



Guía para la gestión integral de PCB

TOMO 2: GENERALIDADES Y CONCEPTOS DE PCB

Créditos Institucionales

Entidad Coordinadora:

Departamento de Productos Químicos y Residuos Peligrosos
Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
7 avenida 03-67, zona 13, Ciudad Guatemala, Guatemala.

Entidad Implementadora

Organización de Las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial -ONUDI-
Proyecto: “Manejo y Disposición Ambiental de Equipos Contaminados con Bifenilos Policlorados PCB y Desechos del Plaguicida DDT y Creación de Capacidad Técnica en Guatemala”

Compilación y Edición Técnica:

Ing. Jefferson Guillermo Santiago Cabrera Consultor Técnico del Proyecto
Revisión: Ing. Justo Elviz Ajanel Ardón Coordinador de Proyecto
Ing. Laura Verónica López – Encargada del Convenio de Estocolmo, Departamento de Productos Químicos y Sustancias Peligrosas del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

Revisión Editorial:

Departamento de Comunicación Corporativa
Instituto Nacional de Electrificación -INDE-
7a Avenida 2-29 zona 9, Ciudad de Guatemala, Guatemala.

Primera edición: 2018
Impreso en Guatemala.



Contenido

1	RESUMEN	4
2	INTRODUCCIÓN	4
3	GLOSARIO Y SIGLAS	6
3.1	Glosario	6
3.2	SIGLAS	13
4	EL PCB.....	14
4.1	Propiedades fisicoquímicas de los PCB usados en equipos eléctricos	15
4.2	Reseña histórica de la producción de PCB a nivel mundial.....	16
4.3	Problemas ambientales del PCB	16
5	EFFECTOS DEL PCB EN LA SALUD.....	17
5.1	Efectos Agudos	18
5.2	Efectos crónicos:.....	19
5.3	Efectos toxicológicos:	19
6	USOS DEL PCB.....	19
6.1	Tipos de equipos de aplicación cerrada.....	20
6.2	Desechos	25
7	CONVENIO DE ESTOCOLMO	26
8	MARCO LEGAL EN GUATEMALA	27
8.1	Ratificación del Convenio de Estocolmo	27
8.2	Reglamento Para la Gestión Integral de Bifenilos Policlorados (PCB) y Equipos que lo Contienen.....	27
9	BIBLIOGRAFÍA.....	31
9.1	Documentos	31
9.2	Regulación	33

Índice de ilustraciones

Ilustración 1	Estructura molecular del PCB	14
Ilustración 2	Cloroacné producido por contaminación con PCB.....	18
Ilustración 3	Viktor Yushchenko con un cuadro de Cloroacné	19

Ilustración 4 Vista de un transformador de distribución21

Ilustración 5 Vista de transformador en la red eléctrica21

Ilustración 6 Vista de un esquema de transformador de potencia abierto, otros en una subestación eléctrica y otro con énfasis en el tanque de nivelación de aceite.22

Ilustración 7 Vista de capacitores de diversos tamaños y un banco de capacitores colocado en la red eléctrica22

Ilustración 8 Vista de un reconectador, desconectado y uno conectado a la red eléctrica22

Ilustración 9 Vista de transformadores de corriente fuera de servicio y en operación23

Ilustración 10 Vista de reguladores de voltaje para una red de distribución eléctrica23

Ilustración 11 Vista de una máquina filtrante de aceite dieléctrico por el exterior e interior.24

Ilustración 12 Vista de toneles conteniendo aceite dielectrico24

Ilustración 13 Canecas de un metro cubico que se ajustan a la categoría de “Otro tipo de recipiente o Contenedor”25

Ilustración 14 Contenedor de 17 metros cúbicos con aceite dieléctrico contaminado con PCB que se ajusta a la categoría de “Otro tipo de recipiente o Contenedor”.25

1 RESUMEN

La presente guía contiene la información general para entender la problemática de PCB, su contexto desde el punto de vista de los efectos en la salud, sus usos así como su relación con el Convenio de Estocolmo y el Marco Legal en Guatemala.

Adicionalmente en esta guía se incluyen el glosario de Acrónimos y bibliografía utilizada para la creación de todos los tomos de las presentes guías.

