disolvente como keroseno para eliminar todo PCB residual.
11. 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.

6.4.8 Identificación y evaluación de riesgos y medidas de control y manejo ambiental en actividades de mantenimiento

6.4.8.1. Evaluación de riesgos

Las empresas que utilizan equipos como transformadores no realizan las reparaciones en sus propios talleres, cuando éstos 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

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



accidentes ambientales, contaminación cruzada y principalmente la salud de los trabajadores en relación a contaminación por PCB.

En este análisis se ha 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 en 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 puede ser mayor a 50 ppm o menor a este valor; sin embargo, se destaca la involuntaria liberación de PCB 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 bioacumula en éstos.

El riesgo de contaminación en este caso es alta 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.

6.4.8.2. Medidas de control y manejo ambiental

1. 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 (igual o similar al Clor-N-Oil de 50 ppm y preferiblemente de 20 ppm) o el análisis químico con medición electrométrica (igual o similar al Analyzer L2000 DX).

2. 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.
3. 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 PCB⁸⁴.
 - ◆ Los trabajos deberán ser realizados con herramientas bandejas y equipos específicos para PCB, es decir, que la empresa 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.
4. La zona de reparación de equipos con PCB deberán 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.
5. Se debe contar con un kit completo de control de derrames, incendios y emergencias médicas.
6. Contar con un Plan de Contingencias específico para accidentes con sustancias y materiales con PCB.
7. 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.
8. 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.
9. Después de las actividades de mantenimiento o maniobra de campo, se deberá asegurar la limpieza de todo líquido derramado con paños, papel o absorbentes.
10. Se deberá aplicar el triple enjuague de las superficies contaminadas con un disolvente como keroseno para eliminar todo PCB residual.
11. 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.

⁸⁴ La Empresa deberá disponer de un almacén debidamente acondicionado para equipos y elementos contaminados con PCB con concentraciones iguales o mayores de 50 ppm.

