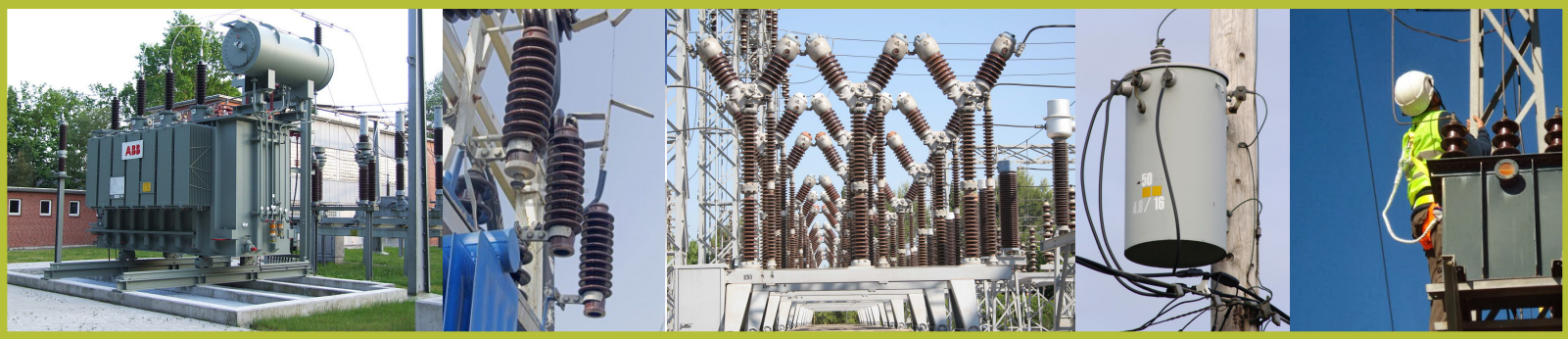
SECRETARÍA DE RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE (SERNA)
CENTRO DE ESTUDIOS Y CONTROL DE CONTAMINANTES (CESCCO)
PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD)
FONDO PARA EL MEDIO AMBIENTE MUNDIAL (GEF)



Proyecto 00075733:
"Fortalecimiento de las Capacidades Nacionales para la gestión y Reducción de las Liberaciones de Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) en Honduras"

"MANUAL DE MEJORES PRÁCTICAS AMBIENTALES PARA LA GESTION AMBIENTALMENTE RACIONAL DE LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS CON PCBs."

SERNA
cESCCo
gef
PNI-HONDURAS COPs Contaminantes Orgánicos Persistentes

SECRETARÍA DE RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE (SERNA)
CENTRO DE ESTUDIOS Y CONTROL DE CONTAMINANTES (CESCCO)
PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD)
FONDO PARA EL MEDIO AMBIENTE MUNDIAL (GEF)

Proyecto 00075733:
"Fortalecimiento de las Capacidades Nacionales para la gestión y Reducción de las Liberaciones de Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) en Honduras"

"MANUAL DE MEJORES PRÁCTICAS AMBIENTALES PARA LA GESTION AMBIENTALMENTE RACIONAL DE LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS CON PCBs."

Este documento fue elaborado bajo supervisión de la
Unidad de Medio Ambiente y Gestión de Riesgo del PNUD Honduras.
Juan Ferrando

y del Centro de Estudios y Control de Contaminantes (CESCCO)
Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA)
Víctor M. Meléndez Colindres

"Las denominaciones empleadas y la presentación del material que aparecen en este documento no implican la expresión de opinión alguna por parte de la Secretaría de las Naciones Unidas o del PNUD sobre la condición jurídica de ningún país, territorio, ciudad o área o sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. "

"Las opiniones expresadas en esta publicación son las de los autores y no representan necesariamente las de las Naciones Unidas, incluido el PNUD, o los Estados miembros de la ONU."

Proyecto (00075733):
Fortalecimiento de las Capacidades Nacionales para la Gestión y Reducción de Contaminantes Orgánicos Persistentes COPS en Honduras

Unidad Coordinadora de Proyecto
Sara G. Ávila Rodríguez
Pablo R. Rodríguez Rubio
Mirtha L. Ferrary Betancourt
Vivian M. Cárdenas Hernández
Daniel F. Gächter
Marcia C. Suazo Hernández
Rina M. Ramos Aguilar
Nolvia M. Velásquez García

Centro de Estudios y Control de Contaminantes de la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (CESCCO/SERNA)
Ana G. Ramírez Salgado

Consultores temáticos
Marcela Matamoros
Pablo Rodríguez Rubio

Grupo de Trabajo y editor
Mario Lanza de la División de Ingeniería de la ENEE
Kirby Arguijo de la Unidad de Prevención de Riesgos de la ENEE
Christian Andino de la Unidad de Estudios Ambientales de la ENEE
Héctor Hugo Lagos de la Unidad de Estudios Ambientales de la ENEE
Lourdes Retes de la Unidad Ejecutora del Proyecto PROMEF-Banco Mundial/ ENEE

Contenido

SIGLAS Y ABREVIATURAS i
GLOSARIO ii
INTRODUCCIÓN 1
ALCANCE 1
PROPÓSITO 2
FUENTES DE INFORMACIÓN 2
ESTRUCTURA 3
I . ANTECEDENTES 3
Marco Legal 4
I I . GENERALIDADES DE LOS PCBs 5
2.1 Fabricación y Uso 5
2.2 Propiedades Físico Químicas 6
2.2.1 Propiedades Físicas 7
2.2.2 Propiedades Químicas 7
2.3 Residuos de PCBs 8
2.4 Efectos a la Salud 9
2.4.1 Fuentes de Liberación 9
2.4.2 Vías de exposición a los PCBs 9
2.4.3 Efectos 10
2.5 Efectos al Ambiente 11
I I I . USO DE LOS PCBS EN LA TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA 14
3.1 Introducción 14
3.2 Transformadores eléctricos 14
3.3 Uso de PCBs en los Equipos 16

IV. GESTION DE LOS EQUIPOS ASCAREL O CON PCBs 17
4.1 Adquisición de equipos eléctricos 17
4.2 Identificación de Equipos Ascarel o con PCBs 17
4.2.1 Generación de un Inventario 17
4.2.2 Identificación de PCBs según la placa del equipo 18
4.2.3 Muestreo de aceites 19
4.3 Operación 24
4.4 Mantenimiento 25
4.4.1 Análisis de contenido de PCBs 25
4.4.2 Prácticas asociadas al manejo de los equipos según su concentración de PCBs en sus aceites 25
4.4.3 Prácticas durante el mantenimiento de equipos con PCBs 26
4.4.4 Retrolavado 27
4.4.5 Descontaminación de los equipos 28
4.5 Almacenamiento 28
4.6 Transporte 30

4.6.1 Embalaje/envasado de residuos con PCBs 30
4.6.2 Embalaje/envasado para fines de disposición final 31
4.6.3 Etiquetado 32
4.7 Disposición Final 33
4.8 Salud y Seguridad Ocupacional 34
4.8.1 Prevención de Riesgos 34
4.8.2 Valores de Referencia (umbrales) 35
4.8.3 Equipo de Protección Personal (EPP) 35
4.9 Accidentes más frecuentes 37
4.9.1 Contaminación fría 37
4.9.2 Contaminación caliente 38
4.10 Medidas en caso de accidentes 39
4.10.1 Derrames 39
4.10.2 Accidentes causados por falla eléctrica o incendio 42
4.10.3 Contacto humano con PCBs. 43
V . BIBLIOGRAFIA 44
VI. ANEXOS 47

Anexo 1. Disposiciones del Convenio de Estocolmo sobre los COPs. 49
Anexo 2. Cuestionario para Inventario de Equipo que contenga Bifenilos Policlorados (PCBs) (Proyecto COPs 2/SERNA-GEF. 2012) 51
Anexo 3. Cuestionario para Inventario de Equipo que contenga Bifenilos Policlorados (PCBs) (Proyecto COPs 2/UEA-ENEE. 2013). 53
Anexo 4. Registro de Accidentes (Proyecto COPs 2, 2012. GEF/SERNA) 57
Anexo 5. Lista de verificación para el muestreo de aceites de equipos eléctricos. Proyecto COPs 2, CESCCO, 2012 58
Anexo 6. Nombres Comerciales de Fluidos con PCBs (Ascarels) 60
Anexo 7. Muestra de etiqueta de equipo inventariado (Proyecto COPs, 2-ENEE, 2013) .. 61
Anexo 8. Muestra de etiquetas para frascos con aceite para determinación de PCBs (Proyecto COPs 2-ENEE, 2013)..... 61
Anexo 9. Ejemplo de Cadena de custodia para parámetros de PCBs en aceite. Tomado de CESCCO, RT-38. Abril de 2009. 62
Anexo 10. Modelo de Etiqueta para equipos con niveles superiores de 50 ppm de PCBs. Proyecto COPs 2, 2013). 64
Anexo 11. Modelo de Certificado para equipos con niveles inferiores a los 50 ppm de PCBs. Proyecto COPs 2, 2013). 65
Anexo 12. Procedimientos para la toma de Muestras de aceite dieléctrico para la determinación de PCBs (DINAMA-GEF, 2010)..... 66

Tablas

Tabla II-1. Usos más frecuentes de los PCBs a nivel mundial (Convenio de Basilea, 2003) 6
Tabla II-2. Clasificación de equipos eléctricos, aceite y residuos basados en la concentración de PCBs. 9
Tabla III-1. Volumen y peso de aceite Ascarel según capacidad de los equipos. (Manual Inventario de PCBs del Convenio de Basilea, 2003) 16
Tabla IV-1. Elementos para el muestreo. (CESCCO-Proyecto COPs 2, 2013) 22

Tabla IV-2. Detalle de equipo de protección personal (EPP) a ser empleado por nivel de riesgo (Proyecto COPs 2. 2013) 36

Ilustraciones

Ilustración II-1. Estructura Molecular genérica de los PCBs. (Proyecto COPs 2, 2013. Tomado de Dschanz, 2007)..... 7
Ilustración II-2. Rutas de Exposición a los PCBs. 10
Ilustración II-3. Ejemplo del proceso de bioacumulación. (Proyecto COPs 2, 2013. Tomado de DINAMA GEF, 2010). 11
Ilustración II-4. Efecto saltamonte o de condensación global. (Proyecto COPs 2, 2013. Tomado de DINAMA-GEF, 2010). 13
Ilustración III-1. Partes básicas de un transformador distribución (Proyecto COPs 2, 2013). 15
Ilustración IV-1. Etiqueta correspondiente a la clase 9 de misceláneos según la Organización de las Naciones Unidas atribuible a los PCBs. (GHS, 2010) 32
Ilustración IV-2. Etiqueta correspondiente contaminante del mar, para efectos de identificación de los PCBs. (SGA, 2010)..... 32
Ilustración VI-1. Equipos o barriles con tapa (Proyecto COPs 2, 2013) 19
Ilustración VI-2. Transformadores con válvula (DINAMA-GEF, 2010). 19
Ilustración VI-3. Frasco de vidrio color ámbar con tapa roscada (Proyecto COPs 2, 2013) 20
Ilustración VI-4. Equipo de protección personal requerido (Proyecto COPs 2, 2013)..... 20
Ilustración VI-5. Ejemplo de bolsa de residuos (Proyecto COPs 2, 2013). 21
Ilustración VI-6. Ejemplo de muestra transportada en doble envase (Proyecto COPs 2, 2013) 22

SIGLAS Y ABREVIATURAS

CESCCO	Centro de Estudios y Control de Contaminantes
COPs	Contaminantes Orgánicos Persistentes
ENEE	Empresa Nacional de Energía Eléctrica
EPP	Equipo de Protección Personal
GAR	Gestión Ambientalmente Racional
GPS	Global Positional System (Sistema de Posicionamiento Global)
IARC	International Agency for Research on Cancer (Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer)
MPA	Mejores Prácticas Ambientales
PCBs	Bifenilos Policlorados
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
SAICM	Enfoque Estratégico para la Gestión de Productos Químicos a nivel Internacional
SERNA	Secretaria de Recursos Naturales y Ambiente
UEA	Unidad de Estudios Ambientales de la ENEE
UPR	Unidad de Prevención de Riesgos de la ENEE
PEAD	Polietileno de Alta Densidad
PCDF	Policlorodibenzofuranos
PCDD	Policlorodibenzodioxinas
ppm	Partes por millón

GLOSARIO

Aceite dieléctrico: Aceite de origen mineral, utilizado en los transformadores de energía eléctrica por su alta resistencia a la oxidación, estabilidad química, baja viscosidad y por sus propiedades aislantes.

Aplicaciones abiertas: Aplicaciones en las que los PCBs se consumen durante su uso o son irrecuperables tras su utilización. Las aplicaciones abiertas liberan PCBs directamente al medio ambiente (ejemplos: plastificantes, neopreno y cauchos clorados).

Aplicaciones cerradas: Aplicaciones en la que los PCBs están confinados dentro de un equipo totalmente sellado, por ejemplo transformadores de potencia y de distribución, así como capacitores y condensadores. En este caso, las probabilidades de que los PCBs puedan pasar al ambiente, se limitan a la ocurrencia de fugas ó derrames, como resultado del deterioro de los equipos.

Aroclor®: Nombre comercial utilizado para definir compuestos con Bifenilos Policlorados en proporciones conocidas de cloro como mezcla.

Ascarel: Liquido aislante sintético, resistente al fuego, constituido de Bifenilos Policlorados (PCBs) con la adición de solventes, generalmente con clorobencenos.

Bifenilos Policlorados: Los Bifenilos Policlorados o PCBs constituyen una subserie de los productos químicos orgánicos de síntesis denominados hidrocarburos clorados. La fórmula química es C12H(10-n) CLn, en la que n representa el número de átomos de cloro entre 1 y 10. La clase incluye a todos los compuestos con una estructura de bifenilo, es decir, dos anillos de benceno enlazados entre sí, que están clorados en grados diversos. En teoría existe un total de 209 congéneres de PCBs posibles, pero sólo unos 130 pueden encontrarse en productos comerciales.

Bioacumulación: Fenómeno por el cual los organismos vivientes asimilan y acumulan en sus tejidos, las sustancias que están presentes en su medio, independientemente del modo de asimilación, ya sea por acumulación trófica o por partición.

Biomagnificación: Tendencia de algunos productos químicos a acumularse a lo largo de la cadena trófica, presentando concentraciones sucesivamente mayores al ascender el nivel trófico. La concentración del producto en el organismo consumidor es mayor que la concentración del mismo producto en el organismo consumido.

Ciclo de Vida de los Transformadores: Movimientos o fases que presentan los transformadores desde su importación hasta su disposición final.

Cloracné: Enfermedad cutánea de tipo acné en la que aparecen espinillas, quistes y pústulas asociadas con la sobre exposición a ciertos hidrocarburos aromáticos policíclicos

tales como dioxinas, furanos o PCBs. Las lesiones se localizan con mayor frecuencia en las mejillas, detrás de los oídos, en las axilas y en la región de la ingle.

Congénere: En química, cualquier compuesto que pertenece a la misma familia química. Se refiere a una de las numerosas variantes o configuraciones de una misma estructura química.

Convenio de Estocolmo: Acuerdo Multilateral de Medio Ambiente sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs), basado en el principio de cautela que persigue garantizar la eliminación segura y la disminución de la producción y el uso de estas sustancias nocivas para la salud humana y el medio ambiente. Fue firmado en 2001 en Estocolmo y entró en vigor el 17 de mayo del 2004. Inicialmente el convenio regulaba doce productos químicos prioritarios incluyendo productos fabricados intencionadamente, tales como: plaguicidas y PCBs, así como sustancias de liberación no intencional como las dioxinas y furanos. Actualmente se han incluido once sustancias adicionales en los anexos del convenio existiendo 178 países que lo han ratificado al año 2012.

Convenio de Basilea: Acuerdo multilateral de medio ambiente que busca proteger la salud humana y el medio ambiente contra los efectos nocivos derivados de la generación, el manejo, los movimientos trasfronterizos y la eliminación de los residuos peligrosos y otros residuos. Fue aprobado en 1989 y entró en vigor en 1992.

COPs: Por Contaminantes Orgánicos Persistentes (POPs, por sus siglas en inglés) se conoce al grupo de sustancias orgánicas que presentan en forma combinada características de toxicidad, persistencia, bioacumulación y capacidad de transportarse a largas distancias desde donde se emitieron o utilizaron. La contaminación ocasionada por los COPs es un problema transfronterizo que hace indispensable tomar medidas a escala internacional.

Contaminación Cruzada: Proceso mediante el cual se favorece la dispersión de la contaminación por PCBs, la cual se presenta cuando se llevan a cabo operaciones de toma de muestra, regeneración, filtración, mantenimiento o reparación de transformadores libres de PCBs, y se utilizan equipos, tanques, bombas, mangueras u otros elementos contaminados con PCBs.

Residuo Histórico: Se refiere al tipo de residuo que por sus características especiales de peligrosidad requiere un programa de gestión ambientalmente seguro a largo plazo, en el caso de los PCBs, el año 2028 representa el plazo de eliminación global de existencias.

Dieléctrico: Materiales que no conducen electricidad, por lo que pueden ser utilizados como aislantes. Para transformadores, el aceite dieléctrico se refiere al aceite aislante que se encuentra dentro del tanque.

Dioxinas: O Policlorodibenzodioxinas (PCDD), son compuestos orgánicos y persistentes obtenidos a partir de procesos de combustión que implican al cloro. La dioxina más letal es la 2,3,7,8-TCDD.

Epoxi: Son resinas o pinturas empleadas para proteger superficies contra la corrosión y mejorar la adherencia de las posteriores capas de pintura e impermeabilización de superficies.

Equipo Eléctrico: Representa un equipo eléctrico en el marco del modelo de manejo de los equipos susceptibles de contener PCBs como son Switch, Capacitores y Transformadores de Distribución y de Potencia.

Ex situ: expresión que significa «fuera del sitio» o «fuera del lugar», y que es generalmente utilizada para designar una manipulación realizada en otro lugar.

Furanos: O policlorodibenzofuranos (PCDF), son sustancias orgánicas y persistentes que se generan de forma no intencional (no deliberadamente) por procesos de combustión que implican al cloro.

Gestión Ambientalmente Racional: Se refiere al manejo racional de los productos químicos *en este caso en particular, Bifenilos Policlorados y residuos contaminados con estos,* basándose en una gestión con enfoque de ciclo de vida de los mismos adoptando las medidas de prevención y reducción de los riesgos a la salud humana y sus efectos al medio ambiente.

Global Positioning System (GPS): Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés), es un Sistema Global de Navegación por Satélite, el cual permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona, un vehículo o una nave.

Hepatotoxicidad: También conocida como enfermedad hepática tóxica inducida por drogas. Implica daños funcionales en el hígado inducido por ingestión de compuestos químicos u orgánicos.

In situ: Expresión que significa «en el sitio» o «en el lugar», y que es generalmente utilizada para designar una manipulación realizada en el lugar.

Persistencia: Para considerar una sustancia o compuesto como persistente, se evalúa su capacidad de permanecer en el ambiente períodos de tiempo prolongados, por ser resistentes a la degradación química y biológica. El criterio utilizado por el Convenio de Estocolmo para considerar una sustancia como persistente es que su tiempo de vida media en agua sea mayor a 2 meses o que su tiempo de vida media en suelo o sedimentos sea mayor a 6 meses.

ppm: unidad de medida con la que se evalúa la concentración. Se refiere a la cantidad de unidades de la sustancia (agente, etc.) que hay por cada millón de unidades del conjunto.

SIP Honduras: Plan Nacional de Implementación para Honduras del Enfoque Estratégico para la Gestión de Productos Químicos a nivel Internacional conocido por sus siglas en inglés como SAICM.