2 INTRODUCCIÓN

Esta guía ha sido elaborada en el marco del Proyecto “Manejo y disposición ambiental de equipos contaminados con PCB y desechos de DDT y la creación de capacidades técnicas en Guatemala “financiado por el Fondo Mundial del Medio Ambiente y gestionado por la Organización de Las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. Su objetivo principal de ser el manual de referencia para personal técnico relacionado con el manejo de equipos eléctricos para lograr un adecuado manejo de equipos susceptibles de contener o contaminadas con PCB.

Las guías presentan la gestión de PCB desde un punto de vista integral por lo que se han estructurado de la siguiente manera:

- **TOMO 1: GUÍA DE BOLSILLO PARA GESTIÓN DE PCB.** Es un documento de consulta inmediata para apreciar de una vista general de la gestión y luego referirse a la guía que contiene la información que el usuario necesite.
- **TOMO 2: GENERALIDADES Y CONCEPTOS DE PCB:** Ha sido diseñada para el entendimiento básico del PCB.
- **TOMO 3: GESTIÓN DE RIESGOS ASOCIADOS A PCB.** Aquí se incluyen los elementos de seguridad necesarios para realizar las operaciones de forma segura en las siguientes guías desarrolladas.
- **TOMO 4: INVENTARIO NACIONAL DE PCB.** Ha sido diseñado para permitir al usuario realizar y actualizar su inventario de equipos susceptibles de contener PCB, incluye una sección dedicada al “SISTEMA DE INFORMACIÓN DE PCB” que funciona según la regulación nacional.
- **TOMO 5: MUESTREO DE EQUIPOS SUSCEPTIBLES DE CONTENER PCB.** Indica los lineamientos para la toma de muestra de aceites de equipos en el inventario para su posterior análisis químico.
- **TOMO 6: ANÁLISIS QUÍMICO DE PCB.** Esta guía indica los lineamientos para realizar la correcta identificación de PCB cumpliendo con los requisitos de la regulación.



- **TOMO 7: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS CON ACEITES DIELECTRICOS.** Indica todo lo concerniente al uso y mantenimiento de equipos a fin de evitar la contaminación con PCB y los lineamientos para operar y mantener equipos contaminados con PCB.
- **TOMO 8: EMBALAJE, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE EQUIPOS CONTAMINADOS CON PCB.** En esta guía se definen los requisitos, para el correcto embalaje, transporte y almacenamiento de equipos contaminados con PCB.
- **TOMO 9: MANEJO AMBIENTALMENTE RACIONAL DE EQUIPOS Y DESECHOS CONTAMINADOS CON PCB.** Incluye las directrices para el manejo adecuado de los equipos fuera de uso desechos contaminados con PCB.

3 GLOSARIO Y SIGLAS

3.1 Glosario

Términos y definiciones que se utilizan en el compendio de guías:

Accidente: Evento no deseado que da lugar a pérdidas de la vida o lesiones, daños a la propiedad o al medio ambiente de trabajo.

Aceite dieléctrico: Fluido aislante, utilizado en equipos eléctricos debido a sus propiedades dieléctricas (una baja conductividad eléctrica) y térmicas (como fluido refrigerante).

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

Análisis cualitativo de PCB: Ensayo analítico utilizado para identificar o establecer la presencia de PCB en diferentes matrices sin cuantificar su concentración, por lo que no resulta concluyente para efectos de clasificar definitivamente un aceite, equipo o desecho como bajo nivel o Contaminado con PCB.

Análisis cuantitativo de PCB: Ensayo analítico utilizado para la determinación y cuantificación de la presencia de PCB y medición de su concentración en diferentes matrices, entre las cuales puede considerarse el aceite dieléctrico.

Análisis semicuantitativo de PCB: Ensayo analítico electroquímico de tamizaje, barrido o prueba de preselección, utilizado para medir la concentración de iones Cloruro, y por ende la posible presencia de PCB, en partes por millón en aceite dieléctrico.

Aplicaciones abiertas: Aplicaciones donde los PCB se consumen durante su uso o son irrecuperables tras su utilización y están en contacto directo con el entorno general y medio ambiente.

Aplicaciones cerradas: Aplicaciones donde los PCB están confinados dentro de un equipo cerrado o sellado. En este caso, las probabilidades de que los PCB puedan pasar al medio ambiente se limitan a la ocurrencia de fugas o derrames, como resultado del deterioro de los equipos o mal manejo.