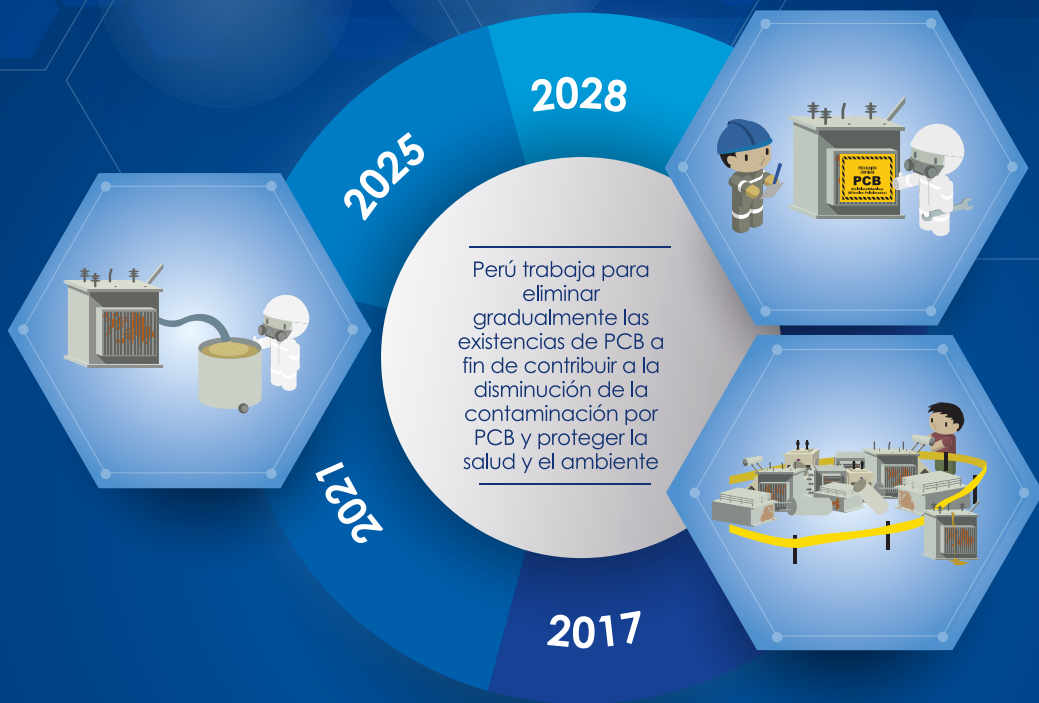
BIBLIOGRAFÍA

- 1 Actualización de las directrices técnicas para el manejo ambientalmente racional de los desechos consistentes en bifenilos policlorados (PCB), terfenilos policlorados (PCT) ó bifenilos polibromados (PBB), que los contengan o estén contaminados con ellos. PNUMA 2006
- 2 Appendix E. Toxicity Profile for Polychlorinated Biphenyls. Risk Assessment. 2002. http://www.michigan.gov/documents/deq/deq-rrd-KzooRiv-HHRA-052703Section4_312473_7.pdf
- 3 A Review of selected Persistent Organic Pollutant. L. Ritter, K.R. Solomon, J. Forget. Canadian Network of Toxicology Centres. IPCS-IOMC. 1995
- 4 A Risk-Management STRATEGY for PCB-Contaminated Sediments. Committee on Remediation of PCB-Contaminated Sediments. Board on Environmental Studies and Toxicology. Division on Life and Earth Studies. National Research Council. NATIONAL ACADEMY PRESS. Washington, D.C. 2001
- 5 Aroclor and Other PCB Mixtures. EPA. <http://www.epa.gov/osw/hazard/tsd/pubs/pubs/aroclor.htm>
- 6 Binghamton: Home of the Biggest Indoor Environmental Disaster <http://wnbf.com/binghamton-biggest-indoor-environmental-disaster>
- 7 Case Studies in Environmental Medicine. Polychlorinated Biphenyls (PCBs) Toxicity. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2014
- 8 Clinical features and treatments of Yusho. Y. Nakanishi. Yusho Book
- 9 Clinical features and treatments of Yusho. T. Yoshimura. Yusho Book
- 10 Concise International Chemical Assessment Document 55. Polychlorinated Biphenyls: Human and health aspects. IPCS INCHEM. 2003
- 11 Conociendo a los Bifenilos Policlorados. M'Biguá, Ciudadanía y Justicia Ambiental. 2006
- 12 Contamination of an office Building in Binghamton, New York by PCBs, Dioxins, furans and Biphenylenes after an electrical panel and electrical transformer incident. Arnold Schecter, M.D. Chemosphere, Vol. 12, N° 4/5, pp 669-680. 1983.
- 13 Dietary exposure to polychlorinated biphenyls and dioxins from infancy until adulthood: A comparison between breast-feeding, toddler, and long-term exposure. Patandin S, Dagnelie PC, Mulder PG, Op de Coul E, van der Veen JE, Weisglas-Kuperus N, Sauer PJ. Environ Health Perspect. 1999 Jan; 107(1):45-51.
- 14 Efectos de la exposición a los PCB en la función neuropsicológica en niños. Schantz SL, Widholm JJ, Rice DC. Departamento de Veterinaria Ciencias Biológicas, Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de Illinois en

- Urbana-Champaign, EE.UU. PubMed - indexado para MEDLINE
- 15 Efectos de la exposición ambiental a los bifenilos policlorados y dioxinas en el tamaño al nacer y el crecimiento de los niños holandeses. Patandin S, Koopman-Esseboom C, de Ridder, Weisglas-Kuperus N, Sauer PJ. Departamento de Pediatría del Hospital de la Universidad Erasmus y el Hospital Universitario / Sophia infantil, Rotterdam, Países Bajos. *Pediatr Res.* 1998 Oct; 44 (4): 538-45
 - 16 Effects of Environmental Exposure to Polychlorinated Biphenyls and Dioxins on growth and development in young children. Svati Patandin. 1999
 - 17 Eliminación de PCB de los lugares de trabajo. Estefanía Blount. Dolores Romano. *Revista de Salud laboral del CCOO* N° 20. Abril 2003 *Environmentally Sound Management of PCB.* ETI/UNEP Handouts.
 - 18 Factsheet PCB in Open applications: Residential and Public Buildings. UNEP-POPS-PCB-REP. PCBs Elimination Network (PEN) 2028
 - 19 Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Ficha Temáticas - Tomo II. Javier Martínez et al. Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe. Uruguay 2005
 - 20 Guidelines for the identification of PCBs and materials containing PCBs. UNEP Chemicals, IOMC (1999)
 - 21 Hoja de datos para escuelas: puede haber masilla que contenga PCB en escuelas y edificios antiguos. EPA. <http://www.epa.gov/pcbsincaulk/caulkschools1-sp.pdf>
 - 22 IPCS/WHO, EHC 140(1993)
 - 23 Introduction: PCB Properties, Uses, Occurrence and Regulatory History. PCBs: Recent Advances in environmental Toxicology and health Effects. Mitchell D. Erickson. University Press of Kentucky. 2001. Edited by Larry w. Robertson, Larry G. Hansen
 - 24 Investigation of the cause of the “Strange Disease”. M. Kuratsume. Yusho Book.
 - 25 La contaminación ambiental con Bifenilos Policlorados y su impacto en salud pública. Susana Isabel García.
 - 26 Manual de Manejo de PCBs para Colombia, Proyecto CERI-ACDI-COLOMBIA, julio 1999.
 - 27 Mantenimiento de los transformadores de potencia. Ensayos de campo. Andrés Taberero García Director de Proyectos Unitronics, S.A. andres@unitronics.es www.unitronics.es.
 - 28 Mantenimiento Proactivo de Transformadores. Esteban Lantos Laboratorio Dr. Lantos Echevarría 3584 1430 Buenos Aires Argentina,
 - 29 Mantenimiento de Transformadores de Potencia MT/MT Pto. Ing. Ruben Marón Ing. Marcelo Mula Ing. Juan Pertusso, URUMAN 2008, Montevideo, Uruguay.
 - 30 Manual del Usuario Operación y Mantenimiento de Transformadores de Potencia – ABB, 2007.
 - 31 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. UNEP. Convenio de Basilea.
 - 32 Manual de Chile sobre el manejo de Bifenilos Policlorados (PCBs; Askareles). CONAMA - PNUMA
 - 33 Penile density and globally used chemicals in Canadian and Greenland polar bears. Christian Sonnea, Markus Dyckb, Frank F. Rigéta, Jens-Erik Beck Jensenc, Lars Hyldstrupc, Robert J. Letcherd, Kim Gustavsona, M. Thomas P. Gilberte, Rune Dietza. *ELSERVIER. Environmental Research.* Volume 137, February 2015, Pages 287–291