Sitio contaminado: Lugar de extensión limitada, donde existe acumulación de sustancias químicas y/o residuos peligrosos, provocado por el uso, deposito, enterramiento, infiltración o vertido, en forma planificada o accidental, lo cual ha ocasionado el aumento de su concentración en el suelo, agua y/o edificaciones existentes por encima de los valores de referencia para la salud humana y el ambiente.

Transformador: Dispositivo electromagnético utilizado para aumentar o disminuir el voltaje y la intensidad de una corriente alterna. Está conformado por dos o más bobinas acopladas magnéticamente entre sí, más sus conexiones de entrada y salida. El transformador contiene además una cantidad importante de aceite dieléctrico, que cumple la función de medio aislante y refrigerante y que puede contener PCBs (Véase Tabla 1).

Vida Media: Tiempo requerido para que la cantidad de una sustancia específica presente en un sistema biológico sea reducida a la mitad de su concentración inicial. La mitad de la sustancia desaparece después de una primera vida media; la mitad de lo que queda desaparece después de una posterior vida media, dejando solamente un cuarto de la cantidad original, y así sucesivamente.

INTRODUCCIÓN

Los Bifenilos Policlorados (PCBs) son una clase de químicos que han sido fabricados industrialmente para uso comercial y fueron producidos por primera vez en el año de 1929. Los PCBs fueron utilizados en una gran variedad de productos incluyendo, aunque no limitándose a éstos, tintas de impresión, pinturas, plásticos, aceites de maquinaria, selladores y también en equipos eléctricos, electromagnéticos, bombas de vacío, hidráulicos, compresores e intercambiadores de calor.

Desde finales de 1960, los PCBs han sido reconocidos por la comunidad científica como una amenaza tanto para el medio ambiente, como para la salud humana. Desde entonces, los países y las organizaciones internacionales han tomado acciones para manejar los PCBs de manera adecuada, con el fin de minimizar al máximo la exposición del medio ambiente y las personas a las liberaciones de PCBs. Estos contaminantes forman parte de una lista inicial de doce (12) sustancias reguladas por el Convenio de Estocolmo sobre la gestión de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs).

Por lo anterior, este manual obedece a contribuir con el objetivo de brindar asistencia técnica al propietario/usuario de equipos y residuos con PCBs, para la gestión ambientalmente racional de los mismos hasta lograr su eliminación ambientalmente segura, cumpliendo con las disposiciones legales nacionales e internacionalmente establecidas en esta materia.

ALCANCE

El manual tuvo su punto de partida en el manejo de los equipos como transformadores de potencia y distribución de la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE), sin embargo, los principios y acciones que en este manual se describen son de aplicación a todos los usuarios o recurso humano que labora diariamente o frecuentemente en actividades de adquisición, registro, mantenimiento, reparación, desmontaje, transporte y almacenaje de equipos eléctricos con PCBs (transformadores de potencia, transformadores de distribución, condensadores, capacitores u otro equipo eléctrico en general y residuos contaminados con estos).

Este manual se centra en el manejo que debe darse a los equipos fabricados con PCBs (Ascarel[1]) o contaminados con PCBs y sus residuos. Sin embargo, vale la pena que el lector se refiera en otras fuentes de información sobre el uso de los PCBs en otro tipo de aplicaciones cerradas, semi-cerradas y abiertas (véase Tabla III-1). El presente manual puede ser utilizado o aplicado por:

Secretarías de Estado con competencia reguladora en el tema de productos químicos, protección de la salud y seguridad laboral;

[1] Ascarel se refiere al líquido aislante genérico con PCBs, existiendo con nombres comerciales como Askarel® Arochlor® Pyraclor® Chorinol®. Véase Anexo 6.

- ENEE
- Empresas privadas generadoras de energía eléctrica
- Empresas Industriales
- Empresas prestadoras de servicio de mantenimiento de equipos
- Municipalidades
- Autoridades de aduana
- Cuerpo de Bomberos
- Otros

PROPÓSITO

Lograr la adopción de las mejores prácticas para la gestión ambientalmente racional de los equipos eléctricos con PCBs por parte de los propietarios de los mismos.

FUENTES DE INFORMACIÓN

El lector y usuario de este manual puede acceder a información de las siguientes instituciones del Gobierno:

- Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA)
  - Centro de Estudios y Control de Contaminantes (CESCCO) a través del Departamento de Gestión de Productos Químicos
    Edificio CESCCO, Barrio Morazán frente al Cuartel General de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C. Teléfono 00 (504) 2231-1006/2239-0954
    cescco.serna@gmail.com dgpq.cescco@gmail.com

- Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE)
  - Unidad de Estudios Ambientales (UEA)
    Tegucigalpa, M.D.C. Teléfono 00 (504) 2235-2929
    unidadestudiosambiente@enee.gob.hn

  - Unidad de Prevención de Riesgos
    Tegucigalpa, M.D.C. Teléfono 00 (504) 2235-2362
    prevencionriesgos@enee.hn

En situaciones de emergencia:

- Benemérito Cuerpo de Bomberos
  - Brigada de Materiales Peligrosos (MAT PEL)
    Marcar directo al 198 ó 2220-7900/2232-3577

Igualmente está disponible información en los siguientes portales electrónicos de la Secretaría Única de los Convenios de Estocolmo, Basilea y Róterdam:
www.pops.int www.basel.int www.pic.int

ESTRUCTURA

El documento está estructurado en 4 capítulos:

I. Capítulo de Antecedentes

Introduce al lector sobre la importancia y pertinencia del manual y los antecedentes sobre la situación de los PCBs en Honduras.

II. Capítulo de Generalidades de los PCBs

Da a conocer la naturaleza y características de los PCBs y las diversas aplicaciones de los mismos en el ámbito mundial, asimismo, permite que el usuario se familiarice con las propiedades físicas y químicas de estos compuestos; sus efectos en la salud humana e impactos ambientales de las liberaciones y emisiones de PCBs.

III. Capítulo sobre Uso de los PCBs en la transmisión y distribución de la energía

Describe la utilización de los equipos eléctricos como transformadores de potencia y distribución en la conversión del voltaje de la electricidad y las razones de la utilización de los PCBs en equipos eléctricos.

IV. Capítulo de Gestión de los Equipos Ascarel o con PCBs

Este capítulo detalla la gestión ambientalmente racional que debe ser aplicada a los equipos Ascarel o con PCBs y los residuos contaminados con estos, proyectando prácticas ambientales a ser adoptadas desde un punto de vista integral, considerando el ciclo de vida de los equipos.

Finalmente, el manual dispone de la bibliografía consultada para la elaboración del mismo y la sección de anexos con información relevante sobre la gestión ambientalmente racional de los equipos con PCBs.

I . ANTECEDENTES

El Gobierno de la Republica de Honduras a través del Centro de Estudios y Control de Contaminantes (CESCCO), Dirección de la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA), y actualmente Punto Focal[2] del Convenio de Estocolmo sobre los COPs, se suscribió a dicho convenio vía Decreto No. 24-2004 e inició acciones específicas orientadas al cumplimiento de las obligaciones establecidas en el Convenio desde el año 2006.

En el periodo de 2006 al 2008, en el marco de elaboración del Plan Nacional de Implementación (PNI) del Convenio de Estocolmo, se desarrolló el Primer Inventario Nacional de Bifenilos Policlorados (PCBs), identificando las fuentes, condiciones y existencias de transformadores en el país. La cobertura geográfica de este inventario fue

[2] Punto focal refiere a la Autoridad Nacional Competente designada por el Gobierno para dar respuesta al cumplimiento de las disposiciones legales contenidas en un acuerdo multilateral medio ambiental suscrito por las Partes.

amplia, en vista de que cubrió 72% (13) de los 18 Departamentos del país, donde se desarrolla una importante actividad doméstica, comercial, industrial y de servicios. Dado que se priorizó el subsector eléctrico nacional, el mayor porcentaje (93.8%) de los equipos evaluados correspondió a transformadores de distribución y potencia, siendo los equipos eléctricos más utilizados a nivel nacional y por lo tanto los más susceptibles de contener PCBs.

El mayor número de los equipos con PCBs inventariados, están fuera de servicio, sin embargo, algunos transformadores de potencia de mediana y gran capacidad están en condición de uso, representado un riesgo para los encargados de su mantenimiento en caso de no tomar las medidas de protección adecuadas.

Respecto a la información sobre el mantenimiento de los equipos, es importante destacar que fue limitada en la mayor parte de los sitios visitados, al igual que la información de las existencias de equipos, residuos sólidos y líquidos conteniendo PCBs. A su vez, ninguno de los sitios visitados cuenta con planes de acción para el manejo de equipos, residuos sólidos y líquidos conteniendo PCBs. En conclusión, el manejo de las aplicaciones que contienen estos compuestos se hace inadecuadamente en las diferentes etapas del ciclo de gestión de estos equipos como ser manipulación, almacenamiento, transporte y disposición final. (SERNA, 2008). Es importante aclarar que la limitación de la información se debió a la carencia de registros históricos presentes en los sitios visitados.

El Convenio de Estocolmo establece entre otras obligaciones, la prohibición de producción y comercialización de PCBs y el año 2028 como plazo máximo para que los países eliminen los equipos que contienen PCBs, así como la prohibición de exportación de equipos y materiales con PCBs que no sea con el objetivo de su eliminación ambientalmente racional. Pero mientras tanto, se deben identificar los equipos contaminados y darles una gestión ambientalmente adecuada para prevenir futuros escenarios de contaminación al ambiente y sus repercusiones a la salud humana.

Actualmente se desarrollan proyectos que coadyuvan a cumplir con dicha gestión, por ejemplo, se desarrollan iniciativas para actualizar el PNI del Convenio de Estocolmo y la formulación de un plan de acción para la gestión de sustancias químicas industriales enmarcado en el Convenio de Róterdam sobre el Consentimiento Fundamentado Previo para determinadas sustancias químicas de interés internacional.

Marco Legal

Entre los instrumentos del marco legal vigente sobre la gestión de los productos químicos se pueden mencionar:

1. Constitución de la Republica de Honduras[3]

[3] *La Constitución reconoce el derecho de todos participar en la promoción y preservación de la salud personal y de la comunidad. El Estado conservará el Medio Ambiente adecuado para proteger la salud de las personas (145). Corresponde al Estado por medio de sus dependencias y de los organismos constituidos de conformidad con la Ley, la regulación, supervisión y control de los productos alimenticios, químicos, farmacéuticos y biológicos (146).*

2. Convenio de Estocolmo sobre la Gestión de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (Decreto 24-2004)
3. Convenio de Basilea para el Control de Movimientos Transfronterizos de Residuos Peligrosos y su Eliminación (Decreto 31-95)
4. Convenio de Róterdam para la aplicación del Procedimiento del Consentimiento Fundamentado Previo a ciertos Plaguicidas y Químicos Peligrosos objeto del Comercio Internacional (Decreto 68-2009).
5. Política para la Gestión Ambientalmente Racional de los Productos Químicos (PCM-029-2013)
6. Código de Salud (Decreto No. 65-91)
7. Código de Trabajo y sus reformas (Decreto No.189-59)
8. Ley General del Ambiente y su Reglamento (Decreto No. 104-93)
9. Reglamento de Medidas Preventivas de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales (Acuerdo No. STSS-053-04).
10. Comisión Nacional para la Gestión de Productos Químicos (PCM-035-2013).

Es importante que el usuario se mantenga informado sobre la emisión de instrumentos regulatorios sobre los PCBs que en el futuro próximo las autoridades competentes oficialicen para fortalecer el marco regulatorio en este ámbito.

I I . GENERALIDADES DE LOS PCBs

2.1 Fabricación y Uso

Los PCBs son una serie de compuestos organoclorados creados por el hombre que se forman mediante la sustitución por cloro de una o más de las diez posiciones de la molécula del bifenilo, constituyendo un conjunto de 209 congéneres. Se trata de productos sintéticos, no conociéndose fuentes naturales de PCBs. A nivel comercial, los PCBs se han distribuido en formulaciones compuestas por mezclas de diferentes congéneres, siendo conocidas por sus nombres comerciales (CESCCO/SERNA-ENEE, 2009). Véase Anexo 6. Nombres Comerciales de Fluidos con PCBs (Ascarels).

La primera síntesis de PCBs fue realizada por Schmitt-Schütz en Alemania en 1881, iniciándose su producción por la empresa Monsanto en 1929.

Aplicaciones	Usos
Cerradas	Aceites dieléctricos en transformadores, condensadores e interruptores.
	Refrigerantes y fluidos hidráulicos.
Semi cerradas	Fluidos hidráulicos Fluidos de transformadores de calor Conmutadores Bombas de vacío Cables eléctricos Interruptores automáticos de circuito
Abiertas	Adhesivos, plastificantes, ceras, pinturas, papel copia, insecticidas, bactericidas, aceites lubricantes.
	Recubierta de cables, tintas, retardadores de llama, asfaltos, etc.

Tabla II-1. Usos más frecuentes de los PCBs a nivel mundial (Convenio de Basilea, 2003)

A medida que la industrialización continuó, se les encontraron más usos. La producción anual de PCBs en el mundo alcanzó gran auge en 1971, con aproximadamente 52,000 toneladas anuales y las plantas de Monsanto en los Estados Unidos de América producían más de la mitad de la producción mundial (OMS, 1993).

La mayoría de países industrializados cesaron la producción de PCBs a finales de la década de los 70 o principios de los 80. No obstante, se presume que los países del bloque oriental continuaron su producción más allá de esas fechas. La producción total mundial de PCBs de 1929 a 1977 se calcula en 1.2 millones de toneladas (OMS, 1993).

2.2 Propiedades Físico Químicas

Los PCBs son moléculas compuestas de átomos de carbón, hidrógeno y cloro. Se producen sustituyendo entre uno y diez átomos de hidrógeno por átomos de cloro en la molécula bifenil (véase Ilustración II-1). Esto da como resultado 209 combinaciones posibles de estos átomos (isómeros o compuestos de PCB); sin embargo, en el comercio, por lo general, se utilizaban muchos menos isómeros de PCBs. Los compuestos de PCBs más altamente clorados, son los más persistentes y más peligrosos de la mezcla.

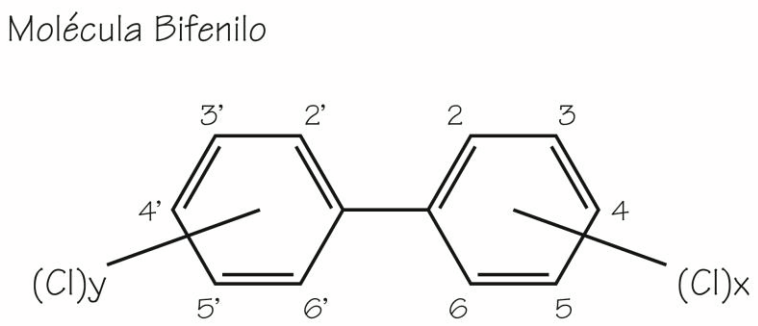


Ilustración II-1. Estructura Molecular genérica de los PCBs. (Proyecto COPs 2, 2013. Tomado de Dschanz, 2007)

Monsanto en los Estados Unidos clasificó sus PCBs comerciales puros, conocidos como arocloros, de acuerdo con su contenido de cloro. Por ejemplo, el Aroclor 1254 se refiere a PCBs con 12 moléculas de Carbono con 54% de cloro, Arocolor 1260 se refiere a PCBs con 60% de cloro, etc. Los arocloros más populares utilizados para producir los fluidos dieléctricos Ascarels eran los Arocloros 1242, 1254 y 1260.

El aceite Ascarel se refiere al nombre comercial de la mezcla de PCBs con triclorobenzeno (TCB).

A continuación se presentan sus características, no obstante, las propiedades varían apreciablemente de acuerdo con su contenido de cloro.

2.2.1 Propiedades Físicas

- Aceites móviles
- El peso molar promedio de PCBs. (Aroclor 1260) es de 375.g/mol
- La presión de vapor es de 4.05×10^{-5} mm Hg at 25º C
- El coeficiente de partición octanol/agua ($\log K_{ow}$) es de 6.8
- Más pesados que el agua (mas densos)
- Líquidos viscosos
- Incoloros o amarillentos
- Olor distintivo

2.2.2 Propiedades Químicas

- Muy estables y baja presión de vapor
- No inflamables
- Insolubles en agua – particularmente aquéllos con alto contenido de cloro
- Levemente solubles en aceite y altamente solubles en la mayoría de los solventes orgánicos

- Resistentes a la fotodegradación
- Alta estabilidad frente al calor – lo cual aumenta con el contenido de cloro - y solamente se descomponen a muy altas temperaturas (>1.000 °C)
- Alto nivel de inercia química y son altamente resistentes a agentes químicos como ácidos, bases y oxidantes
- No afectan metales básicos
- Disuelven o suavizan algunas gomas o plásticos

Con el avance de las investigaciones se encontró que los PCBs presentan el conjunto de propiedades que los clasifican como Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) que de forma combinada presentan las cuatro características siguientes:

1. Toxicidad: Capacidad de producir efectos adversos en un organismo vivo.
2. Persistencia: permanecen en el ambiente por largos períodos de tiempo por ser resistentes a la degradación biológica, química y física.
3. Bioacumulación: se acumulan en los tejidos de los seres vivos, dada su gran afinidad por las grasas, alcanzando concentraciones mayores que en el ambiente circundante. La concentración aumenta al subir en la cadena alimentaria.
4. Transporte a largas distancias desde donde se emitieron o utilizaron conocido dicho fenómeno como efecto saltamontes, destilación global o del pie frio.

Por otro lado, existen transformaciones químicas de los PCBs que al calentarse o al someterse a temperaturas de combustión dentro del rango de 300 a 600º C, los Ascarel o cualquier PCBs sólido o líquido pueden producir sub productos altamente tóxicos conocidos como dioxinas y furanos. (Nota: son los clorobencenos en el aroclor los que producen las dioxinas.) Estos químicos son muy tóxicos y se pueden encontrar trazas en mezclas de Ascarel, que han estado sometidas a calor, chispas internas o fuego a dichas temperaturas.

2.3 Residuos de PCBs

Los PCBs pueden ser considerados como un residuo histórico dado que han sido usados industrialmente a través del siglo veinte. Incluso hoy, aquellos PCBs cuya producción y venta está prohibida continúan en uso en equipos aún en funcionamiento y con un tiempo de vida limitado. Esto es lo que les da la condición de residuo histórico y los diferencia de otro tipo de residuos. A modo de ejemplo, podemos citar a los asbestos (crisotilo) como residuos históricos.
Los residuos de PCBs han sido agrupados en 3 categorías:

- Líquidos de PCBs puros o Ascarel;
- PCBs sólidos (carcasas de equipo y sus partes, barriles, aserrín, mantas, overoles, etc.) y,
- Suelos contaminados con PCBs

Para cumplir con los compromisos establecidos por el Convenio de Estocolmo, es necesario identificar y clasificar los transformadores según su contenido de PCBs. Para conocer los

métodos analíticos para determinar la presencia de PCBs remítase al Capítulo 4, sección 4.2. Identificación de Equipos.

Si se confirma la presencia o nivel de concentración de PCBs en los aceites, los equipos y cualquier otro material se clasificarán en función del contenido de PCBs según se muestra en la Tabla II-2.

Clasificación	Concentración de PCBs
PCBs puros	Mayor o igual a 500 ppm en peso (0.05%) de PCBs
Contaminado con PCBs	Mayor o igual a 50 ppm en peso (0.005%) de PCBs y, menor a 500 ppm en peso (0.05%)
Libre de PCBs o NO PCBs	Menor a 50 ppm en peso (0.005%) de PCBs

Tabla II-2. Clasificación de equipos eléctricos, aceite y residuos basados en la concentración de PCBs.

Un equipo eléctrico puede ser clasificado como Libre de PCBs si ha sido adquirido con certificado de que respalde dicha calificación, extendido por el fabricante en origen o que mediante análisis químico según un método reconocido internacionalmente se demuestre que tiene menos de 50 ppm y que hayan permanecido intactos, es decir sin operaciones de mantenimiento (recambio o relleno de aceite, sellados).