Aplicaciones nominalmente cerradas: Aplicaciones nominalmente o parcialmente cerradas donde los PCB no está directamente expuesta al entorno, pero pueden estar expuestas periódicamente durante la operación.

Askarel: Fluido de equipo eléctrico de alta concentración de PCB, que generalmente contiene entre 40-100% de Bifenilos Policlorados.

Bajo nivel de PCB: Concentración de PCB menor a 50 ppm.



Bifenilos Policlorados: También llamados PCB por sus siglas en inglés. Son compuestos aromáticos formados de manera tal que los átomos de hidrógeno de la molécula de bifenilos pueden ser sustituidos por hasta 10 átomos de cloro. Con características tóxicas, no biodegradables fácilmente, persistentes en el ambiente, se acumulan en los tejidos adiposos del cuerpo, son carcinógenos y causan efectos graves en los humanos y animales. Tienen propiedades dieléctricas, no son inflamables y son resistentes a la degradación térmica y química.

Capacitores o bancos de capacitores: Los capacitores o condensadores consisten en un contenedor metálico sellado con un núcleo activo, se componen principalmente de placas conductoras de electricidad (láminas metálicas delgadas) separadas por un material dieléctrico. Pueden encontrarse solos o como bancos.

Caracterización de Sitios Contaminados: Determinación cualitativa y cuantitativa de los contaminantes físicos, químicos o biológicos presentes en un sitio o matrices, provenientes de materiales o residuos peligrosos, para determinar los mecanismos de migración y transformación de estos la magnitud y tipo de riesgos que conlleva dicha contaminación.

Certificados de fabricante u origen: Son los certificados emitidos por el fabricante y sustentado en un certificado del laboratorio acreditado y consignando que los equipos han sido fabricados utilizando fluidos libres de PCB, encontrándose los equipos en condiciones similares a las de recepción, es decir, perfectamente sellados y con los precintos de fábrica intactos.

Compromisos ambientales: Conjunto de acciones y/o prácticas, derivadas del análisis de los instrumentos ambientales, que la Dirección de Gestión Ambiental y Recursos Naturales o las delegaciones departamentales del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, determinan e imponen como condicionantes para la ejecución de los proyectos, obras, industrias o actividades. Sirven para garantizar que los diferentes proyectos, obras, industrias o actividades tengan una gestión ambiental efectiva y mantengan un sistema de información eficiente y efectivo ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Contaminación cruzada: Proceso mediante el cual se dispersa la contaminación de PCB, la cual se presenta cuando se llevan a cabo operaciones de toma de muestra, regeneración, filtración, mantenimiento o reparación de transformadores sin PCB, y se utilizan equipos, tanques, bombas, mangueras y otros elementos contaminados con PCB.

Contaminado con PCB: Concentración mayor o igual a 50 partes por millón.

Convenio de Basilea: Acuerdo internacional que regula los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación.



Convenio de Róterdam: Acuerdo internacional sobre el procedimiento de consentimiento fundamentado previo aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional entró en vigor el 24 de febrero de 2004.

Convenios de Estocolmo: Acuerdo internacional que regula el tratamiento de las sustancias tóxicas tales como: pesticidas, PCB; dioxinas y furanos. Fue firmado el 23 de mayo de 2001 en Estocolmo y entró en vigor el 17 de mayo de 2004.

Dado de baja o dar de baja: Proceso por medio del cual el propietario presenta la información de soporte ante el MARN, sobre la disposición final de forma ambientalmente racional de los PCB, a fin de que sea registrada en el Sistema de información de PCB.

Derrame: Liberación, rebose, vaciamiento o pérdida en un fluido, que, al caer, lo hace en varias direcciones y hace contacto con el ambiente, por lo general debido a algún tipo de falla o rotura en los equipos o recipientes que lo contienen.

Descontaminación de PCB: Operación o proceso de tratamiento que reduce la concentración del contaminante a valores por debajo de los límites permitidos en equipos, materiales, suelos, residuos y desechos.

Desecho o residuo herméticamente cerrado o sellado: Residuos o desechos para los cuales se toman las medidas necesarias para evitar que se derramen o generen contaminación cruzada.