- 34 Polychlorinated biphenyls and terphenyls (EHC 2, 1976)
- 35 Polychlorinated Biphenyls (PCBs) Toxicity. <http://www.atsdr.cdc.gov/csem/csem.asp?csem=30&po=10>
- 36 Polychlorinated biphenyls (PCBs). North American Regional Action Plan (NARAP). Commission for Environmental Cooperation of North America
- 37 Preparación de un plan nacional de manejo ambientalmente adecuado de los Bifenilos Policlorados (PCB) y de equipos contaminados con PCB. Convenio de Basilea. Manual de Capacitación. Serie del Convenio de Basilea No 2003/01
- 38 Prevención de la exposición a los PCB presentes en el material de la masilla EPA-747-F-09-005. 2009
- 39 Regional Capacity Building Workshop. Urs Wagner. Panamá, Febrero 15 – 18, 2011
- 40 The Environment in the news. Thursday, 19 August 2004. United Nations Environment Programme. www.unep.org/cpi/briefs/brief19aug04.doc. Y <http://www.ambiente.gov.ar/?IdArticulo=353>
- 41 The effects of toxic oil in developing humans in Asia. Yueliang Leon Guo, Chen-chin Hsu. Yucheng and Yusho: Departments of Environmental and Occupational Health, National Chung Kung University Medical College, Tainan, Taiwan
- 42 The relation of environmental contaminants exposure to behavioral indicators in Inuit preschoolers in Arctic Quebec. P. Plusquellec, G. Mucklea, E. Dewail-
ya, P. Ayottea, G. Bégin, C. Desrosiersa, C. Després, D. Saint-Amour, K. Poitras. *NeuroToxicology*. Volume 31, Issue 1, January 2010, Pages 17–25
- 43 ToxFAQs™ - Bifenilos Policlorados (BPCs) [Polychlorinated Biphenyls (PCBs)]. http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts17.html
- 44 Toxicity of PCBs, PCDFs and related compounds. M. Nishizumi. Yusho Book
- 45 Toxicological Profile for Polychlorinated Biphenyls (PCBs). U.S. Department Of Health And Human Services. Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry. November 2000
- 46 Towards a global historical emission inventory for selected OPCB congeners -A mass balance approach: 3 An update. Breivik, K. et al., *Science of the Total Environment*, 2007.
- 47 Transformadores y Condensadores con PCB. Desde la Gestión Hasta la Reclasificación y Eliminación. PNUMA Productos Químicos. Mayo 2002
- 48 <http://www.ultimahora.com/sufrimos-el-mas-grave-accidente-hidroelectrico-que-ande-oculto-n274192.html>. 15.03.16
- 49 <http://www.abc.com.py/edicion-impresa/economia/salud-reporta-133-casos-de-posibles-intoxicados-tras-incendio-en-ande-1419767.html>. 23.10.15
- 50 <http://www.sen.gov.py/noticia/806-incendio-en-subestatica-ande-comunicaciones-a-ser-ejecutadas.html#.Vu-hvslXhC1s>. 15.03.16





PERÚ

Ministerio de Salud

Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria

www.proyectopcb.com
coordinacionpcb@proyecto.com