2.4 Efectos a la Salud

2.4.1 Fuentes de Liberación

Los trabajadores y las personas pueden estar expuestas a los PCBs de diferentes maneras, para el caso, el trabajador se ve expuesto cuando manipula los equipos, aceites y superficies contaminadas sin ningún tipo de protección personal (véase Capitulo 4, Sección 4.8.3 Equipo de Protección Personal), asimismo, las personas en general pueden estar expuestas cuando el contaminante es liberado accidental o deliberadamente al ambiente, contaminando distintos medios como suelo, agua (superficial y subterránea) y aire, así como edificaciones y superficies en general.

2.4.2 Vías de exposición a los PCBs

Las mismas propiedades que los caracterizaron como sustancias industriales ideales también se convierten en problemas al asociarse con sus efectos a la salud humana. Los PCBs pueden ingresar al organismo de diferentes maneras, lo que se conoce como rutas de exposición.

Rutas de exposición:

1. Cutánea (más del 90% de la exposición es a través de esta vía), por ejemplo cuando se manipulan los aceites y partes de equipo sin protección personal.
2. Respiratoria, por ejemplo inhalar vapores al retirar tapaderas de equipos durante labores de mantenimiento o reparaciones.
3. Ingesta a nivel laboral, ocurre de forma accidental con salpicaduras en la cara o bien mediante malas prácticas de higiene (no lavarse las manos después de manipular PCBs). También al ingerir alimentos (medio de exposición) cuando se incorporan los PCBs en la cadena alimentaria.

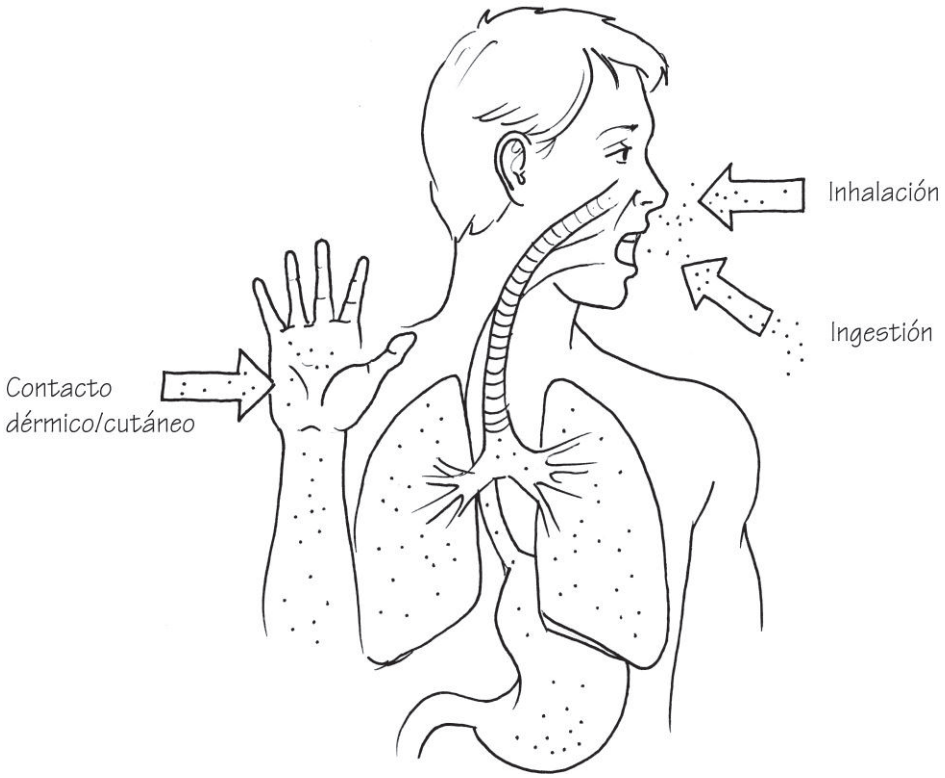


Ilustración II-2. Rutas de Exposición a los PCBs (Proyecto COPs 2, 2013)

2.4.3 Efectos

Los PCBs al ingresar al organismo se resisten a la descomposición y no son expulsados mediante los procesos de excreción o secreción, al contrario, permanecen y se conservan en los tejidos grasos y en los órganos del cuerpo. Por lo tanto, las personas y los animales que entran en contacto con PCBs, pueden con el tiempo acumular concentraciones de PCBs en su organismo, lo cual es denominado bioacumulación.

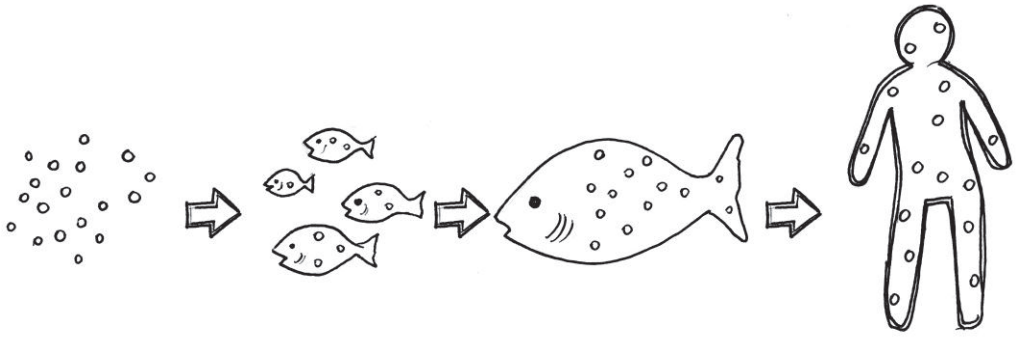


Ilustración II-3. Ejemplo del proceso de bioacumulación. (Proyecto COPs 2, 2013. Tomado de DINAMA GEF, 2010).

Desde 1936, los científicos han constatado distintos efectos en la salud vinculados a la fabricación y uso de PCBs. A continuación se enuncian algunos efectos sobre la salud humana:

1. Acné (cloracné), irritaciones cutáneas, hiperpigmentación
2. Hipersecreción de glándulas lacrimales, conjuntivitis
3. Desórdenes hepáticos (desórdenes en el hígado)
4. Desórdenes en sangre (anemia e hiperleucocitosis)
5. Efectos reproductivos
6. Cambios en la epidermis como pérdida de cabello
7. Irritaciones de piel y mucosas (ojos y sistema respiratorio) ya que al descomponerse los PCBs por calor, producen vapores, como gas clorhídrico y pueden causar serias irritaciones del tracto respiratorio.
8. Edema pulmonar agudo, por lo tanto, nunca se debería olfatear un transformador que esté dañado.

Otras manifestaciones son náuseas, vómitos, pérdida de peso, dolores en el bajo vientre, incremento de secreciones oculares, ictericia, edemas, cansancio, pigmentación de las uñas, etc., además de efectos hepatotóxicos a medio y largo plazo. Tienen relación con trastornos del desarrollo en niños expuestos a los PCBs en fase prenatal, con la observación de coeficientes de inteligencia menores frente a niños sometidos a menores niveles de PCBs (Hoffman, 2011).

La Agencia Internacional de Investigación sobre Cáncer (IARC), de la Organización Mundial de la Salud (OMS), mide el riesgo carcinogénico de varias sustancias químicas y para los PCBs se han clasificado en el grupo 2 B, es decir son sustancias probablemente carcinógenos humanos con evidencia menos sólida de provocar cáncer.

2.5 Efectos al Ambiente

Cuando los PCBs se liberan al ambiente, pueden migrar a los suelos y aguas subterráneas y pueden ser arrastrados por las aguas superficiales, corrientes marinas y los vientos a otras

regiones, países y continentes. Localmente, cuando los PCBs entran al suelo, agua subterránea y superficial, estos medios pueden ser no aptos para uso y consumo, ya que existe posibilidad de estar contaminados. A su vez, los animales, peces y los cultivos que tengan contacto con el suelo o agua contaminada pueden llegar a ser no aptos para alimentación (White C. Asociates & Ceri-ACDI-Colombia, 2009).

Los PCBs poseen la capacidad de mantenerse inalterados en el ambiente por largos periodos de tiempo, lo que se denomina "persistencia", de ahí que una vez liberados al ambiente pueden propagarse ampliamente como resultado de procesos naturales en los que intervienen en el suelo, el agua y el aire. (PNUMA, 2004).

Globalmente los PCBs pueden ser llevados lejos de su origen por los vientos atmosféricos superiores y luego ser depositados en la tierra y agua de otro continente. Por lo tanto, hay impactos locales significativos para el medio ambiente, así como impactos globales derivados del manejo inadecuado de los PCBs.

Las propiedades físicas de los PCBs facilitan su movimiento a nivel global, dado que tienen la capacidad de transportase y dispersarse. Como resultado de este transporte, hay presencia de PCBs en todos las matrices ambientales (aire, suelo, sedimentos, agua, fauna y flora), llegando incluso a zonas remotas. Este movimiento, llamado también "efecto saltamonte" (ver ilustración II-4) consiste en su volatilización en zonas cálidas, desde el suelo y el agua, hacia la atmósfera, y su transporte por las corrientes de aire donde al llegar a zonas más frías se depositan. De esta forma los contaminantes migran hacia los polos en ciclos de volatilización–condensación.

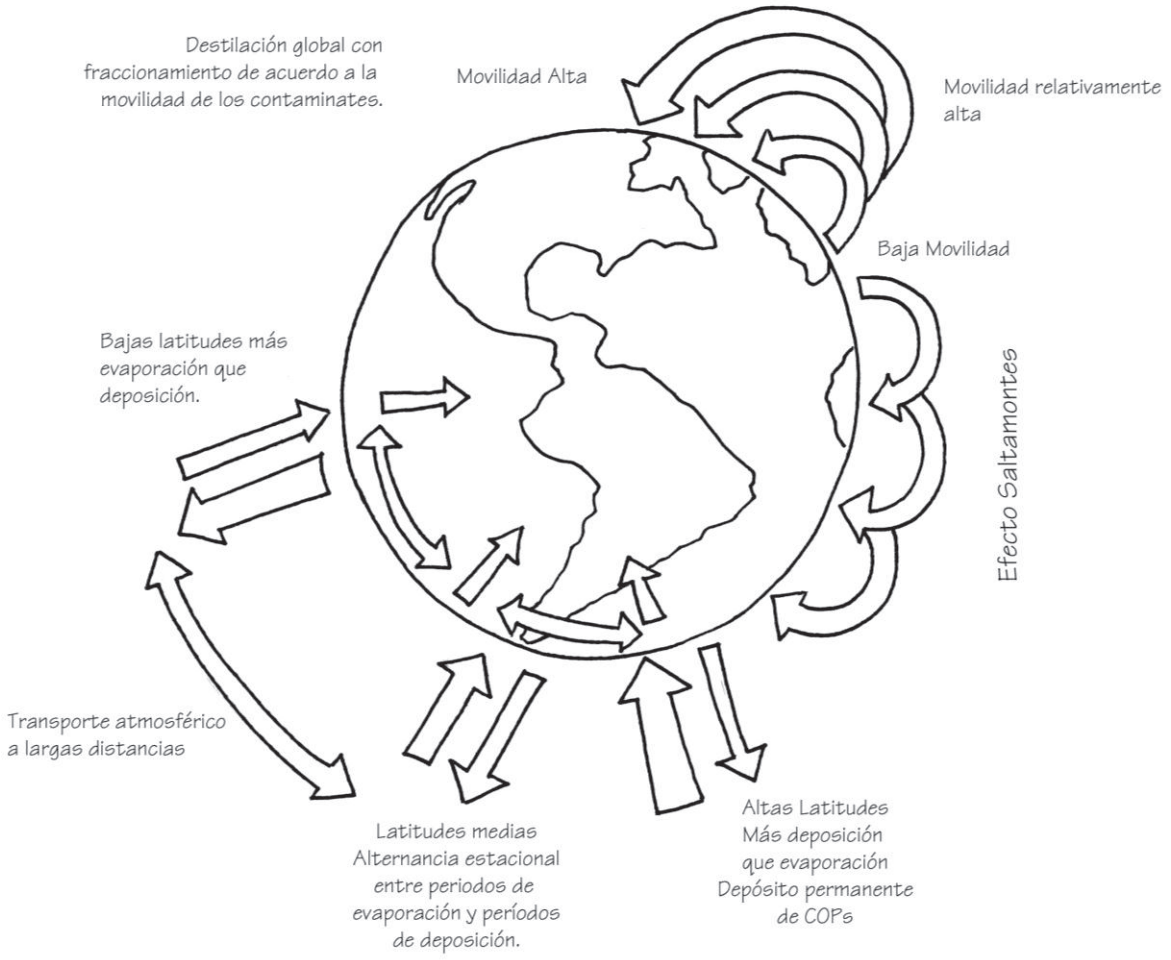


Ilustración II-4. Efecto saltamonte o de condensación global. (Proyecto COPs 2, 2013. Tomado de DINAMA-GEF, 2010).

Otro efecto importante de los PCBs en el ambiente es el conocido como biomagnificación. Éstos (PCBs) se presentan en bajas concentraciones en organismos al principio de la cadena trófica y en mayor proporción a medida que se asciende en la cadena trófica. Esto significa que las presas tienen menor concentración de PCBs que el predador.

De esta manera lo que comenzó como una baja concentración de PCBs en el aire o el agua, se concentra paulatinamente a medida que los PCBs van subiendo por la cadena alimenticia. Puesto que los seres humanos se encuentran en la parte superior de dicha cadena, tienden a acumular más contaminantes.

Dentro de los principales efectos al ambiente se encuentran (SEMARNAT, 2011):

- Tóxicos para el fitoplancton (micro algas) y zooplancton (micro invertebrados).
- Se incorporan a la cadena trófica pasando de organismo en organismo.

- Se bioacumulan y ejercen su efecto tóxico en invertebrados acuáticos, peces, aves, mamíferos acuáticos y terrestres.
- Ocasionan cambios en la estructura de los ecosistemas acuáticos.
- Afectan el comportamiento, los niveles hormonales (disruptores endocrinos), el crecimiento y reproducción de los organismos consumidores en la cadena trófica, ósea los animales.

III. USO DE LOS PCBS EN LA TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

3.1 Introducción

Para hacer más eficiente la trasmisión de energía eléctrica desde las plantas de generación hasta los usuarios finales, se utilizan transformadores para:

- Aumentar el voltaje en la salida de la planta de generación
- Disminuir el voltaje en los alrededores del área donde se hará uso de la electricidad
- Se disminuye gradualmente el voltaje para obtener voltajes menores que sean manejados con mayor seguridad por los usuarios (480, 220 y 110 voltios) para usuarios residenciales y otros usuarios no-industriales, y voltajes 13800 y 34500 voltios para usuarios industriales

Los PCBs no fueron empleados exclusivamente para transformadores de potencia y de distribución, a continuación se enlistan otros tipos de equipos eléctricos que pueden contener PCBs:

- Capacitores
- Condensadores
- Switches (cuchillas) en aceite
- Interruptores de potencia en aceite
- Balastos antiguos con condensadores que contienen PCBs

3.2 Transformadores eléctricos

Los transformadores son aparatos que aumentan o reducen el nivel de voltaje de una corriente eléctrica. En Honduras, la energía eléctrica se produce en centrales generadoras que queman diversos combustibles (bunker, diésel, biomasa, biodiesel, etc.) y también en centrales hidroeléctricas. Esta energía se trasmite en forma de electricidad de alto voltaje que luego se distribuye a los usuarios finales (fábricas, industrias, hogares, instituciones de gobierno, etc.), que pueden estar cerca o lejos de la planta generadora y que generalmente necesitan un voltaje más bajo. El voltaje debe disminuir antes de llegar al usuario, para así ajustarse a sus necesidades. Una fábrica puede necesitar quizás unos miles de voltios, mientras que las necesidades domésticas son generalmente de unos cientos de voltios. Esta

disminución o reducción del voltaje se logra por medio de los transformadores. Cada transformador que vemos en las subestaciones eléctricas, en la vía pública, el campo, en los postes, etc., tiene como misión reducir el voltaje (Fuentes, 2008).

Los transformadores varían mucho en cuanto a tamaño y capacidad de voltaje. Básicamente tienen el mismo diseño que consiste en un núcleo de metal magnético alrededor del cual se colocan dos o más juegos de bobinas (de cobre o de aluminio). Esta estructura está suspendida dentro de una cuba metálica y sostenida por separadores de madera que poseen propiedades aislantes. Las bobinas están provistas con electrodos de entrada que permiten conexiones eléctricas hacia el exterior. Estos electrodos están aislados del depósito metálico por medio de aislantes de cerámica o de otros materiales aislantes recientes.

El espacio vacío dentro de la caja del transformador debe llenarse con un líquido aislante eléctrico que evite que se generen cortos circuitos y chispazos. Por esta razón, en su fase final de fabricación, el transformador se rellena con un fluido dieléctrico especial, que generalmente se compone de mezclas de aceite a base de PCBs por sus propiedades aislantes y resistentes al calor. Luego se sella el transformador, o se le coloca un "respiradero" que permita cambios en el volumen del aceite, por las fluctuaciones de temperatura (PNUMA, 2002)

En relación a lo anterior, si el transformador es muy grande en tamaño y se utiliza para grandes voltajes y corrientes, se denomina Transformador de Potencia (mayores o iguales a 1000 KVA o 1 MVA), en cambio si es relativamente pequeño y si se coloca en la última etapa de la cadena de abastecimiento para suministrar energía pequeños grupos usuarios u hogares, se denomina Transformador de Distribución (menor a 1 MVA).

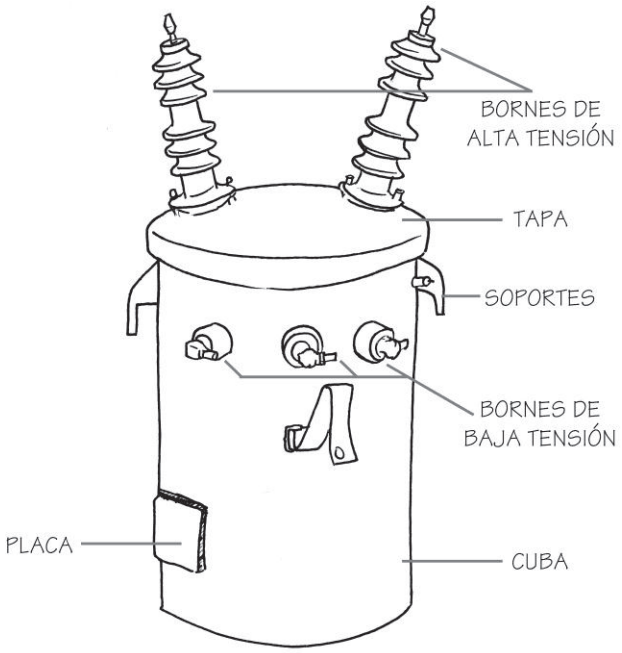


Ilustración III-1. Partes básicas de un transformador distribución (Proyecto COPs 2, 2013).

Las cantidades de aceite Ascarel que contienen los transformadores dependen directamente de la capacidad del mismo. La regla siguiente puede aplicarse para estimar esta cantidad según la capacidad de los equipos.

1kVA = 1 litro de dieléctrico
1 litro de dieléctrico = 1,5 kg

Generalmente las cantidades declaradas en las cartillas de especificaciones de los transformadores están expresadas en masa y no en volumen. Debe también tenerse en cuenta que esta fórmula no es lineal. La curva de peso aumenta menos lentamente que la de capacidad (Ver Tabla III-1):

Capacidad (kVA)	Peso en Kg	Volumen (L) Densidad (1.56)
100	140	90
200	295	189
400	450	288
630	615	394
1000	670	430

Tabla III-1. Volumen y peso de aceite Ascarel según capacidad de los equipos. (Manual Inventario de PCBs del Convenio de Basilea, 2003)

3.3 Uso de PCBs en los Equipos

Como se mencionó anteriormente, Ascarel es el término genérico utilizado para las mezclas de PCBs en equipos eléctricos. La mezcla química más común con los PCBs para la producción de Ascarel es con clorobenceno o triclorobenceno, que también son productos químicos peligrosos para el ambiente y la salud humana.