Desechos peligrosos: Sustancias que son generadas de un proceso o actividad industrial, incluido el reciclaje, que por sus características físicas, biológicas o químicas puedan representar un peligro para el medio ambiente o la salud humana al ser manipuladas, envasadas, almacenadas, transportadas, confinadas o eliminadas.

Dieléctrico: Sustancia que no permite el pasaje de corriente eléctrica a través de sí, no es conductora. Sinónimo: aislante.

Dioxinas: Nombre genérico del grupo de las dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDD), que pueden originarse como resultado de la combustión de materiales que contienen PCB.

Disposición final: Acción de descontaminar, eliminar, destruir, depositar o confinar permanentemente residuos y desechos de forma ambientalmente racional y que se prevenga su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos.

Eliminación de PCB: Procesos físicos, químicos, térmicos y biológicos diseñados para la destrucción ambientalmente segura de los PCB.



Equipo en desuso: Equipos que se encuentran *desconectados de la red eléctrica*, por algún motivo ya no pueden ser utilizados y que llegaron al fin de su vida útil.

Equipo susceptible: Equipos eléctricos y otros recipientes que contienen o han contenido aceite dieléctrico.

Equipos eléctricos: Equipos utilizados en las redes e instalaciones de generación, transporte y distribución, para la operación, control o medición del fluido eléctrico, incluyendo, pero no limitándose a: transformadores de distribución, transformadores de potencia, transformadores de corriente, transformadores de potencial, capacitores, interruptores, reguladores de voltaje, toneles, canecas, totes, cubetas, máquinas para el mantenimiento del aceite y otros.

Equipos en uso o usados: Equipos que *se encuentran o han sido conectados* a una red eléctrica o en pleno funcionamiento, están en buenas condiciones de utilidad, pero han perdido la condición de equipo nuevo.

Equipos nuevos: Equipos de reciente fabricación y que *nunca han sido conectados* a una red eléctrica o estado en funcionamiento.

Equipos sellados o herméticos: Estos equipos han sido diseñados para no ser intervenidos y que no cuentan con un mecanismo a través del cual se tome una muestra de aceite dieléctrico para establecer su concentración de PCB, sin que el equipo se vea afectado en su funcionamiento.

Estándar: Material de referencia certificado de PCB (individual o mezcla) puede presentarse en una solución de concentración definida o en estado puro. Su uso es analítico.

Etiqueta: Conjunto de elementos de información escritos, impresos o gráficos relativos a un producto peligroso, que se adhieren o se imprimen en el recipiente que contiene el producto peligroso, en su envase exterior o que se fijan en ellos.

Evaluación de Riesgos: Identificación y cuantificación de los riesgos determinados por exposición a los PCB.

Fluidos dieléctricos: Son sustancias en estado líquido de origen natural o sintético con propiedades de aislamiento eléctrico, es decir, capaz de resistir un gradiente de potencial eléctrico lo que le confiere y disipación de calor al interior de los equipos eléctricos.

Gestión integral de PCB: Conjunto articulado de acciones técnicas, financieras, administrativas, educativas y de planeación, relacionadas con la adquisición, identificación, manipulación, almacenamiento, transporte, seguimiento y monitoreo, incluyendo las etapas de uso y fin de la vida útil de los equipos con el fin de prevenir su contaminación con PCB, así como el manejo y disposición final de forma ambientalmente adecuada de los equipos y desechos contaminados con PCB,



enmarcado en principios de prevención, precaución y minimización de riesgos, así como de eficiencia técnica y económica. Definición que refiere a la gestión integral o ambientalmente racional de PCB.

Identificación de Equipos: Proceso mediante el cual se registra un equipo con sus características y se le asigna un identificador único (por ejemplo, un marchamo, etiqueta, o número correlativo en la base de datos del Sistema de Información de PCB).

Identificación de PCB: Proceso para determinar la presencia o existencia de PCB y clasificación en función de la concentración de PCB.

Incineración: Método de tratamiento de residuos PCB que consiste en la oxidación química para la combustión completa de los residuos en instalaciones autorizadas, a fin de reducir y controlar riesgos a la salud y ambiente.

Inspección: Revisión visual y física del equipo o recipiente, en la que también se puede revisar la documentación técnica de los equipos.

Intervención a equipo con fluido dieléctrico: Operación que involucre alteración de las condiciones del equipo de las cuales se podría derivar contaminación cruzada una vez ha entrado en funcionamiento. No se considera intervención el llenado de equipos nuevos con fluidos certificados como no PCB, siempre y cuando se empleen equipos y elementos nuevos o que cuenten con certificados que garanticen que son no PCB y se tomen todas las medidas de precaución requeridas.

Inventario de equipos y desechos con PCB: Herramienta del Sistema de Información de PCB en la que se registra la información y características técnicas de los equipos, recipientes y desechos, que contienen, han contenido o estén contaminados con PCB y a todos los propietarios de PCB. Genera información y asistir a las personas encargadas de tomar decisiones y asegurar que los PCB puedan ser rastreados y correctamente gestionados hasta el momento de su disposición final.

Marchamo: Dispositivo físico con numeración de referencia que puede ser utilizado para el inventario de equipos y desechos con PCB.

No inspeccionado: Equipo susceptible del cual se sabe de su existencia y que no se le ha realizado el proceso de identificación de PCB y etiquetado.

Oficina Guatemalteca de Acreditación -OGA-: Institución gubernamental que tiene por objeto aplicar y administrar el sistema de acreditación en todo el territorio nacional con el fin de reconocer la competencia técnica de los organismos de evaluación de la conformidad; y velar por que los servicios ofrecidos por las entidades acreditadas mantengan la calidad bajo la cual fue reconocida su competencia técnica.

Partes por millón (ppm): Expresión de la concentración como las partes en peso del componente de una muestra en un millón de partes en peso total de la muestra.



Propietario: Cualquier persona individual, jurídica, pública o privada, que tiene el derecho real de dominio y posesión sobre los transformadores, capacitores, equipos y desechos que contienen o estén contaminados con PCB.

Recipiente o contenedor: Es un depósito utilizado para guardar, conservar, almacenar o embalar aceite dieléctrico y residuos diversos.

Reclasificación: Cambio de la clasificación actual a una nueva y diferente.

Rehabilitación: Tratamiento para devolver a condiciones satisfactorias y características originales, en particular en lo que se refiere, según los casos, a la calidad del suelo, la fauna, los hábitats naturales, los sistemas de agua dulce, el paisaje y los usos beneficiosos apropiados.

Remediación: Conjunto de medidas a las que se someten los sitios contaminados para reparar los daños, eliminar o reducir los contaminantes hasta un nivel seguro para la salud y el ambiente o prevenir su dispersión en el ambiente sin modificarlos.

Residuos y desechos con PCB: Todos aquellos elementos, sustancias, fluidos, materiales y equipos que se descartan, rechazan o entregan, entre otros, en cualquier estado que contengan PCB en una concentración igual o superior a 50 partes por millón, así como cualquier otro material o elemento que entre en contacto directo con estos en alguna actividad, incluida la ropa de trabajo.

Sistema de Información de PCB: Sistema informático para el registro control de los equipos y propietarios que tienen equipos susceptibles de contener PCB.

Sitio Contaminado: Son aquellos predios donde como consecuencia del uso, depósito, enterramiento, infiltración o vertido, en forma planificada o accidental, de sustancias tóxicas o residuos que las contienen, la concentración en suelo, cuerpo de agua y/o agua subterránea es superior a los niveles de seguridad recomendados para un determinado uso y pueden representar un riesgo para la salud humana, a los organismos vivos y el aprovechamiento de los bienes o propiedades de las personas.

Sospechoso de PCB: Equipos, recipientes, residuos y desechos que no cuenten con la información técnica que respalde la presencia o concentración de PCB, o que los resultados del análisis cualitativo o semicuantitativos no sean concluyentes y no puedan clasificarse como bajo nivel de PCB o contaminado con PCB, o que no es posible realizar un análisis, en ese momento permite clasificarlos inicialmente como sospechoso de PCB.

Transferencia: Acción de vender, ceder, rematar o donar equipo o desechos contaminados con PCB.

Transformador: Caja cerrada que contiene dos series de bobinas de cobre que comparten un núcleo magnético y material dieléctrico. Permiten variar alguna función de la corriente como el voltaje o la intensidad, para el transporte y uso la electricidad. Varían



en tamaño, capacidad, forma, uso y aplicaciones. Los puede haber de generación, potencia, distribución, regulación, transformador de corriente para medición y/o protección.