Los equipos eléctricos con Ascarel fueron diseñados y fabricados para operar utilizando fluidos dieléctricos de alta concentración de PCBs (usualmente 40-80% PCBs para transformadores). Originalmente se proponían los aceites con PCBs como fluidos dieléctricos por sus excelentes propiedades dieléctricas y su muy baja inflamabilidad. Un aceite con PCBs puede absorber cambios rápidos en campos eléctricos sin calentarse mucho, es decir, con poca pérdida de energía. Además, estos aceites tienen un punto bajo de inflamabilidad y no tienen punto de ignición, lo que significa que permanecen estables ante temperaturas variables (véase Anexo 6. Nombres comerciales de fluidos con PCBs (Ascarels).

Los transformadores llenados con aceite mineral no fueron diseñados para contener PCBs, pero se pueden contaminar con éstos, especialmente en los niveles bajos (menos de 1000 ppm o 0.1% de PCBs) en actividades de mantenimiento, que han dado servicio a transformadores, tanto de Ascarel como de aceite mineral. Estos transformadores de aceite mineral contaminados con frecuencia se conocen como “transformadores contaminados de PCBs” que tienen concentraciones mayores a 50 ppm.

IV. GESTION DE LOS EQUIPOS ASCAREL O CON PCBs

4.1 Adquisición de equipos eléctricos

Los equipos eléctricos deben ser adquiridos solicitando al proveedor sean libres de PCBs. Si bien es cierta la producción de los PCBs cesó en la década de los 70 y 80, el país igualmente puede ser sujeto a la transferencia de equipo por donación o compra de equipo usado cuyo contenido de PCBs sea desconocido.

El personal técnico responsable de la elaboración de las especificaciones técnicas para la adquisición de equipos y aceites dieléctricos susceptibles de contener PCBs, deben incluir en sus políticas de compra, la adquisición de equipos libres o exentos de PCBs y se notifique la concentración de PCBs en las placas de referencia del equipo o fichas técnicas de los aceites.

Las empresas podrían optar por la adquisición de equipos con fluido eléctrico a base de aceites minerales o vegetales biodegradables.

4.2 Identificación de Equipos Ascarel o con PCBs

4.2.1 Generación de un Inventario

El inventario de los equipos con PCBs es importante ya que permite fácilmente tomar decisiones para manejarlos de la forma apropiada, además de otros motivos de protección a la salud y seguridad de los trabajadores u operarios de nuestras empresas o establecimientos.

La realización de un inventario contempla identificar tanto equipos en uso como en desuso. Tomando en consideración lo anterior, la metodología del inventario de equipo Ascarel o potencialmente contaminados con PCBs en desuso, podría iniciar desde el ordenamiento de los mismos en los diferentes sitios de acopio.

El manejo de los equipos con PCBs va mas allá de generar el inventario, implica utilizar racionalmente dicha información. Con base a experiencia de inventarios realizados anteriormente, a continuación se listan los procedimientos básicos a seguir por los sectores propietarios para la gestión ambientalmente racional de equipos:

1. Generar el Inventario y un Plan de Acción:

    1.1. Planificar el Inventario (Plan de Trabajo)
    1.2. Selección de la metodología de recopilación de datos
    1.3. Recopilar la información en campo (Pre Inventario)

1.3.1. Recopilación de la información técnica del equipo como concentración de PCBs y año de fabricación para clasificar los equipos o barriles con PCBs, libres o sospechosos de contener PCBs.
1.3.2. Identificación y etiquetado de equipos Ascarel o libres de PCBs. Los equipos sospechosos proceder con el paso 1.4 de esta sección.

1.4. Toma y análisis de muestras de equipos sospechosos de contener PCBs
1.5. Etiquetado final: consiste en la colocación de la etiqueta según los resultados de determinación de PCBs de los equipos sospechosos.
1.6. Ingresar la información a una base de datos
1.7. Interpretación de resultados
1.8. Preparar el inventario
1.9. Reportar el inventario a la autoridad competente
1.10. Preparar un plan de acción de manejo de los equipos Ascarel o contaminados con PCBs

2. La autoridad competente podrá proceder a la toma de decisiones y/o acciones con base en los inventarios reportados:

a. Listar todos los propietarios de equipos/contenedores que contienen PCBs y las cantidades existentes de PCBs y geo referenciarlos
b. Asegurar que los equipos/contenedores que contienen PCBs puedan ser custodiados adecuadamente hasta su disposición final manejando como meta el año 2025 como fecha máxima de eliminación tal como lo especifica el Acuerdo Ministerial aprobado para tal fin.
c. Formular su propio plan de acción para la gestión de PCBs a nivel nacional

4.2.2 Identificación de PCBs según la placa del equipo

Los transformadores Ascarel o con PCBs con frecuencia se pueden identificar por el tipo de fluido dieléctrico, según lo que aparezca en la placa de identificación del equipo u otra información del fabricante, por lo general una de las marcas de Ascarel que se mencionan en el Anexo 6. La experiencia en el desarrollo de los inventarios de PCBs en el ámbito nacional demuestra que es poco probable encontrar equipos con el nombre del aceite con PCBs según información en la placa del fabricante, pero esta es la primera opción que se tiene para llenar o completar el formato a ser utilizado para la identificación.

El CESCCO/SERNA en conjunto con la ENEE desarrollaron un cuestionario para Inventario de Equipos que contenga PCBs (véase Anexo 2), para identificar los equipos (en uso o desuso) susceptibles de contener estos compuestos y aplicable para cualquier institución o propietario de estos residuos. También puede ser empleado el Cuestionario para Inventario de Equipo que contenga PCBs (véase Anexo 3) elaborado por la Unidad de Estudios Ambientales de la ENEE y que ha sido actualizado en el ejercicio del inventario de equipos con PCBs propiedad de la ENEE, este formato puede ser empleado para la identificación de lotes mayores a 15 unidades de equipos en un mismo sitio.

Es importante tener en mente que desde principios de 1970 a 1980 se han ido eliminando los usos de PCBs en equipos eléctricos. Desde **1975**, los países productores de estos equipos iniciaron a etiquetar en su placa la concentración de PCBs en los aceites. Antes de **1979** los **Estados Unidos de América** y **Japón** dejaron de producir equipos con PCBs y antes de **1983** en **Europa occidental (**Manual de Uso de los PCBs., Colombia 2010). Sin embargo, a menos que se tengan otros datos, se partirá de la premisa que todo equipo fabricado antes de **1986** puede contener PCBs. (PNUMA, 2002). En este sentido, todo equipo fabricado anterior a esta fecha, se considerará equipo contaminado con PCBs, a menos que se demuestre lo contrario por el propietario por medio de análisis laboratoriales.

Es de gran utilidad conocer que cuando el transformador tenga en su placa la siguiente nomenclatura iniciando con la letra "L", tal como en **LNAN, LNAF, LNWF**, etc., esto significa que **es un transformador Ascarel**, por otro lado, los transformadores de tipo aceite mineral por lo general tienen la designación de uso comenzando con la "O" , tal como en **ONS, ONAN, ONWF**, **ONAF**, **OA**, etc., sin embargo, no se descarta la posibilidad de contaminación cruzada durante las operaciones de mantenimiento.

4.2.3 Muestreo de aceites

Si el equipo eléctrico ya ha sido identificado como Ascarel o con PCBs, no es necesario tomar muestras. Si el fluido dieléctrico del transformador aún no ha sido identificado con o sin PCBs, es necesario extraer una muestra para su determinación. Cualquier equipo sospechoso se presumirá como con Ascarel o con PCBs hasta no demostrar lo contrario.

La importancia de la correcta toma de muestras es proporcionar la información necesaria y válida para evaluar la posible contaminación y establecer prioridades en las acciones, por lo tanto las decisiones dependerán de la concentración de PCBs.

Para que el muestreo sea confiable, se debe elaborar un plan de muestreo, el cual debe incluir:

- Objetivos del muestreo y el análisis
- Protocolo de muestreo y medidas de seguridad ambiental y personal
- Equipo y elementos requeridos para el muestreo (lista de verificación, véase Anexo 5.)

La toma de muestra de fluidos dieléctricos pueden ser de diferentes formas (Véase Anexo 12. Procedimientos para la toma de Muestras de Aceite Dieléctrico para la Determinación de PCBs).

1. Transformadores con válvula.
2. Transformadores con tapa.
3. Barriles con aceite.
4. Superficies potencialmente contaminadas (carcasas, bobinas, núcleos magnéticos, entre otros) [4]

[4] Este tipo de muestreo está fuera del ámbito de aplicación de este manual.

A continuación se describen los criterios a considerar para seleccionar el equipo que se debe muestrear:

- Transformadores que contengan aceite dieléctrico que fueron adquiridos o instalados antes de 1986 y que su placa no especifique la concentración de PCBs.

- Transformadores que contengan aceite dieléctrico y que se desconoce la concentración de PCBs por no tener la placa de referencia.

- Transformadores que han sido reparados y rellenados con aceite dieléctrico de otros equipos sospechosos de contener PCBs.

Es importante mencionar que previo a la toma de muestras de equipos en servicio, los transformadores bajo tensión deben ser aislados por técnicos debidamente capacitados de acuerdo a sus políticas de seguridad y prevención de riesgos.

4.2.3.1 Recomendaciones generales para el muestreo de aceites

La toma de la muestra, su envase, etiquetado y transporte, son puntos esenciales para una correcta clasificación del equipo (con o sin PCBs). Si alguno de estos puntos se realiza de forma incorrecta, los resultados serán erróneos e inválidos. Cabe señalar que se debe asegurar la integridad de la muestra, tomándola con las máximas precauciones:

- Debe asegurarse la correspondencia entre el equipo transformador, la muestra y su etiqueta.
- Para evitar confundir muestras entre sí, se deben completar las etiquetas antes de tomar la muestra y ser colocada inmediatamente (véase sección 4.2.3.3).
- Se debe verificar que la etiqueta quede firmemente unida al envase de la muestra y que no haya posibilidad que se desprenda del mismo.
- Es importante utilizar implementos limpios y secos para la extracción, para no contaminar la muestra.
- Los frascos para las muestras deben ser de vidrio ámbar de 120 mL manteniéndose herméticamente cerrados y protegidos de la luz solar y de la lluvia, antes y después del muestreo.
- Los frascos deben tener tapa roscada revestida internamente de teflón o gomas siliconadas (estos materiales no afectan la composición de la muestra de aceite). Los compuestos presentes en los plásticos usados comúnmente interfieren en el análisis de PCBs, por lo que la muestra no debe entrar en contacto con ningún tipo de plástico.

- Obtener al menos 50 mL de aceite de muestra o según las indicaciones que el laboratorio especifique.
- Es importante en todo momento minimizar la generación de residuos contaminados con líquido dieléctrico. Por ejemplo, no provocar derrames de aceite que requerirán materiales de limpieza que se convertirán en residuos especiales que pudieron ser evitados.

4.2.3.2 Materiales para la Toma de Muestras

Es parte importante de los protocolos de toma de muestras evitar la "contaminación cruzada" de las muestras. En general, la contaminación cruzada ocurre cuando se transfiere accidentalmente la contaminación de una muestra a otra, lo cual hace que el resultado del análisis de una de las muestras sea incorrecto.

La contaminación cruzada puede ocurrir por reutilizar equipos para la toma de muestras o recipientes contaminados. Por consiguiente, los frascos, pipetas y otros implementos involucrados en el proceso de obtención de la muestra deben ser desechables. Los implementos auxiliares del muestreo (bandeja de aluminio o teflón, herramientas metálicas, etc.) pueden ser reutilizados mediante la limpieza con un solvente orgánico de grado reactivo, por ejemplo, la acetona, fácil de adquirir, menos tóxico y de menor riesgo su manipulación; puede usarse también metanol, hexano o pentano que requieren mayor cuidado durante su manipulación.

La contaminación cruzada también puede resultar de la manipulación humana del equipo de toma de muestras y de los recipientes para muestras. Deben emplearse los guantes desechables apropiados los cuales deben cambiarse después de tomar cada muestra (después del muestreo de cada transformador).

Materiales	Características
1. Frasco de 120 mL. con tapa roscada	Vidrio color ámbar con tapa roscada revestida internamente de teflón o silicón.
2. Bolsas con cierre para muestra (envase secundario)	Polietileno transparente, 1 por cada frasco
3. Etiquetas para el equipo/aceite muestreado	Para el equipo/aceite muestreado adheribles, tamaño de 4 x 8 cm, que diga "MUESTREADO Ver Anexo 7.".
4. Etiquetas para los frascos con muestras	Adheribles y resistentes al agua
5. Bandeja para manipulación	Bandeja de teflón o aluminio de altura mínima de 5 cm y no mayor de 15 cm
6. Cobertura para el recipiente	Bolsa de polietileno de alta densidad (PEAD, por sus siglas en inglés) con dimensiones apropiadas para que la bandeja de manipulación quepa dentro de ella.
7. Material Absorbente (1 bolsa con capacidad de 8 galones de suficiente resistencia y un rollo de papel absorbente)	Material absorbente para aceites como ser: aserrín o arena (derrames accidentales de aceite mayores a 1 L en suelo) y papel absorbente para pequeños derrames en superficies lisas.
8. Piseta	Piseta de polietileno de 100 ml de vástago corto
9. Alcohol isopropílico	Grado comercial para limpieza de materiales como EPP y bandeja
10. Manguera descartable	De silicona, ¼ pulgada de diámetro, (para transformadores sin válvula).

Materiales	Características
11. Pipeta de 50 ml	Plástico rígido o plexiglás
12. Perilla	De plástico.
13. Lápiz	Indeleble al agua y al aceite, para rotulación de las etiquetas.
14. Acetona	Transportar en frasco ámbar y colocar en piseta para labores de campo
15. Bolsas plásticas	De PEAD para el transporte de residuos derivados del muestreo, sirven las mismas del ítem 6.

Tabla IV-1. Elementos para el muestreo. (CESCCO-Proyecto COPs 2, 2013)

4.2.3.3 Procedimiento para el muestreo de aceites

Para mayor detalle, véase Anexo 12.

4.2.3.4 Etiquetado y rotulado de muestras

Antes de comenzar con la obtención de la muestra, se deberán completar todos los datos solicitados en la etiqueta adherible. Véase Anexo 8. Muestra de etiqueta para frascos con aceite para determinación de PCBs.

Es obligatorio para quién colecte la muestra llenar todos los campos de la etiqueta.

4.2.3.5 Advertencias de seguridad

- No se debe comer, beber, ni fumar mientras se realiza el muestreo.
- Utilizar el EPP apropiado para fines de muestreo (véase sección 4.8.3)
- Una vez finalizada la extracción de muestra, todos los elementos contaminados con líquido dieléctrico que se descartan (guantes, trapos, papeles, etc.) deben ser introducidos en una bolsa PEAD debidamente etiquetada y cerrada herméticamente para ser dispuesta según lo recomendado por el manual.

4.2.3.6 Cadena de Custodia

La cadena de custodia, es un proceso que registra toda la información relevante para asegurar la integridad de la muestra desde la recolección hasta el reporte de resultados por parte del laboratorio contratado.

Deberá contener toda la información necesaria para poder interpretar el trabajo realizado en campo y el objetivo primordial de la investigación, debiendo recopilar la siguiente información básica:

- Cantidad y tipos de análisis requeridos
- Fecha y hora de muestreo
- Número de frascos remitidos por punto de muestreo
- Fecha y hora de remisión

- Identificación del responsable del muestreo

Todo lo relacionado con la recepción por parte del personal técnico, debiendo ser firmada dicha cadena de custodia por la persona encargada del muestreo y todas las personas involucradas en la posesión de la cadena (con las fechas y horas), para garantizar la integridad de la información registrada y otorgarle la validez técnica a la misma (Véase Anexo 9. Ejemplo de Cadena de custodia para parámetros de PCBs en aceite).

4.2.3.7 Métodos de análisis para detección/determinación de PCBs

Existen diferentes métodos de análisis, desde el más simple hasta complejos para determinar concentración de cloro en laboratorios. Un análisis básico para identificar Ascarel o aceites contaminados con PCBs es el de densidad, para ello, se requiere trabajar con todos los implementos de seguridad sugeridos en el presente manual.

Un ejercicio práctico y rápido consiste en:

- Extraer 10 mL de aceite en un vaso de bohemia o de precipitado (puede funcionar un vaso de vidrio transparente).
- Colocar un poco de agua en el vaso.
- Colocar un poco de aceite dieléctrico (en proceso de evaluación) en el vaso.
- Si la fase "oleosa" se dirige al fondo del vaso, su densidad es mayor a 1. Esto significa que seguramente contiene más de 50 ppm de PCBs y no hay necesidad de continuar con el análisis.

Si la fase "oleosa" permanece encima del agua, esto significa que es un aceite mineral dado que su densidad es menor a 1, y deberían continuarse con los análisis para asegurar si el aceite ha sido contaminado con PCBs.

Otro método que permite reducir tiempo y/o los gastos asociados con las pruebas/análisis de un gran número de equipos, son los kits de prueba.

Kit de Prueba

Los kits de prueba "Clor-n-Oil" se encuentran disponibles para determinar si el aceite muestreado es mayor o menor a 50 ppm de PCBs (método 8078 de la EPA de Estados Unidos). No obstante, el usuario del kit debe tener mucho cuidado en seguir las instrucciones cuidadosamente, incluyendo la interpretación de los resultados. Esta prueba trabaja bajo el principio de detección de cloro. La contaminación con sales (cloruro de sodio), agua marina, transpiración, etc., puede dar lugar a un falso positivo siendo necesaria la determinación analítica en el laboratorio.

Métodos de cuantificación más precisos

En caso que el método cualitativo diera positiva la presencia de más de 50 ppm de PCBs del aceite en cuestión, es necesaria la realización de un análisis bajo una metodología

cuantitativa más sofisticada, como el uso del instrumento L2000 (también de Dexsil®), el cual trabaja con un electrodo selectivo de iones (método 8079 de la EPA de Estados Unidos) que es capaz de analizar muestras simples como compuestas y detectar tipos de aroclor hasta 2 ppm u otros instrumentos selectivos de iones igualmente empleados a nivel internacional y aceptados por la Autoridad Competente.

Otros métodos igualmente reconocidos y precisos pero más costosos para determinar PCBs es la cuantificación mediante cromatografía gaseosa o espectrometría de masa u otro método de laboratorio reconocido por la Autoridad Competente para reportar existencias de PCBs.

4.3 Operación

Los equipos eléctricos originalmente con PCBs o los contaminados con éstos pueden continuar operando hasta que el operador decida descontaminarlo o sustituirlo. Para el caso, el Convenio de Estocolmo define el **año 2025** como plazo para dejar de utilizar los equipos con PCBs y el **año 2028** como año meta de destrucción definitiva de las existencias. Sin embargo, el país optó por reducir el plazo de eliminación al año 2025 a fin de adaptarse a los plazos establecidos por el Convenio en caso de alguna eventualidad de carácter nacional.

En tal sentido, los equipos eléctricos conteniendo aceites dieléctricos deben ser clasificados en cuanto a su nivel de contenido de PCBs para saber la magnitud de las acciones de manejo y prevención de riesgos a la salud y el ambiente a ser descritas en la planificación nacional.

Es necesaria la clasificación de los equipos con contenido de PCBs en el aceite siguiendo los criterios descritos en la sección 2.3.