Transformadores de distribución: Transformadores eléctricos con una potencia menor a 500 kVA sin tanque adicional para almacenaje de aceite y sin tubería de drenado de aceite.

Transformadores de Potencia: Transformadores eléctricos de una potencia igual o mayor a 500 kVA o transformadores de más de 25 kVA que tengan tanques adicionales para contener aceite o tuberías para drenado de aceite.

Transporte externo: El movimiento que se realiza fuera de los límites del territorio nacional.

Transporte interno: El movimiento que se realiza dentro del territorio nacional.



3.2 SIGLAS

ACGIH Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales por sus siglas en *ingles* (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*).

ATSDR Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades de Estados Unidos por sus siglas en *ingles* (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry*)

COP Contaminante Orgánico Persistente

CT Transformador de corriente

EPA Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norte América por sus Siglas en *Ingles* (*Environmental Protection Agency*)

EPP: Equipos de protección personal.

FNAM Fondo para el Medio Ambiente Mundial

GEF Fondo para el Medio Ambiente Mundial por sus siglas en *ingles* (*Global Environment Facility*).

IARC Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer por sus siglas en *Ingles* (*International Agency for Research on Cancer*).

MARN Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (de Guatemala).

MSDS *Material Safety Data Sheet*

NTP Programa nacional de Toxicología del Departamento de salud y servicios humanos de los Estados Unidos de Norte America (*National Toxicology Program, U.S. Department of Health and Human Services*).

ONU Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (*United Nations Industrial Development Organization*).

OSHA Administración de Salud y seguridad Ocupacional del departamento de Labor de los Estados Unidos de Norte America (*Occupational Safety and Health Administration*).

PCB Bifenilos policlorados

PNUD Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

PNUMA Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (conocido también como UNEP).

PPM Partes por millón.

4 EL PCB

El grupo de productos químicos conocidos como bifenilos policlorados (PCB) es uno de los doce COP originales cubiertos por el Convenio de Estocolmo. Poseen propiedades que incluyen la longevidad, la absorción de calor y forman un líquido aceitoso a temperatura ambiente que es útil para servicios eléctricos y en otras aplicaciones industriales. Químicamente los PCB son compuestos aromáticos, formados de átomos de hidrógeno que pueden ser sustituidos por hasta diez átomos de cloro. Los congéneres de PCB con mayor contenido de cloro son prácticamente insolubles en agua y sumamente resistentes a la degradación. La Organización Mundial de la Salud les ha asignado factores de equivalencia de toxicidad, debido a que exhiben una toxicidad parecida a la de la dioxina.

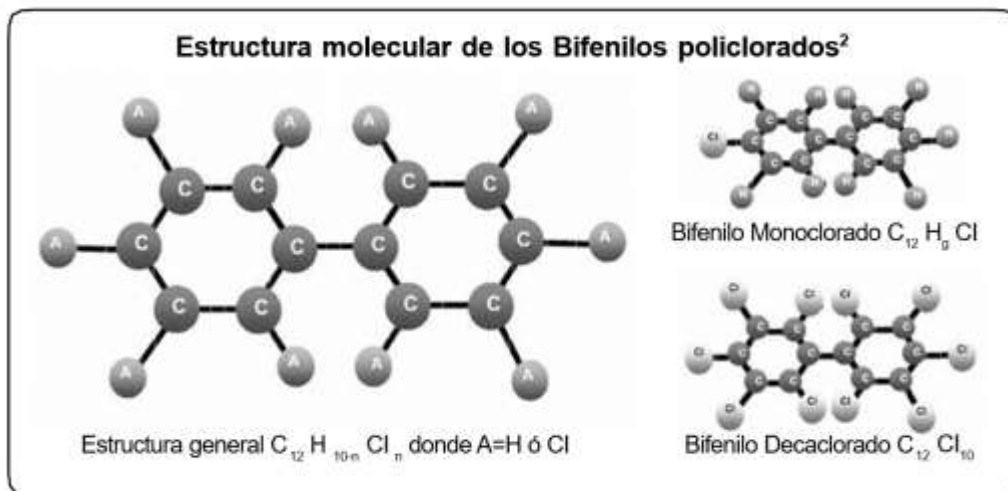


Ilustración 1 Estructura molecular del PCB

Tomado de <http://lanotaenergetica.com/2014/11/11/bifenilos-policlorados-o-pcbs/>

Físicamente a temperatura ambiente, la mayoría de ellos son aceites o sólidos cerosos. Estos aceites poseen magníficas propiedades dieléctricas, de longevidad, no son inflamables y son resistentes a la degradación térmica y química. Por esta razón, antes que se prohibieran, se fabricaban para utilizarlos en equipo eléctrico, intercambiadores de calor, sistemas hidráulicos y distintas aplicaciones especializadas de otra índole.