A continuación se detallan algunas indicaciones para establecimientos con equipos Ascarel o equipos/contenedores contaminados con PCBs:

1. Señalizado a fin de restringir el acceso de las personas ajenas a la operación y mantenimiento de los equipos
2. Colocación de dispositivos que eviten choques o colisiones que podrían provocar daños o derrame de aceite de los equipos, por ejemplo en áreas de circulación de vehículos u otros equipos móviles.
3. Dotación de ventilación para evitar la acumulación de vapores
4. Separado de materiales combustibles o equipos con líquidos que puedan incendiarse con facilidad y transferir el fuego a los equipos con PCBs.
5. Dotado de un sistema de contención capaz de contener el 110% del volumen del líquido del equipo de tamaño mayor.
6. Cuando el equipo entre en desuso debe continuar siendo tratado como un residuo peligroso y su disposición final debe obedecer lo dispuesto por la Autoridad Competente y las alternativas de disposición final establecidas por el Convenio de Basilea.

4.4 Mantenimiento

4.4.1 Análisis de contenido de PCBs.

Antes de realizar mantenimiento a los equipos eléctricos y de los cuales se posee incertidumbre de la concentración de PCBs en sus aceites, es necesario que las secciones responsables del mantenimiento de los equipos, gestionen que los mismos sean analizados a fin de conocer el contenido de PCBs, para asegurar una gestión racional de los riesgos laborales y prevenir cualquier contaminación cruzada.

4.4.2 Prácticas asociadas al manejo de los equipos según su concentración de PCBs en sus aceites

- Con aceites aislantes con un nivel menor a los 50 ppm (Libres o No PCBs):
    - Los aceites libres de PCBs no deben ser mezclados con aceites dieléctricos contaminados para no aumentar la masa contaminada, ya que el volumen final total podría quedar con concentraciones por arriba de 50 ppm. Tampoco deben utilizarse para diluir aceites contaminados con el fin de lograr una concentración por debajo de los 50 ppm.
    - Emplear el EPP apropiado para solventes orgánicos según la sección de EPP.

- Con aceites aislantes con un nivel mayor o igual a los 50 ppm pero menor a 500 ppm (contaminados con PCBs):
    - Deben ser manipulados por personal capacitado.
    - El personal debe recibir entrenamiento para prevenir y responder ante accidentes.
    - Emplear el EPP apropiado para aceites con PCBs.
    - El personal debe recibir entrenamiento para prevenir y responder ante accidentes.
    - Emplear el EPP apropiado para aceites con PCBs.
    - De ser necesario el reemplazo de aceite por fuga, derrame o muestreo, el aceite perdido debe ser reemplazado solamente con aceite aislante libre de PCBs. Durante el reemplazo debe cuidar que el equipo e implementos (bombas, mangueras, etc.) no entren en contacto con el aceite del equipo. Si esto no fuera posible, el equipo a utilizar debe ser destinado únicamente a este tipo de aplicaciones y almacenados entre actividades como equipo contaminado.
    - Si el aceite de los equipos ha perdido sus propiedades aislantes y no es factible técnica y/o económicamente su reacondicionamiento, a criterio del propietario el aceite podrá ser drenado en su totalidad, y reemplazado con aceite libre de PCBs. Una vez drenado el aceite, el equipo contaminado debe ser retrolavado (véase sección 4.4.4) con aceite nuevo. El drenado de aceite debe realizarse con todas las medidas de seguridad y prevención referidas en este manual y el líquido drenado y otros residuos del proceso de retrolavado deberá ser tratado como residuo contaminado. Es posible que los PCBs residuales de las partes internas del equipo se dispersen en el aceite libre de PCBs sobrepasando las 50 ppm por lo que seguirá siendo manejado y dispuesto al final como equipo contaminado, a

menos que un análisis de laboratorio del equipo (aceite y partes internas) realizado un año después demuestre estar por debajo de 50 ppm; de sobrepasar este límite el propietario debe asumir la responsabilidad de disponer adecuadamente la masa contaminada adicional (aceite nuevo) al término de la vida útil del equipo o del plazo de eliminación establecido a nivel nacional. Un lavado de las partes internas del equipo con solventes apropiados podría lograr que el equipo alcance niveles de PCBs por debajo de 50 ppm. Es necesario garantizar que dichos solventes sean compatibles con los componentes del equipo a manera de no causar daños internos del mismo.

- Los aceites o líquidos aislantes solamente deben ser reacondicionados y/o regenerados en plantas fijas o equipos móviles con licencia ambiental. El equipo de tratamiento debe ser utilizado exclusivamente para estos fines, o garantizarse su descontaminación para su utilización posterior con aceites libres de PCBs.

- Con aceites aislantes que tienen niveles mayores a los 500 ppm (PCBs puros):

  - Emplear el EPP apropiado para aceites con PCBs.
  - Los aceites o líquidos aislantes solamente deben ser reacondicionados y/o regenerados en plantas fijas y con licencia ambiental ya que estos requieren equipos exclusivos.
  - Los aceites a utilizar para reponer aceite perdido por fugas, derrames o muestreo deben ser compatibles con el resto del aceite Ascarel del equipo.
  - El reacondicionamiento y el reemplazo total de aceite no podrá llevarse a cabo, ni el retrolavado del equipo, solamente se llevará a cabo el drenado del aceite para fines de disposición final, juntamente con el equipo Ascarel. El drenado de aceite debe realizarse con todas las medidas de seguridad y prevención referidas en este manual y el líquido drenado deberá ser tratado como aceite Ascarel. Al término de la vida útil del equipo o del plazo de eliminación establecido a nivel nacional, el propietario debe asumir la responsabilidad de la disposición final adecuada de la masa contaminada.
  - No se deben realizar actividades de mantenimiento que implican soldadura de piezas con PCBs.

Todo dispositivo y herramienta empleada para manipular equipos y aceites con niveles superiores a los 50 ppm de PCBs deben ser descontaminados con acetona para realizar un trabajo nuevo.

Bombas, mangueras y otros implementos de mantenimiento cuya descontaminación sea compleja o no práctica deben ser utilizados exclusivamente para estos fines y custodiados en espacios dedicados exclusivamente para esto, señalizados y de acceso restringido.

Los aceites contaminados con PCBs o aceites Ascarel no deben ser utilizados para nivelar o rellenar ningún equipo (libre, contaminado o Ascarel). Si podrá ser drenado temporalmente y vuelto a poner en el mismo para fines de mantenimiento o reparación.

4.4.3 Prácticas durante el mantenimiento de equipos con PCBs

A continuación se listan los requerimientos necesarios en el sitio o local donde se realizarán labores de mantenimiento de equipos eléctricos con aceites contaminados con PCBs o equipos ascarel:

Equipos pequeños (Transformadores, interruptores de distribución y otros):

- El sitio, local o taller debe estar debidamente ventilado.
- Los locales o talleres deben tener paredes y piso impermeables a fin de evitar la contaminación del ambiente de trabajo (no aplica para mantenimiento *in situ*).
- Sistema de contención para contener posibles derrames.
- Contar con bolsas PEAD y barriles para el embalaje de residuos contaminados con PCBs.
- Tener disponible materiales absorbentes como aserrín, arena u otro material absorbente para contener derrames.
- Plan de contingencias

Equipos Medianos y Grandes (Transformadores de potencia y transformadores de distribución de gran tamaño)

Para estos equipos lo más probable es que no se disponga de un local definido para su mantenimiento, por lo que será necesario acondicionar un área para que cumpla con los requisitos siguientes:

- Antes de la intervención del equipo, el aceite o líquido aislante deberá ser drenado y almacenado debidamente. Para el caso de accidente con derrames de aceite, disponer de materiales absorbentes como aserrín y arena.
- El sitio o área elegida para el mantenimiento debe contar con adecuada ventilación.
- Colocar una cortina alrededor del equipo cubriendo la altura total del mismo para evitar salpicaduras de aceite residual a paredes y otras superficies.
- Cubrir con PEAD el suelo por debajo del equipo para captar aceite residual, procurando que el PEAD forme una concavidad suficiente para tal captación.
- Tener suficiente esponja como material absorbente para reducir la cantidad de aceite contenido en la concavidad.
- Contar con bolsas PEAD y barriles para el embalaje de residuos contaminados con PCBs.
- Plan de contingencias para todas las actividades de mantenimiento.

4.4.4 Retrolavado

El retrolavado podrá realizarse a equipos contaminados con PCBs (50-499.99 ppm) que han sido reportados a la autoridad competente previamente. Se procederá a esta alternativa cuando el propietario demuestre que la sustitución o reemplazo del equipo no sea económicamente factible en el corto plazo (5 años).

El retrolavado consiste en:

1. Realizar pruebas eléctricas al equipo (para asegurar que el esfuerzo de retrolavado permitirá continuidad de operación al equipo)
2. Revisar y reemplazar uniones, bornes u otras partes, debiendo tratar las partes solidas reemplazadas como residuos contaminados con PCBs
3. Enjuagar con aceite mineral (dieléctrico) nuevo, libre de PCBs
4. Llenar con aceite dieléctrico nuevo, libre de PCBs
5. Analizar residuos de PCBs residual a los 3 y 12 meses trascurridos después del retrolavado
6. Reclasificar el equipo una vez declarado a la autoridad competente.
7. Re etiquetado del equipo

El propietario debe seleccionar para este proceso, empresas o personal calificado para llevar a cabo dicha operación, asumir los costos del servicio, logística (tratamiento in situ o fuera de sitio), proceso de efectividad del retrolavado, costos de disposición final del aceite drenado y partes contaminadas con PCBs, confiabilidad del servicio, percepción del público, vida útil del equipo y rendimiento-efectividad del aceite mineral nuevo a ser utilizado.

4.4.5 Descontaminación de los equipos

Un equipo con PCBs o equipo Ascarel puede ser descontaminado por procedimientos especializados que habilitan que el equipo continúe en operación después del plazo establecido a nivel nacional, si acaso este equipo aún tiene una vida útil razonable para el propietario; o simplemente convertirlo en un residuo no peligroso.

La descontaminación deber ser realizada por compañías debidamente autorizadas y personal calificado garantizando que el equipo sea libre de PCBs confirmado mediante análisis de laboratorio.

El propietario mediante análisis económico determinará si procede a una descontaminación o a la disposición final del equipo en las condiciones en que sale de uso (residuo peligroso).

4.5 Almacenamiento

Es necesaria la destinación de sitios debidamente diseñados y autorizados para el almacenamiento de equipos eléctricos con PCBs y residuos contaminados con estos. Es necesario disponer de mecanismos institucionales de registro y control de las existencias por parte de la empresa o establecimiento que los haya identificado, en especial de los que se encuentran en desuso. El centro de acopio debe estar a una distancia recomendada de 100 metros de edificaciones que impliquen residencia de personas, congestionamiento de vehículos y zonas de inundación y aguas freáticas. Debe disponer de los servicios básicos de agua, electricidad y telecomunicación.

Se deberán diseñar mecanismos administrativos capaces de asegurar la integridad física de los equipos y residuos con PCBs (evitar saqueos, reutilización de partes, ventas no autorizadas, etc.).

Los transformadores eléctricos indistintamente que contengan o no PCBs deben ser manejados de forma correcta. Para el caso de los equipos con PCBs es preferible no se almacenen al aire libre; debe preverse protección contra la intemperie, libres de derrames y protegidos contra el vandalismo o saqueo de sus partes.

Los equipos que presenten corrosión, sus líquidos deben ser drenados siguiendo las recomendaciones de la sección de embalaje/envasado. Los equipos que posean aberturas u orificios deben ser debidamente sellados a fin de evitar posibles derrames y colocados siempre en posición vertical.

En relación a los sitios de almacenamiento, los mismos deben cumplir con estándares constructivos y contar con la Licencia Ambiental correspondiente, debiendo contar con las siguientes características básicas:

- Piso impermeabilizado de tipo industrial o sellado con pintura epoxi.
- Techo para la protección contra la lluvia y deterioro de los equipos y barriles.
- Instalación de un sistema de drenaje con pendiente para la colección de líquidos derramados con capacidad de almacenar el volumen de aceite de los equipos.
- Instalación de dispositivos de combate a incendios distribuidos estratégicamente, que no utilicen agua como extinción de llama.
- Señalización de centro de acopio o de almacenamiento de equipos y residuos con PCBs.
- Cerco con malla ciclón, candado y alambre de púas.
- Restricción de accesos y rotulo de “Prohibido el Acceso”.
- Iluminación permanente y alternativa en caso de situaciones de emergencia.
- Plan de contingencias.
- Accesos internos y externos en buenas condiciones sin obstáculos.
- En el área de acopio no se deben ingerir ni almacenar alimentos, agua potable y combustibles.
- No se debe estibar directamente contenedores con aceite o residuos con PCBs uno sobre otros, aplica igualmente para los equipos eléctricos con PCBs.
- Las paredes y demás componentes deberán ser de concreto pulido o sellado con pintura epoxi para permitir la descontaminación en caso de derrames.

Los equipos y barriles siempre deben colocarse en posición vertical. La regencia ambiental[5] de la empresa o establecimiento deberá al menos semestralmente, verificar la integridad de los equipos y reportar el nivel de cumplimiento de las características anteriormente citadas. En caso de accidentes tomar en cuenta lo recomendado en la sección de EPP.

No comercializar los equipos, sus carcasas, aceites y barriles. El centro de acopio no debe operar como sitio para analizar PCBs, todo equipo debe haber sido dictaminado con PCBs previamente, antes de llegar al mismo. El centro de acopio tampoco debe utilizarse para realizar labores de mantenimiento de los equipos ni manipular sus aceites. Para estos

[5] Entidad responsable dentro de la estructura organizativa de una institución de evaluar y monitorear el cumplimiento de las medidas de control ambiental según las disposiciones legales establecidas para tal fin.

propósitos debe destinarse un área específica en los talleres de mantenimiento y el centro de acopio solamente debe utilizarse para fines de almacenamiento.

Para aquellos equipos pequeños con PCBs, para los que aplique, deben ser almacenados en doble saco de PEAD debidamente etiquetados.

El responsable del centro de acopio deberá mantener en custodia, bitácoras de ingreso y salida (para fines de disposición final únicamente) de equipos y residuos, conteniendo como básico la siguiente información

1. Fecha de entrada
2. Procedencia
3. Tipo de equipo
4. Cantidad de líquido o aceite

Si es otro material distinto a equipo:

1. Fecha de ingreso
2. Procedencia
3. Tipo de material ingresado (aceite, suelo contaminado, otro material)
4. Cantidad/peso

Debe asegurarse que el equipo o contenedor que ingresa o sale del centro de acopio esté debidamente etiquetado. También es importante mantener un registro de las visitas e inspecciones semestrales y de los incidentes/accidentes ocurridos en el local.

4.6 Transporte

4.6.1 Embalaje/envasado de residuos con PCBs

El embalaje o envasado de aceites con PCBs provenientes de equipos Ascarel o PCBs debe realizarse en barriles metálicos de aluminio, acero o de plástico rígido con buenas condiciones y con una capacidad máxima de 55 galones y 400 kg de peso. Los bordes de dichos barriles deben ser sellados.

El transporte de equipos y embalajes/envases con PCBs debe realizarse en vehículos provistos con un sistema de contención a manera de acopiar un volumen suficiente no menor al 30% de la carga transportada.

En el caso del transporte de muestras de aceite para análisis de laboratorio, este puede ser efectuado por otro tipo de vehículo asegurándose que la muestra lleve doble protección de envoltura o mediante el transporte en doble recipiente.

Los equipos o barriles conteniendo PCBs deben ser transportados siempre en posición vertical y fijados a la carrocería del vehículo de carga y cubiertos en caso de lluvias.

Para el transporte de transformadores eléctricos con contenido mayor a los 300 litros de aceite con PCBs o aceite Ascarel, sus aceites deben ser drenados a barriles a fin de evitar derrames en caso de accidentes por tránsito o ruptura de las carcasas. Siempre debe asegurarse la integridad de los transformadores y la placa del mismo durante el transporte, así como de etiquetas colocadas de identificación de PCBs.

4.6.2 Embalaje/envasado para fines de disposición final

El transporte de equipos con PCBs o sus residuos para fines de eliminación o disposición final fuera de Honduras debe cumplir con las disposiciones legales vigentes en el ámbito nacional. También pueden ser empleadas las Recomendaciones de las Naciones Unidas Relativas al Transporte de Mercancías Peligrosas: Reglamentación Modelo cuando las concentraciones de estos compuestos excedan los 50 ppm y los volúmenes sean mayores a un litro.

Los PCBs o los residuos contaminados con estos, son clasificados por las Naciones Unidas como sustancias y objetos varios peligrosos, incluidas las sustancias peligrosas para el medio ambiente, Clase 9:

El número de las Naciones Unidas asignado a los residuos de PCBs son:

- 2315, para PCBs líquidos
- 3432, para PCBs sólidos

Esta clasificación está acorde a las disposiciones del Convenio de Basilea.

A efectos de embalaje/envase, los residuos de PCBs deben cumplir con el Grupo de embalaje/envase II de las Naciones Unidas: Sustancias que presentan un peligro intermedio.

Para el transporte de líquidos y sólidos que contengan o estén contaminados con PCBs se deben seguir las instrucciones de embalaje/envasado P001 (líquidos) o P002 (sólidos) de las Naciones Unidas según el caso (véase Recomendaciones Relativas al Transporte de Mercancías Peligrosas: Reglamentación Modelo)

El nivel de llenado en los barriles debe ser de un 90% y las marcas de los mismos deben cumplir con las especificaciones de las Naciones Unidas.

Los contenedores deben ser colocados sobre tarimas de madera tratadas para fines de transporte o de PEAD y asegurados en plataformas. Los contenedores y cajas de metal deben estar etiquetados de forma que indiquen las categorías y los códigos de las Naciones Unidas pertinentes

Los embalajes/envases que puedan contener transformadores y condensadores y otros aparatos deben tener capacidad para acopiar 1.25 veces el volumen de los aceites con PCBs. Los embalajes/envases deberán estar rodeados de material absorbente suficiente para absorber al menos 1,1 veces el volumen del líquido contenido en los aparatos.

4.6.3 Etiquetado

El etiquetado de los equipos o barriles con PCBs debe marcarse con etiquetas que incluyan la siguiente información:

1. Este equipo contiene PCBs que pueden contaminar el ambiente y por ley se deben eliminar.
2. Números de teléfono de autoridades competentes en caso de emergencias.

Véase Anexo 10. Modelo de Etiqueta para equipos con niveles superiores de 50 ppm de PCBs.

Los barriles para fines de transporte para su disposición final deberán contar con las etiquetas de la Clase 9 y de contaminante del mar.

Ilustración IV-1. Etiqueta correspondiente a la clase 9 de misceláneos según la Organización de las Naciones Unidas atribuible a los PCBs. (GHS, 2010)

Ilustración IV-2. Etiqueta correspondiente contaminante del mar, para efectos de identificación de los PCBs. (SGA, 2010)

4.7 Disposición Final

Los residuos de PCBs sujetos a disposición final obligatoria son los siguientes:

- Partes de equipo que contengan PCBs
- Transformadores en aceite mineral que contengan PCBs (>50 ppm)
- Recipientes descartados que hayan contenido PCBs
- Vestimenta, trapos, mamelucos especiales, guantes, lentes de protección, etc., contaminados con PCBs.
- Líquidos de lavado y aguas que contengan más de 0.5 ppm de PCBs.
- Tierra, suelo, escombro y otros productos absorbentes que contengan (antes de alguna dilución) más de 50 ppm de PCBs.
- Solventes de limpieza de transformadores
- Arena de filtrado usada para fluidos dieléctricos

NOTA: La arena con contenidos de PCB entre 10 y 50 ppm se desecharán en vertederos industriales aprobados o en centros de acopio establecidos para tal fin.

La disposición final de los equipos, aceites y residuos contaminados con PCBs debe realizarse en instalaciones industriales para tal fin, contando con la Licencia Ambiental emitida por la Autoridad Competente.

Los residuos líquidos como aceites aislantes con PCBs superior a los 50 ppm, debe ser incinerado, co-procesado en hornos cementeros (siempre y cuando los hornos estén acondicionados para tal fin) o descontaminados atendiendo los límites establecidos para considerarlo libre o exento de PCBs.

Los residuos sólidos como material absorbente, EPP, madera, papel, trapos, etc., igualmente deben ser incinerados. Los residuos sólidos impermeables en general deben ser incinerados o descontaminados cumpliendo con los niveles establecidos por la autoridad competente.

Los equipos eléctricos que tengan aceites contaminados con PCBs también tendrán como destino la incineración total o la descontaminación según la opción más viable por el propietario. Las partes de transformadores como carcasas, bobinas de cobre o aluminio, aislantes cerámicos y demás partes también deberán ser incinerados juntamente con otras partes del equipo como papel, madera y el aceite aislante.

La disposición final de los equipos eléctricos cuyo contenido de PCBs sea inferior a los 50 ppm deberá cumplir con las disposiciones legales para los residuos industriales vigente en el país y seguir los lineamientos para la disposición final de aceites libre de PCBs y chatarra.

Los aceites que excedan los 500 ppm de PCBs y los materiales impregnados con estos deben ser incinerados únicamente.

4.8 Salud y Seguridad Ocupacional

4.8.1 Prevención de Riesgos

Debido a las propiedades tóxicas de los PCBs y a su habilidad para bioacumularse, se deben aplicar medidas de protección y seguridad estrictas durante el manejo, uso, almacenamiento de estos residuos.

Las prácticas básicas a realizar por la institución o establecimiento poseedor de equipos con PCBs son:

1. Capacitar al personal sobre los riesgos de los PCBs y donde esta localizados dichos equipos o residuos con PCBs. Asimismo, las medidas a tomar en caso de accidentes (véase Sección 4.10)
2. Proporcionar capacitación en salud y seguridad industrial al personal que maneja o que potencialmente está expuesto a los PCBs.
3. Prohibir el uso de equipos productores de llamas en presencia de PCBs, o de equipos que aumenten la temperatura en la superficie metálica a niveles altos, debido a los riesgos de descomposición y emisiones de sustancias tóxicas (esto significa la prohibición de operaciones de soldadura y de corte mediante oxi- acetileno en los transformadores con PCBs)
4. Evitar, en la medida de lo posible, las emisiones de vapores en los talleres donde se estén reparando equipos con PCBs, asegurar que haya una buena ventilación en el área de trabajo, analizar de ser necesario, la calidad del aire que inhala el personal.
5. En general, se debe tratar de mantener el transformador herméticamente cerrado en todo momento y evitar derrames. En este sentido es importante verificar el buen estado de la carcasa de los transformadores.
6. Almacenar productos y residuos en contenedores metálicos o plásticos sellados y etiquetados, los cuales deberán mantenerse en instalaciones con adecuada ventilación
7. Evitar cualquier contacto de los aceites o residuos con PCBs con la piel, ojos y la boca.
8. Se deberá proporcionar al personal equipos de protección apropiados (Véase Sección 4.8.3).
9. Proporcionar un programa de monitoreo médico para controlar la exposición a los PCBs del personal que manejan estos equipos y sus residuos.
10. El personal asignado a tareas de manipulación, traslado y almacenamiento de aceites dieléctricos (transformadores, condensadores, etc.) o equipos que los contengan, debe contar con la información y la formación necesaria sobre los procedimientos a emplear, el uso de las protecciones personales, las medidas de contención en caso de derrames accidentales y los primeros auxilios frente a contactos no deseados con el aceite.

Las personas que trabajan con equipos y/o aceites aislantes deben estar al tanto de las precauciones necesarias para limitar la exposición prolongada a niveles altos de PCBs o manipulación con equipos Ascarel.

También vale la pena anotar que entre más alta la concentración de PCBs en el equipo o material contaminado que maneje un trabajador, con mayor rigurosidad debe observar las precauciones de seguridad.

Se debe evitar los períodos largos de exposición a concentraciones de PCBs. La exposición sostenida de alto nivel se asocia con efectos adversos para la salud (Véase Sección 2.4 Efectos a la Salud). Una concentración en la sangre de menos de **200 ug/L** (aproximadamente 100-200 veces el rango de exposición normal máximo) rara vez se relaciona con efectos nocivos para la salud, mientras que los niveles superiores a **600 ug/L** (aproximadamente 300 veces o más que el rango normal máximo) comúnmente se asocian con desórdenes de la función hepática (Coulston and Kolbye 1994).

4.8.2 Valores de Referencia (umbrales)

La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) de Estados Unidos de América promulgó los límites permisibles de exposición por metro cubico de aire para productos con clorodifenilos, para el caso 1 mg/m^3 para productos con 42% de cloro y 0.5 mg/m^3 para productos con 54%; para un periodo de exposición de 8 horas de trabajo.

4.8.3 Equipo de Protección Personal (EPP)

Con el objetivo de proteger la salud, se debe usar el equipo de protección personal mientras se manipulan los equipos que contienen aceite dieléctrico, así como cuando se realicen tareas que impliquen un posible contacto con los mismos como ser reparaciones in situ o ex situ:

El equipo de protección personal a emplear dependerá de la situación de riesgo con los PCBs, estos se describen a continuación:

4.8.3.1 Equipo de Protección Nivel A

Implica el mayor nivel de protección personal. Se requiere mayor protección de los ojos, la piel y el sistema respiratorio. Escenario donde se presenta alta concentración que ha sido medida (o sospechosa) de vapores de PCBs o de partículas, o donde hay un alto potencial de salpicadura en la piel o de inmersión en PCBs.

Aplica para cualquier trabajo dentro de una edificación con ventilación deficiente u otros espacios cerrados donde se hayan volatilizado los PCBs a partir de superficies grandes, p.e., una situación de limpieza de un derrame de gran consideración.

4.8.3.2 Equipo de Protección Nivel B:

Se emplea en lugares donde se requiere un alto nivel de protección respiratoria (o sea, una situación similar a la del Nivel A), pero donde existe poco potencial para que haya contacto de los PCBs con la piel. Un ejemplo de situación en que se requiere el uso del Nivel B sería una en que el trabajador ingrese a un recinto mal ventilado u otro espacio confinado donde se ha presentado un derrame grande y el trabajador solamente está ahí para inspeccionar y no para participar en la operación de limpieza de un derrame.

4.8.3.3 Equipo de Protección Nivel C:

Se emplea en lugares en que el peligro respiratorio no es alto, pero se espera que las concentraciones de PCBs en el aire continúen estando por encima de los niveles aceptables. Ejemplo de situaciones en las que se recomendaría e Nivel C sería el de operaciones en recinto interior con equipo PCBs abierto o contenedores abiertos de materiales contaminados con PCBs, operaciones al aire libre en áreas grandes de derrame de PCBs u operaciones en que se trabaje de manera estrecha y continua con equipo abierto de PCBs o con contenedores abiertos de material contaminado con PCBs.

4.8.3.4 Equipo de Protección Nivel D:

Se emplea cuando no hay riesgo respiratorio, pero puede existir el potencial de daños menores por contacto de los PCBs con la piel o la ropa. Un ejemplo de situaciones donde el Nivel D se recomendaría es la toma de muestras en transformadores o contenedores con PCBs, o en áreas pequeñas de suelos o aguas contaminadas.

Independientemente del nivel del EPP que se use, los trabajadores deben aplicar buenas prácticas de higiene, a fin de reducir su exposición a los PCBs, por ejemplo: Al quitarse el EPP, se debe tener cuidado de retirar el EPP contaminado, de manera que se prevenga el contacto de la piel con los PCBs. Leer el manual de los equipos de cómo realizar el lavado de los mismos en caso de ser trajes reutilizables. Los trabajadores deben lavarse bien con agua y jabón después de trabajar con PCBs.

Equipo de Protección a utilizar	Nivel A	Nivel B	Nivel C	Nivel D
1. Respirador proveedor de aire o equipo auto-contenido industrial (Self-contained Breathing Apparatus-SCBA)	✔			
2. Mascara facial completa	✔	✔		
3. Mascara facial parcial			✔	✔
4. Filtros contra polvos (vapores orgánicos, partículas y gases ácidos)	✔	✔		
5. Filtros contra vapores orgánicos			✔	✔
6. Traje encapsulado completo contra vapores y salpicaduras (liquidas) Tychem® TK	✔			
7. Traje desechable de polietileno para protección con capucha Tychem® QC		✔	✔	
8. Delantal de nitrilo o neopreno				✔
9. Guantes de nitrilo, neopreno o policloropreno para uso externo al traje completo (para trabajo pesado)	✔			
10. Guantes de nitrilo o neopreno (en caso de manipulación de aceites o residuos con PCBs.)		✔	✔	✔
11. Guantes de nitrilo o neopreno			✔	✔
12. Casco	✔	✔	✔	✔
13. Bota de puntera de acero y cuerpo de bota con nitrilo	✔	✔	✔	
14. Cubre botas para protección en caso de derrame químico			✔	✔

Tabla IV-2. Detalle de equipo de protección personal (EPP) a ser empleado por nivel de riesgo (Proyecto COPs 2. 2013)

4.9 Accidentes más frecuentes

Los accidentes con PCBs pueden ser agrupados en tres categorías principales:

- Contaminación fría
- Accidentes eléctricos simples
- Accidentes que implican procesos térmicos

4.9.1 Contaminación fría

Los accidentes que involucran defectos meramente mecánicos se conocen como "contaminación fría" causantes de la ruptura de los sellos y pérdidas de PCBs de la carcasa, pero sin afectar la composición de los dieléctricos. Las pérdidas provienen, por ejemplo, del sello entre el tanque y su cubierta o de puntos oxidados que han llevado al deterioro del metal provocando liberación del líquido.

Este tipo de accidentes resulta en la dispersión de PCBs, posiblemente sobre una gran área si el aparato no tiene un sistema de retención. Puede ocurrir con aparatos instalados o cuando el aparato está siendo transportado (por ejemplo, cuando el aparato está siendo enviado para su destrucción). La experiencia muestra que la contaminación con PCBs penetra rápidamente en el suelo y, en algunos casos, puede incluso alcanzar aguas subterráneas.

Los accidentes eléctricos simples resultan de fallas en el aislamiento eléctrico del transformador. El arco eléctrico resultante crea una sobrepresión, lo cual causa ruptura de la carcasa o tanque y el dieléctrico gotea como líquido o como un aerosol. La dispersión resultante de PCBs, es más importante que en los accidentes del primer grupo, y la formación del aerosol causa contaminación por emisión.

Cantidades considerables de ácido clorhídrico pueden formarse y pueden incluso causar problemas al servicio de emergencia. Como los PCBs se descomponen en ausencia de aire (dentro del líquido aislante), los expertos creen que hay poca posibilidad de formación de dioxinas y furanos ya que estos se generan en presencia de oxígeno.

Este también es caso de "accidente frío" ya que los PCBs no se someten a descomposición térmica en presencia de aire.

A continuación se describen algunas medidas preventivas:

- Se debería verificar en forma regular la hermeticidad de los equipos, pero en todos los casos debería existir un mecanismo hermético para la contención de los derrames
- En las instalaciones existentes puede mantenerse el sistema de retención existente si es hermético y si no existe peligro de derrames hacia el ambiente.

- En las nuevas instalaciones, el mecanismo deberá tener un mínimo de capacidad por lo menos igual al más alto de los siguientes valores:
  - 100% de la capacidad del contenedor más grande
  - 50% del volumen total almacenado (de esta forma, un taller en donde haya un transformador con 400 litros y otros dos transformadores que contengan 300 litros cada uno deberá tener una capacidad mínima de retención de 500 litros)
  - No se aplica el requerimiento de un mecanismo de retención hermético para capacitores impregnados con PCB en forma de gel, dado que no es probable el mismo escape en caso de que la carcasa se rompa
- En talleres de reparación, recuperación, descontaminación y desmantelamiento, se toman las medidas descritas anteriormente. Los pisos de cada instalación deberán ser herméticos y fáciles de descontaminar. A tales efectos, sería aconsejable aumentar los umbrales y bloquear las aberturas por donde podría derramarse aceite (por ejemplo, los espacios para el pasaje de cables)
- Se prohíbe el alcantarillado y tuberías de combustible

4.9.2 Contaminación caliente

Los accidentes que involucran fuego o descomposición térmica de los PCBs en presencia de aire permiten la liberación de dioxinas y furanos por estar en presencia de oxígeno y se reconocen como “contaminación caliente”.

Hay varias causas posibles de este tipo de accidentes, para el caso un pico de voltaje de origen atmosférico puede causar un arco dentro del transformador el cual normalmente puede suprimirse mediante dispositivos primarios de protección.

Una sobrecarga secundaria de voltaje o un cortocircuito en los circuitos principales puede conducir a un sobrecalentamiento significativo y causar un incendio. Estas sobrecargas deberían normalmente ser detenidas y suprimidas por dispositivos de protección en la parte superior, si éstos han sido colocados y ajustados de la manera correcta.

El hecho puede verse agravado en el caso de fuentes principales que se vuelvan a encender automáticamente si el aparato no cuenta con un dispositivo de protección primaria. Finalmente, el transformador puede dañarse a causa de un incendio proveniente de otra fuente.

Para evitar la posibilidad de descomposición de los dieléctricos, la cual puede ocurrir cuando los vapores tóxicos alcanzan 300 °C, se deben seguir los siguientes pasos:

- Prohibir la acumulación de materiales inflamables (papel, cartones, trapos, pinturas, solventes) en los alrededores de los equipos o bloquear los equipos mediante el uso de tabiques refractarios con una clase de resistencia al fuego de dos horas (con puertas refractarias de una hora de resistencia) con el objetivo de protegerlos de posibles incendios externos.
- Informar a los servicios de emergencia y bomberos de la presencia de equipos con PCBs, de manera que puedan adaptarse los procedimientos de emergencia adecuados.

- Verificar (o disponer que una organización aprobada verifique) que los artefactos con PCBs no estén operando en condiciones de sobrecarga eléctrica
- Verificar que los equipos eléctricos tengan la protección correspondiente para asegurar que se apaguen en caso de mal funcionamiento interno así como instrucciones que prohíban que se vuelvan a encender manualmente antes de determinar la causa del malfuncionamiento.
- Asegurar que los combustibles estén cerrados en forma apropiada. Los sitios donde se manejen los PCBs y se depositen artefactos que contengan PCBs deben ser distintos a aquéllos donde se realicen otras actividades. Es aconsejable tomar medidas para prevenir que el humo o vapor generado en caso de accidente se propague a sitios vecinos o a las oficinas (por medio de turnos técnicos, ductos de ventilación, tuberías de eliminación de desechos, etc.)

4.10 Medidas en caso de accidentes

4.10.1 Derrames

En caso de derrame de PCBs, en primer lugar se debe evaluar el entorno del sitio y evacuar al personal que se encuentre en el recinto. Para absorber el producto derramado, se debe contar con material absorbente para control de derrame.

El personal encargado de derrames debe tener en cuenta precauciones de primeros auxilios que se indican en las sección 4.10.2 y cerciorarse que el área donde se produjo el derrame tenga ventilación suficiente. En estaciones cerradas se utilizarán ventiladores portátiles a nivel del suelo.

En cuanto al derrame se debe seguir las siguientes instrucciones básicas:

- De ser posible deténgase la fuente de derrame (cierre válvulas).
- De no poder detener la fuente de derrame y en caso de que el aceite con PCBs alcance una corriente de agua, canalización, o alguna otra área inaccesible, el primer empleado que llegue al área del derrame debe iniciar procedimientos de notificación al jefe inmediato y al cuerpo de bomberos y de estar capacitado, emprender medidas para evitar que más material derramado alcance aguas o suelos. Posteriormente llenar el registro de accidentes (Véase Anexo 4) y gestionar ante el cuerpo de bomberos el reporte de la severidad del caso para tomar las acciones según amerite el caso.
- Evaluar los requerimientos de control de derrames disponibles (equipos o materiales necesarios para detener o controlar la expansión del derrame).
- Todo el personal de limpieza que manipule aceite con PCBs o que esté trabajando en la limpieza misma debe utilizar vestimenta y EPP para evitar que su ropa o piel se contamine con PCBs. (Véase Sección 4.8.3)

- Se debe colocar barreras alrededor de las áreas contaminadas para evitar que transeúntes y vehículos ingresen al área contaminada, antes de que el material contaminado haya sido recogido y retirado.
- Una vez que los fluidos derramados hayan sido absorbidos, el material absorbente y el suelo contaminado debe depositarse en los barriles especiales para tal fin. Cuando la situación no permita determinar el nivel de penetración de PCBs, se retirarán por lo menos 15 cm de profundidad de suelo.
- Barriles o bidones que contienen material contaminado deben ser tratados como residuos contaminados y ser custodiados en centros de acopio para el manejo ambientalmente racional.
- Todas las superficies, estructuras, instalaciones y objetos expuestos a los líquidos derramados deberán descontaminarse con un solvente orgánico. Se deben tomar muestras de las superficies descontaminadas para verificar que se alcanzó el nivel apropiado de descontaminación.
- Cuando sea posible, deben lavarse con solvente los objetos contaminados, como herramientas, ropa, botas y otros equipos. De lo contrario, deben depositarse en los barriles para su disposición ambientalmente racional.
- Deben tomarse todas las medidas necesarias para evitar que el solvente y el aceite con PCBs ingresen a los sistemas de drenaje o alcantarillado, se puede utilizar diques, tapones de drenaje o entre otros.
- Utilizar solvente (acetona, hexano, tetracloroetileno o un detergente especifico) con precaución para evitar la contaminación de otros equipos, vehículos, etc. en el área del derrame. Todos los barriles que contengan aceite/solvente contaminado deben estar debidamente identificados y almacenarse quedando perfectamente asegurados y etiquetados para evitar nuevos derrames.
- Todo material contaminado debe ser empacado en sacos plásticos de polietileno de alta densidad (PEAD) y colocados en contenedores según se indicó en la sección de embalaje/envasado de residuos con PCBs.

En el caso de derrames sobre superficies porosas (madera, cemento no revestido, etc) se debe proceder como se indica:

- Contener el derrame con material absorbente (arena, aserrín o base de pasto) para impedir mayor arrastre
- Retirar todo liquido derramado o exceso del mismo
- Contener el material absorbente (material contaminado) en los barriles según la sección de embalaje/envasado
- Remover la capa superficial a una profundidad donde no sea visualmente perceptible la contaminación con aceites, en el caso de madera se deberá almacenar según disposiciones de embalaje/envasado
- En caso de derrames donde se conoce que el aceite tiene más de los 50 ppm de PCBs, será necesaria la determinación de PCBs en diferentes profundidades del suelo hasta asegurar no se exceda a los 50 ppm de PCBs; cuando el derrame proviene de diferentes fuentes será necesaria la determinación de PCBs de la superficie contaminada.

En el caso de derrames sobre superficies impermeables se debe proceder como se indica:

- Contener el derrame y retirar todo aceite derramado con material absorbente (arena, aserrín o base de pasto) para impedir el arrastre
- Contener el material absorbente (material contaminado) en los barriles según la sección de embalaje/envasado
- Proceder con la descontaminación del local, empleando tejidos como algodón absorbente, fibra no sintética empapada con solvente, por ejemplo: hexano, tetracloroetileno o un detergente especifico y disponer todo el material según la sección de embalaje/envasado y cumplir con lo recomendado en la sección de disposición final.
- Analizar la superficie para determinar la contaminación por PCBs, a fin de demostrar que la concentración de PCBs es inferior a los 100 microgramos/100 cm^3. En caso de ser superior, se debe repetir el procedimiento a fin de reducir a los umbrales requeridos.

El personal encargado debe llenar una bitácora para el registro de los accidentes (Véase Anexo 4) y una ficha para constatar las acciones correctivas. Los contenedores deben ser almacenados como se indicó en la sección de almacenamiento. Los materiales contaminados deben cumplir con la disposición final sugerida en el presente manual.

En todos los procedimientos debe ser empleado el EPP (sección 4.8.3).

4.10.2 Accidentes causados por falla eléctrica o incendio

Primera situación: El transformador está intacto. Sólo hubo algún cebado interno y fusibles fundidos:

- No reemplazarlos sin chequear primero y no abrir el transformador sin tomar precauciones
- Usar máscara de oxígeno con filtro de gas, dado que la presión interna pudo haber aumentando el riesgo de escape de gas clorhídrico

Segunda situación: Se formó un arco voltaico que provocó una grieta en la cuba del artefacto pero no hubo descomposición ante la presencia de oxígeno (no se produjo un incendio). Este tipo de accidente implica el vertido de los PCBs en estado líquido y la producción de vapores de ácido clorhídrico. Es un "accidente frío" y se deben tomar las mismas medidas que las de la situación anterior.

Tercera situación: Se volvió a producir el cebado de un artefacto agotado y abierto o un incendio en la planta. Debido al calor y la presencia de oxígeno, ambos casos presentan un riesgo de descomposición de los PCBs y de formación no sólo de gas clorhídrico sino de compuestos tóxicos de mayor importancia como las dioxinas y furanos. Existe entonces un riesgo de "contaminación caliente". En este caso es necesario:

- Desconectar la unidad
- Llamar a los bomberos y brindarle detalles precisos sobre la naturaleza del accidente, para que utilicen el equipamiento adecuado para entrar al sitio y combatir el incendio. Para evitar que los baldes de acopio se desborden y viertan su contenido al ambiente se debería usar CO_2 como gas y hielo seco.
- Informar a las autoridades correspondientes sin demora
- Delimitar el área contaminada, asegurar y controlar estrictamente el acceso a la misma, permitiendo sólo la entrada a personas con equipos de protección (trajes a prueba de agua, lentes, máscaras) y sólo en el caso de ser absolutamente necesario y durante el menor tiempo posible
- Detener la contaminación lo más posible mediante el sellado de los canales de comunicación entre áreas contaminadas y áreas no contaminadas

Las autoridades pueden ordenar la evacuación del área contaminada (en caso que la misma se extienda) y una inspección de la contaminación. Dicha inspección es una operación extremadamente compleja y delicada y debe realizarse en condiciones sumamente estrictas. De acuerdo con los resultados, la inspección de instalaciones clasificadas – o el servicio equivalente – podría solicitar al dueño que tome algunas medidas básicas para la descontaminación de las instalaciones en cuestión:

- Colocar en un contenedor los escombros, objetos sin valor y vestimenta contaminada para luego destruirla por incineración en un sitio autorizado
- Limpiar con vapor o lavar con solvente, las superficies fijas y los objetos inútiles para eliminar la contaminación extraíble y reducir drásticamente la contaminación general, con el fin de que las instalaciones vuelvan a su estado normal antes de ser ocupadas nuevamente. A pesar de que las técnicas involucradas son relativamente sencillas, la descontaminación de las instalaciones dañadas por incendio debe ser realizada por profesionales.

4.10.3 Contacto humano con PCBs.

Estudios en humanos han demostrado que los envenenamientos se inician con concentraciones de 800 y 1,000 ppm en los aceites.

El contacto prolongado con PCBs o Ascarel puede generar irritaciones en la piel, cuando ocurra este tipo de contacto, se debe proceder a lavar con mucha agua, detergente medicado o neutro. Nunca se deben utilizar solventes y detergentes abrasivos. Se recomienda colocarse una crema emoliente o vaselina.

En caso del contacto con los ojos, lavarse con abundante agua y de ser posible con agua boricada o solución salina (sal de cocina) a 1.5% y, aplicar algunas gotas de aceite de ricino medicinal para aliviar la irritación.

Si ocurrió la inhalación de vapores con PCBs, será necesario tomar aire fresco. En caso de intoxicación aguda, efectuar respiración artificial de boca a boca y eventualmente utilizar mascara con oxígeno.

En caso de ingestión administrar al afectado 3 mL de vaselina por cada kilogramo de masa de la víctima y tomar una cucharada (sopera) de sulfato de sodio diluido en 250 mL de agua. Es importante que exista la asistencia médica en cualquiera de los escenarios descritos anteriormente.

V . BIBLIOGRAFIA

1. Asociación Brasileña de Normas Técnicas (2005) Ascarel para transformadores e capacitors-Características e riscos. Norma Brasilera. ABNT NBR 8371.
2. Beltran L. Manejo y Destrucción Ambientalmente Adecuados de Bifenilos
3. Code of Federal Regulations. U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. 29 CFR 1910.1000, OSHA 2206, rev. 1983.
4. Conceptos Básicos de Seguridad en el Trabajo, Tecnológico de Monterrey. Red Educativa para el Desarrollo Social Sostenible. Consulta electrónica en enlace http://capacinet.gob.mx/Cursos/Emprendedores%20y%20negocios/seguridadeneltrabajo/contenidos/temas/3_3.htm
5. Convenio de Basilea, (2003). Manual de Capacitación, Preparación de un Plan Nacional de Manejo Ambientalmente Adecuado de los Bifenilos Policlorados (PCBs) y de Equipos Contaminados con PCB. PNUD. Châtelaine, 6-9 p.
6. ENEE, (2011). Plan Nacional de la ENEE para el Manejo Ambientalmente Racional de los Transformadores Eléctricos con PCBs. Tegucigalpa, 4 p.
7. Ferrary M. & Rodríguez L. (1991). Estudios sobre Residuos de Plaguicidas en Honduras. Un Análisis Crítico. Contaminación Ambiente y Salud No.7. CESCCO 11-20 p.
8. Fiedler, H. (1998). PCB Uses and Enviromental releases. Subregional Awareness Raising Workshop on POPs, Cartagena, Colombia, January 27-30.
9. Fuentes, J. (2008). Propuesta para Implementar un Centro de Diagnóstico de Transformadores de Distribución que Presenten Falla en su Funcionamiento. Guatemala. 41 p.
10. Hoffman, I. (2011). Manejo y Destrucción Ambientalmente Adecuados de Bifenilos Policlorados BPC´s en México. Distrito Central. 7 p.
11. International Programme on Chemical Safety, 2005. Hoja Internacional de Seguridad Química, IPCS:0939.
12. Mallo, M. et al. (2011). Desarrollo de las Capacidades para la gestión Ambientalmente Adecuada de (PCBs) en Uruguay. PNUD. 15-18 p.
13. Martínez, J. et al. Guía para la Gestión integral de Residuos Peligrosos. Fichas Temáticas. Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe. DINAMA-GEF. Montevideo, 2005.
14. Martínez, S. & Rivas, G. (2010). Procedimientos Para la Toma de Muestra de Líquidos Dieléctricos Potencialmente Contaminados con Bifenilos Policlorados (PCB). FMAM/GEF. Montevideo, 10 p.
15. Naciones Unidas (2011). Recomendaciones Relativas al Transporte de Mercancías Peligrosas: Reglamentación Modelo. 17 edición. Ginebra y NY.
16. PNUMA-Productos Químicos, (2002). Transformadores y Condensadores con PCBs: Desde la gestión hasta la Reclasificación y Eliminación. 1 Edición. Policlorados. Documento Informativo. PNUD. México, 12 p.
17. Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente, (2004). Manual de Chile Sobre el Manejo de Bifenilos Policlorados (PCBs, Ascareles), 28 p.
18. Ramírez, A. (2008) Primer Inventario Nacional de Bifenilos Policlorados PCBs Identificando las Fuentes, Condiciones y Existencias, PNUD. Tegucigalpa, 12 p.
19. Ramírez, A. (2009). Protocolo para inventario de equipos y sitios contaminados con PCBs CESCCO/SERNA-ENEE. Tegucigalpa. 2 p.

20. SAICM, UNITAR. Montoya, I. (2009). Perfil Nacional Para la gestión de Sustancias Químicas en Honduras. Proyecto "Fortalecimiento de la gobernabilidad Nacional para la Implementación del SAICM". Tegucigalpa, 17-26 p.
21. Schmidt, W. & Gonzales, E. (2010) Programa Nacional de Remediación de Sitios Contaminados. Secretaria de –medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT. 37 p.
22. SEMARNAT, (2011). Taller Regional "Todo lo que necesita saber de los Bifenilos Policlorados", Dirección General de gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas. México, 2011.
23. UNEP, (2009).Conference of the Parties of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, four meeting. Ginebra. 25 P.
24. Veolia, (2009). Taller Internacional de Sistemas de gestión y Tecnologías de Destrucción de BPC´s. Almacenamiento de Bifenilos Policlorados (BPC´s). México. 8-15 P.
25. White C. Asociates & Ceri-ACDI-Colombia. (2009). Manual de Manejo de PCBs para Colombia. Bogotá. 20 p.
26. Basel Convention, (2002). Destruction and Decontamination Technologies for PCBs and other POPS wastes under the Basel Convention. A Training Manual for Hazardous Waste Project Managers.

VI. ANEXOS

Anexo 1. Disposiciones del Convenio de Estocolmo sobre los COPs.

Artículo 3:

Medidas para reducir o eliminar las liberaciones derivadas de la producción y utilización intencionales, que define que cada Parte prohibirá y/o adoptará las medidas jurídicas y administrativas que sean necesarias para eliminar:

i) Su producción y utilización de los productos químicos enumerados en el anexo A con sujeción a las disposiciones que figuran en ese anexo; y
ii) Sus importaciones y exportaciones de los productos químicos incluidos en el anexo A de acuerdo con las disposiciones del párrafo 2, y
iii) Restringirá su producción y utilización de los productos químicos incluidos en el anexo B de conformidad con las disposiciones de dicho anexo.

Cada Parte adoptará medidas para velar por que:

a) Un producto químico incluido en el anexo A o en el anexo B, se importe únicamente:

i) Para fines de su eliminación ambientalmente racional con arreglo a las disposiciones del inciso d) del párrafo 1 del artículo 6; o
ii) Para una finalidad o utilización permitida para esa Parte en virtud del anexo A o el anexo B;

b) Un producto químico incluido en el anexo A, respecto del cual está en vigor una exención específica para la producción o utilización, o un producto químico incluido en la lista del anexo B, respecto del cual está en vigor una exención específica para la producción o utilización en una finalidad aceptable, teniendo en cuenta las disposiciones de los instrumentos internacionales de consentimiento fundamentado previo existentes, se exporte únicamente:

i) Para fines de su eliminación ambientalmente racional con arreglo a las disposiciones del inciso d) del párrafo 1 del artículo 6;
ii) A una Parte que tiene autorización para utilizar ese producto químico en virtud del anexo A o anexo B; o
iii) A un Estado que no es Parte en el presente Convenio, que haya otorgado una certificación anual a la Parte exportadora. Esa certificación deberá especificar el uso previsto e incluirá una declaración de que, con respecto a ese producto químico, el Estado importador se compromete a:

a. Proteger la salud humana y el medio ambiente tomando las medidas necesarias para reducir a un mínimo o evitar las liberaciones; b. Cumplir lo dispuesto en el párrafo 1 del artículo 6; y c. Cuando proceda, cumplir lo dispuesto en el párrafo 2 de la parte del anexo B.
b. La certificación incluirá también toda la documentación de apoyo apropiada, como legislación, instrumentos reglamentarios o directrices administrativas o de política.

La Parte exportadora transmitirá la certificación a la Secretaría dentro de los sesenta días siguientes a su recepción.

c. Un producto químico incluido en el anexo A, respecto del cual han dejado de ser efectivas para cualquiera de las Partes las exenciones específicas para la producción y utilización, no sea exportado por esa Parte, salvo para su eliminación ambientalmente racional, según lo dispuesto en el inciso d) del párrafo 1 del artículo 6;

d. A los efectos del presente párrafo, el término "Estado que no es Parte en el presente Convenio" incluirá, en relación con un producto químico determinado, un Estado u organización de integración económica regional que no haya consentido en someterse a las obligaciones establecidas en el Convenio con respecto a ese producto químico.

Anexo 2. Cuestionario para Inventario de Equipo que contenga Bifenilos Policlorados (PCBs) (Proyecto COPs 2/SERNA-GEF. 2012)

1] Fecha: ___/___/_____	2] Código de Ficha:	Sector (Pu, Pr, En) _____	No. Sitio _____
3] Geo-localización (UTM-WGS84):	Latitud (Y)_____	Longitud (X)_____	Altitud (Z)_____

4] Encuestado (s):	5] Cargo:	6] Teléfono:
a. _____	_____	_____--_____
b. _____	_____	_____--_____
c. _____	_____	_____--_____
d. _____	_____	_____--_____

A) Información sobre la Empresa y el Sitio inventariado

7] Nombre Empresa:_____						8] Teléfono: _____--_____	
9] Sector:	Público____ Privado____ ENEE____		10] Correo Electrónico:_____				
11] Depto:_____		12] Municipio:_____			13] Aldea:_____		
14] Dirección:_____							
15] Ubicación:	Zona Industrial____ Zona Urbana____ Zona Rural____						
16] Contacto:_____			17] Cargo:_____				
18] Tipo de Rubro *(seleccionar uno o varios según actividades que desempeña la empresa):*							
Generación de Energía Térmica		Sector Educativo		Industria Alimentos		Industria Maderera	
Generación de Energía Hidroeléctrica		Sector Salud		Industria Avícola		Industria Cementera	
Transmisión/Distribución de Energía		Abastecimiento de Agua		Industria Azucarera		Industria Maquiladora	
Taller Electromecánico		Sector Telecomunicación		Industria Bananera		Industria Minera	
Almacén		Servicios Portuarios		Industria Camaronera		Industria del Plástico	
Almacenamiento/Distribución Combustibles		Servicios Aduaneros		Industria del Café		Ind. Electroconductor	
Otro tipo de Rubro *(especificar):*_____							
19] Número de Empleados en el sitio:	Cantidad:_____	≥ 50____	11-49____	≤10____	Sin referencia____		

B) Información sobre mantenimiento y condiciones de almacenamiento de equipo que puede contener PCBs en el Sitio Inventariado

Planes de Acción para el manejo de PCB
20] Se cuenta con un plan de acción para eliminar PCB: SI____ No____
21] Se prevé la implementación de un plan de acción para eliminar PCB: SI____ No____ *Si se prevé, especificar cuando:*_____ *Observaciones:*_____
22] Se han realizado actividades de eliminación de PCB: SI____ No____
23] Está claramente señalizado el lugar indicando la presencia de PCB: SI____ No____
24] Que tipo de instalaciones se encuentran aledañas (escuela, viviendas, comercio, etc.):_____ _____
25] Distancia a la instalación más cercana*(mts^2)*: _____

Condiciones de las instalaciones que contienen equipo
26] Como valora las condiciones de Almacenamiento: Buenas_____ Regulares_____Malas_____ *Especifique que debe de mejorarse:*_____
27] El equipo está dispuesto a la intemperie: SI____ No____
28] Tipo de piso en que se encuentra el equipo: Cemento_____ Asfalto_____ Mosaico_____ Tierra_____
29] Se ha contaminado el suelo o la edificación debido a filtraciones de PCB: SI____ No____ *Especifique aproximadamente el área superficial de suelo contaminado (mts^2):*_____
30] Están los recipientes protegidos contra inflamaciones: SI____ No____
31] Equipo se encuentra ordenado en lotes: SI____ No____
32] Se cuenta con vigilancia: Permanente____ Durante el día____ Durante la Noche____ Sin vigilancia____
33] Cuenta el personal de mantenimiento con equipo de protección personal adecuado: SI____ No____ Describir el tipo de equipo:_____ _____ _____

B) Información sobre mantenimiento y condiciones de almacenamiento de equipo que puede contener PCBs en el Sitio Inventariado

34] Croquis de Ubicación del sitio y localización del equipo
INTRUCCIONES: Realizar un croquis que ejemplifique la ubicación del sitio y la localización de las instalaciones vecinas. Identificar dentro del lote ó edificación en el que se encuentra el equipo la ubicación del mismo. Especificar las calles ó caminos de acceso para llegar al sitio.
35] Especificar códigos de fotografías del sitio:_____

36] Información de referencia del personal encargado de realizar el muestreo		
Nombre del Encuestador	Cargo	Institución

C) Información sobre el equipo presente que puede contener PCBs.

NOTA: Este segmento debe ser llenado para cada equipo que será inventariado o muestreado, de manera que se conserve el mismo código de ficha en su sector y sitio, agregando correlativamente un número de equipo tantas veces equipos sean muestreados.

37] Código de Ficha:	Sector (Pu, Pr, En) _____ No. Sitio _____ No. Equipo_____				
38] Equipo inventariado:					
Transformador Seco		Reclosed		Interruptor	
Transformador de Corriente		Potencial		Distribución	
Regulador		Potencia		Capacitor	
Caja de Medición de Potencia		Otro (especifique):_____ _____			
39] Cuenta con una Placa: SI____ No____ ***Si la respuesta es NO, pasar a pregunta 47]***					
40] Nombre del Fabricante:_____			41] País de Origen:_____		
42] Número de Serie:_____		43] Potencia (Voltaje): (kV)____ (MVA)____(kVA)____			
44] Peso (kg): Equipo (peso seco)_____ Aceite/Líquido_____ Peso Total_____					
45] Año fabricación:_____	46] Nombre del Aceite/Líquido:_____				
47] Dimensiones (mts): Largo____ Ancho_____ Alto_____					
48] Contiene filtraciones: SI____ No____		49] Requiere intervención inmediata: SI____ No____			
50] Condiciones de Almacenamiento:	Al aire libre____Recinto cerrado____				
51] Situación Operativa del Equipo:	*Operación*	*Mantenimiento_____ En Uso_____ (desde cuando:_____)*			
	DesUso	*Completo____Incompleto/Desmantelado____Vacío (sólo carcasa)____*			
52] Especificar códigos de Fotografías: _____ *INSTRUCCIONES: Registrar por lo menos 6 fotografías del equipo (1 de la placa, 4 de cada lado del equipo& 1 con el transformador a distancia), igualmente registrar cualquier particularidad del equipo,como por ejemplo filtraciones o riesgos.*					
53] Se toma muestra para laboratorio: SI____ No____	*Rotular la muestra con el número de ficha (pregunta 37]). Asegurarse del llenado del mismo código en la cadena de custodia.*				
Sección para rellenado del Laboratorio ó a través de información en la Placa*(Adjuntar reporte del análisis)*					
54] Método de análisis implementado: Información en la Placa_____Cualitativo_____Cuantitativo_____					
55] Contenido de PCBs del líquido (valor exacto):_____					
> 10% PCB		< 0.005% PCB o 50 ppm		Contenido PCB desconocido	
> 0.05% PCB o 500 ppm		No contiene PCB según Placa		Equipo vaciado	
> 0.005% PCB o 50 ppm					

Anexo 3. Cuestionario para Inventario de Equipo que contenga Bifenilos Policlorados (PCBs) (Proyecto COPs 2/UEA-ENEE. 2013).

Instrucciones: Si la empresa/institución que Usted representa no dispone de equipos eléctricos como transformadores de distribución, condensadores o capacitores no complete la Tabla 2, proceda a llenar la Tabla 1 únicamente.

Tabla 1. Cuestionario de Información General de Establecimiento.

1] Fecha de llenado Tabla 1:____/____/____ 2]Código Nombre de quién lleno formato:_____		Sector (Pu, Pr,En)_____No. de Sitio_____	
3]Geolocalización Latitud(Y):_____Longitud(X):_____Altitud(Z):_____			
4]Encuestado:	Cargo:	Teléfono	Correo Electrónico
a.			
b.			
c.			
5] Nombre Empresa:_____		6] Teléfono: _____--_____	
7] Correo Electrónico:_____			
8] Depto:_____	9] Municipio:_____	10] Aldea:_____	
11] Dirección:_____			
12] Ubicación:	Zona Industrial____ Zona Urbana____ Zona Rural____		
13] Contacto (Gerente/Responsable ppal):_____		14] Cargo:_____	

15] Tipo de Rubro*(seleccionar uno o varios según actividades que desempeña la empresa):*

Generación de Energía Térmica		Sector Educativo		Industria Alimentos		Industria Maderera	
Generación de Energía Hidroeléctrica		Sector Salud		Industria Avícola		Industria Cementera	
Transmisión/Distribución de Energía		Abastecimiento de Agua		Industria Azucarera		Industria Maquiladora	
Taller Electromecánico		Sector Telecomunicación		Industria Bananera		Industria Minera	
Almacén		Servicios Portuarios		Industria Camaronera		Industria del Plástico	
Almacenamiento/Distribución Combustibles		Servicios Aduaneros		Industria del Café		Ind.Electroconductor	

Otro tipo de Rubro *(especificar):*_____

16] Número de Empleados en el sitio: Cantidad:_____ ≥ 50____ 11-49____ ≤10____ Sin referencia____

17] Observaciones (condiciones del predio, derrames, tipos de residuos/residuos presentes, fuentes de agua susceptibles, poblaciones cercanas, etc):

Tabla 2. Cuestionario para Inventario de Equipo que contenga PCBs. Sector (Pu, Pr, En)_____No. de Sitio_____

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
No.	**Tipo de Equipo**	**Número de Serie**	**Capacidad o potencia**	**Año de Fabricación**	**Marca /fabricante**	**Contenido de PCBs**	**Situación operativa**	**Condición**	**Peso del Equipo**	**Estado**	**Peso del Aceite**	**Liberaciones**	**Toma de muestra**
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													

A: Número correlativo según número de transformadores u otro equipo presentes en el sitio
B: Transformador de Distribución, Transformador de Potencia, Capacitor, Switch, o Condensador
C: Está contenido en la placa de información del equipo. Es un dato alfa numérico o numérico
D: Especificar KVA y KV de equipo según la placa
E: Está contenido en la placa de información del equipo. Puede estar implícito en el número de serie por ejemplo: 67A063522 (1967) o simplemente estar el año de fabricación en la placa.
F: Por lo general está centrado en la placa de información del equipo. Algunas marcas populares son Westinghouse®, ABB®, General Electric®, Allis Chalmer®, etc.
G: Según la placa de información del equipo (Menor de 50 ppm, 2 ppm, 1 ppm). Si la placa enuncia un año de fabricación antes de 1986 se asume posee PCBs.
H: En uso, desuso, en mantenimiento.
I: Completo (equipo integro), Incompleto (le falta una de sus partes funcionales), Vacío (sin aceite)
J: Peso especificado en Kg o Lbs según placa
K: Estado: Buen Estado, Mal Estado.
L: Peso especificado en Kg o Lbs según placa. De no disponer de este dato, estimación de volumen es un dato igualmente importante (por ejemplo: Galones, Litros, etc.)
M: Con Derrame, Sin Derrame.
N: Indicar el número de la muestra tomada, por ejemplo (Código del Sitio: Pu, Pri, En____Número de Sitio____Número correlativo de Equipo___)

Anexo 4. Registro de Accidentes (Proyecto COPs 2, 2012. GEF/SERNA)

Sección 1. Datos Generales

	Detalle	**Describa**
I.	Nombre de la persona que llena la ficha	
II.	Fecha de presentación del registro ante el jefe inmediato	
III.	Fecha del incidente	
IV.	No. de incidente reportado	

Sección 2. Reporte detallado

1. Tipo de Accidente (Derrames, Combinación de aceites, inhalación o ingestión de aceite dieléctrico con PCBs)	
2. Número de personal involucrado (afectados)	
3. Número de personal involucrado (personal que atendió el incidente)	
4. Lugar específico del incidente	
5. Descripción del incidente	
6. Causa probable	
7. Daños producidos	
8. Medidas Correctivas	
9. Nombre, cargo y firma de la Persona que reporta el incidente	

Nota: Entregar al jefe inmediato con copia a la Unidad de Gestión de Riesgos sobre el incidente para la realización de las acciones correctivas y preventivas.

_____
Firma del Jefe Inmediato

_____
Firma de recibido de la Unidad de Prevención de Riesgos

Anexo 5. Lista de verificación para el muestreo de aceites de equipos eléctricos. Proyecto COPs 2, CESCCO, 2012

Equipos, Materiales e Insumos

A continuación se listan los equipos, materiales e insumos necesarios para realización del inventario de equipos con Ascarel o con PCBs:

N.	Ítem	Cantidad	Responsable	Observaciones
	Equipo Digital			
1	Cámara fotográfica			
2	Aparato GPS			
	Formatos			
1	Cuestionarios Impresos para fines de Inventario			
2	Etiquetas especiales de señalización con PCBs			
3	Etiquetas especiales de señalización de equipos libres de PCBs			
4	Etiquetas especiales para los frascos con muestras y bolsas con sello			
5	Formato de cadena de custodia			
	Otros insumos			
1	Baterías Recargables (GPS)			
2	Masking Tape			
3	Caja de Lápiz tinta color negro			
4	Tableros			
5	Papel Toalla			
6	Algodón			
7	Acetona			
8	Botiquín			
9	Paquete de Bolsas medianas para residuos sólidos			
10	Bidón metálico para residuos de muestras (Estándares de NU)			
11	Alcohol Isopropílico Alcohol Etílico			
	Material de muestreo			
1	Pala acero inoxidable.			
2	Espátulas de aluminio			
3	Caja de bolsas con sello (muestras de suelo superficial y empaque de muestras de aceite)			
4	Caja Plástica para transporte de materiales			
5	Frascos de 120 mL para toma de muestras de aceite dieléctrico			
6	Hielera para transporte de			

	muestras (desechables Tamaño mediano)			
7	Ice Pack-hielo			
8	Pipetas graduadas desechables de 10 ó 20 mL			
9	Bomba de pipeta			
10	Jabón Liquido			
11	Pizetas			
12	Marcador de punta fina indeleble			
13	Bandejas de teflón			
14	Balde plástico			
	Equipo de Protección Personal			
1	Guantes desechables resistentes a productos químicos (nitrilo)			
2	Casco			
3	Botas de Hule			
4	Gabachas			
5	Mascarillas facial completa o media cara			
6	Paquete de Filtros de mascarillas para gases orgánicos			
7	Par de Guantes aislantes			

Anexo 6. Nombres Comerciales de Fluidos con PCBs (Ascarels)

País	Nombre Comercial
Alemania	Ask/Ascarel/Askarel, Auxol, Bakola, Biclor, Blacol, bifenilo, Clofen, Clorofeno, Chorextol, Chorinol, Clofen/Clophenharz, Cloresil, Clorinal, Clorphen, Crophene, Dyknol, Educarel, EEC-18, Elaol
Eslovaquia	Decaclorodifenilo, Delofet O-2, Delor, Delor/Del, Delorene, Delorit, Delotherm DK/DH.
Estados Unidos	Apirorlio, Areclor, Arochlor, Arochlors, Aroclor/Arochlor(s), Arubren, Asbestol, Cloresil, Chlophen, Cloretol, Chlorextol, Diaclor, Ducanol, Duconal, Duconol, Dykanol, Electrophenyl, Elemex, Fenocloro, Gilotherm, Hexol, Hivar, Hydelor, Hydol, Hydrol, Hyrol, Hyvol, Inclor, Inerteen, Kenneclor, Leromoll, Magvar, MCS 1489, Montar, Monter, Nepoli, Nepolin, Niren, NoFlamol, No-Flamol, Pyranol, Pyroclor, Pyrochlor, Pyronol, Safe-T-Kuhl, Saft-Khuhl, Saf-T-Kohl, Saf-TKuhl.
Francia	Non-Flamol, Olex-sf-d, Orophene, Pheaoclor, Pheneclor, Phenochlor, Fenoclor, Plastivar, difenilo, policlorado, difenilos policlorados, policlorobifenilo, policlorodifenilo, Prodelec, Pydraul, Pyraclor, Pyralene.
Italia	Abestol, Aceclor, Adkarel, ALC, Apirolio, Diarol, Dicolor, Diconal, Disconon, DK, Elinol, Eucarel, Euracel, Fenchlor, Fenclor.
Japón	Inertenn, Kanechlor, Kaneclor, Kennechlor, Santosol, Santotherm
Polonia	Clorofina, Clorinal/Clorinol, bifenilo clorado, difenilo clorado, clorobifenilo, clorodifenilo, Clorofeno, Sovtol, Tarnol, Terphenychlore, Therminal, Therminol, Turbinol.
Rusia	Santothern, Santovac, Sat-TAmerica, Siclonyl, Solvol, Sorol, Soval, Sovol

Anexo 7. Muestra de etiqueta de equipo inventariado (Proyecto COPs, 2-ENEE, 2013)

REPUBLICA DE HONDURAS **EQUIPO/CONTENEDOR MUESTREADO PARA DETERMINACION DE PCBs**	
Nombre del establecimiento	***(Colocar nombre)***
Numero correlativo asignado al equipo o contenedor	
Marca y No de Serie	
Tipo de contenedor ***(si aplica)***	
Fecha	
Secretaría de Recursos Naturales (SERNA) Centro de Estudios y Control de Contaminantes (CESCCO) (504) 2231-1006/2239-0954	

Anexo 8. Muestra de etiquetas para frascos con aceite para determinación de PCBs (Proyecto COPs 2-ENEE, 2013)

10 cm

MUESTRA PARA ANALISIS DE PCBs	
Nombre de Establecimiento	
Sector (Púbico, Privado o ENEE)	
Numero correlativo asignado al equipo o contenedor	
Dirección exacta	
Municipio	
Tipo de equipo *(Equipo colocar marca)*	
No. de Serie de Equipo	
Contenedor	
Fecha y hora de recolección	
Responsable de recolección	

5.5 cm

Anexo 9. Ejemplo de Cadena de custodia para parámetros de PCBs en aceite. Tomado de CESCCO, RT-38. Abril de 2009.

Código de muestra: _____ Cliente/Contacto: _____

Dirección del solicitante _____ Tel _____

Tipo de Equipo (Potencia, Distribución, contenedor, otros)

_____

Procedencia de la muestra _____

(Departamento, Municipio y aldea)

Nombre del Sitio donde se recolectó la muestra: _____ _____	Georeferencia UTM:

Recolectada por _____ Firma _____ Fecha/hora _____	Enviada por _____ Firma _____ Fecha/hora _____
Transportada por (1) _____ Firma _____ Fecha/hora _____	Transportada por (2) _____ Firma _____ Fecha/hora _____
Transportada por (3) _____ Firma _____ Fecha/hora _____	Recibida por _____ Firma _____ Fecha/hora _____

USO EXCLUSIVO DE LABORATORIO

Receptor Secretaría: _____ Firma _____ Fecha/hora _____	Receptor Laboratorio _____ Firma _____ Fecha/hora _____

Observaciones:

_____
_____
_____

Cadena de custodia

Código de la muestra	Procedencia de la Muestra			Nombre del sitio donde se colecto la muestra	Nombre de quién colecto	Firma quien colecto	Fecha de recolección		Analiza por
	Departamento	Municipio	Aldea						

En caso de ser más de 10 muestras utilizar una nueva hoja de cadena de custodia

Enviada por _____ Firma _____ Fecha/hora _____	Transportada por _____ Firma _____ Fecha/hora _____
Recibida por _____ Firma _____ Fecha/hora _____	

Observaciones adicionales:

Anexo 10. Modelo de Etiqueta para equipos con niveles superiores de 50 ppm de PCBs. Proyecto COPs 2, 2013).

PELIGRO

CONTIENE

PCBs

(Bifenilos Policlorados)

Los PCBs son Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) que requieren prácticas adecuadas de manejo y de disposición final por sus características de toxicidad sobre la salud humana y el ambiente.

Para mayor información sobre estos contaminantes, comunicarse con el Centro de Estudios y Control de Contaminantes (CESCCO) a los teléfonos 00 (504) 2231-1006 / 00 (504) 2239-0954 cescco.serna@gmail.com con la Unidad de Estudios Ambientales de la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) 00 (504) 2235-2929 o Prevención de Riesgos ENEE, M.D.C. 00 (504) 2235-2362

En caso de accidentes o derrames contactar al Cuerpo de Bomberos al número (198) ó 2220-7900 / 2232-3577.

(No. de Acuerdo)

Anexo 11. Modelo de Certificado para equipos con niveles inferiores a los 50 ppm de PCBs. Proyecto COPs 2, 2013).

CERTIFICADO

El aceite dieléctrico de esta unidad ha sido analizado para determinar la cantidad de Bifenilos Policlorados (PCBs). por tanto se certifica que de acuerdo a la prueba realizada, el contenido dieléctrico contiene menos de 50 ppm, considerándolo libre de PCBs.

Evite la contaminación cruzada con PCBs revise la placa de cualquier equipo antes de manipularlo y verifique que no contenga PCBs.

Para mayor información sobre estos contaminantes, comunicarse con el Centro de Estudios y Control de Contaminantes (CESCCO) a los teléfonos 00 (504) 2231 -1006 / 00 (504) 2239 -0954 cescco.serna@gmail.com con la Unidad de Estudios Ambientales de la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) 00 (504) 2235 -2929 o Prevención de Riesgos ENEE, M.D.C. 00 (504) 2235 -2362

(No. de acuerdo)

Anexo 12. Procedimientos para la toma de Muestras de aceite dieléctrico para la determinación de PCBs (DINAMA-GEF, 2010)

NOTA: El procedimiento de la toma de muestras de aceite dieléctrico en transformadores se divide en "transformadores con válvula" y "transformadores con tapa":

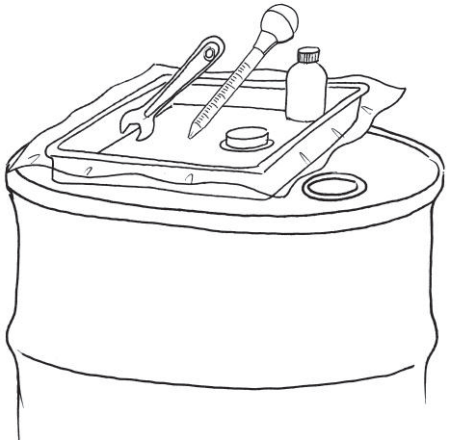


Ilustración VI-1. Equipos o barriles con tapa (Proyecto COPs 2, 2013)

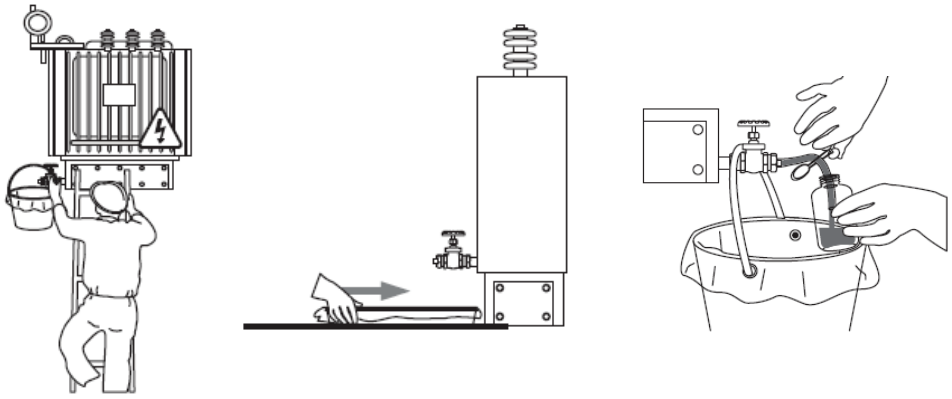


Ilustración VI-2. Transformadores con válvula (DINAMA-GEF, 2010).

1. Prepare los materiales para el muestreo (Lista de verificación es aconsejable, Véase Anexo 5)
2. Adquiera los frascos donde se colocaran las muestras de aceite:

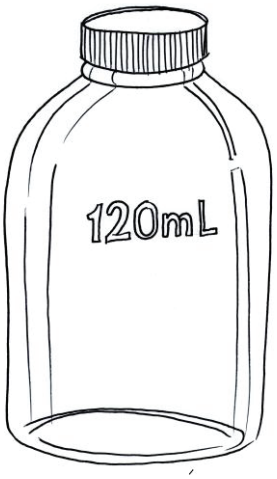


Ilustración VI-3. Frasco de vidrio color ámbar con tapa roscada (Proyecto COPs 2, 2013)

3. Rotule las etiquetas de los frascos, bolsas de residuos y equipo muestreado (Véase Anexo 8)
4. Colóquese el EPP:

Ilustración VI-4. Equipo de protección personal requerido (Proyecto COPs 2, 2013).

5. Para los equipos con válvula, coloque el contenedor de teflón a ser forrado con bolsas plásticas a manera que el recipiente quede por debajo de la válvula.
6. Limpie la boca de la válvula con papel toalla.

7. Abra la válvula lentamente y deje purgar 15 segundos[6] en la bandeja de teflón forrada, acto seguido recoja 50 mL de aceite o según indique el laboratorio (para los equipos con tapa, utilizar la pipeta y obtener 50 mL de fluido dieléctrico o según indicaciones del laboratorio).
8. Cierre la válvula del equipo y cierre la tapa roscada del frasco.
9. Utilizando papel toalla limpie la válvula.
10. Limpie el frasco para remover residuos de fluido dieléctrico. Descártelo en la bolsa de residuos.
11. Rotule el equipo como equipo muestreado e inventariado.
12. Limpie con alcohol isopropílico o acetona los equipos de muestreo.
13. Retire la bolsa plástica de la bandeja evitando contaminarla, esta es la bolsa de residuos derivada del muestreo.
14. Descarte sus guantes de nitrilo, papel toalla u otro tipo de residuo derivado del muestreo en la bolsa de residuos. Rotule la bolsa:

Ilustración VI-5. Ejemplo de bolsa de residuos (Proyecto COPs 2, 2013).

15. Coloque la etiqueta previamente rotulada en el frasco (Véase Anexo 8).

[6] Es preferible tomar muestras de la válvula ubicada en el grifo de fondo. Puesto que el aceite mineral es más liviano que el agua, cualquier cantidad de agua acumulada en el transformador puede salir por el grifo de fondo durante la toma de muestra, por lo que se recomienda abrirlo y purgar para tomar la muestra de aceite.

16. Coloque la muestra dentro de su respectiva bolsa (envase secundario) sin contaminar su exterior. Complete la cadena de custodia y transporte la muestra para su traslado al laboratorio.

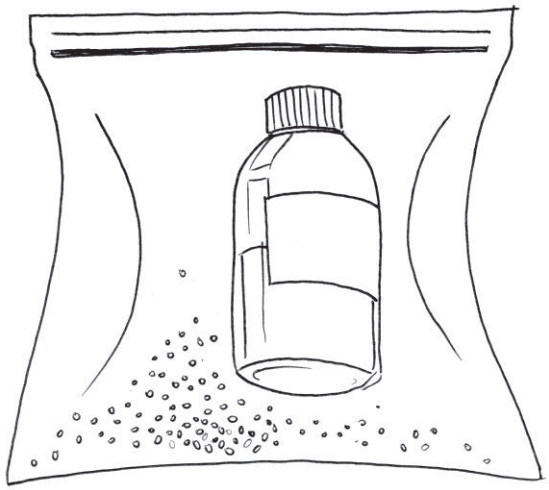


Ilustración VI-6. Ejemplo de muestra transportada en doble envase (Proyecto COPs 2, 2013)

PNUD

Al servicio de las personas y las naciones