El principal período de fabricación de estos fue entre 1930 y finales del decenio de 1970 en los Estados Unidos de América; hasta 1974 en China (Organismo Estatal de China para la Protección del Medio Ambiente, 2002); hasta principios del decenio de 1980 en Europa y hasta 1993 en Rusia (Programa de Vigilancia y Evaluación del Ártico, 2000);



y entre 1954 y 1972 en el Japón. Los PCB mezclados con triclorobencenos y tetraclorobencenos se denominaban **Askarel**

Entre los más conocidos nombres comerciales de los productos que contienen PCB figuran los que se relacionan a continuación:

- a. Apirolio (Italia)
- b. Aroclor (Estados Unidos)
- c. Clophen (Alemania)
- d. Delor (Checoslovaquia)
- e. Elaol (Alemania)
- f. Fenchlor (Italia)
- g. Kanechlor (Japón)
- h. Fenoclor (Francia)
- i. Pyralene (Francia)
- j. Pyranol (Estados Unidos)
- k. Pyroclor (Estados Unidos)
- l. Santotherm (Japón)
- m. Sovol (URSS)
- n. Sovtol (URSS)

4.1 Propiedades fisicoquímicas de los PCB usados en equipos eléctricos

Las propiedades varían apreciablemente de acuerdo con su contenido de cloro.

- a. Los PCB están bajo la forma de líquidos viscosos o incluso resinas. Son incoloros o amarillentos y tienen un olor distintivo.
- b. Los PCB son virtualmente insolubles en agua (particularmente aquellos con alto contenido de cloro) pero, en contraste, son levemente solubles en aceite y altamente solubles en la mayoría de los solventes orgánicos.
- c. La luz no afecta a los PCB.
- d. Tienen alta estabilidad frente al calor, lo cual aumenta con el contenido de cloro y solamente se descomponen a muy altas temperaturas ($> 1,200\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- e. Los PCB tienen un alto nivel de inercia química y son altamente resistentes a agentes químicos como ácidos, bases y oxidantes.
- f. A pesar de que no afectan metales básicos, disuelven o suavizan algunas gomas o plásticos.

4.2 Reseña histórica de la producción de PCB a nivel mundial

Los PCB fueron descubiertos a principios del siglo XX. Desde finales de la década de 1960, comenzaron a aparecer envenenamientos por exposición a PCB. En un incidente, más de 14,000 personas se enfermaron en Japón por ingerir salvado de arroz contaminado con PCB. Las apariciones de efectos tóxicos de PCB en aves y otros animales están bien documentadas.

El PCB se empezó a fabricar a escala industrial en 1929 en Monsanto, Estados Unidos y se utilizaron intensamente entre los años 1930 y 1989 a nivel mundial.

- a. En 1970, la EPA3 inicia estudios sobre los PCB.
- b. En 1976 se prohíbe la producción comercial de todos los PCB en los Estados Unidos.
- c. Entre 1929 y 1977 se calcula que se produjeron aproximadamente 555,000 toneladas de PCB solo en los Estados Unidos.

Algunos de los principales países productores de PCB fueron: Austria, China, Checoslovaquia, Francia, Alemania, Italia, Japón, Rusia, España, Reino Unido y Estados Unidos.

4.3 Problemas ambientales del PCB

Desde 1966 los científicos notaron que los PCB son virtualmente indestructibles y se acumulan en las cadenas biológicas, por lo que dañan la salud del ambiente y de los seres humanos. Se encuentran en todos los escalones de la cadena alimenticia y estudios revelaron su presencia, particularmente, en tejido adiposo de especies vivientes al final de la cadena: peces, focas, pájaros y finalmente en humanos. Se encuentran los siguientes niveles de PCB en tejido adiposo humano:

- a. 1mg/kg de PCB en Canadá o 8 mg/kg en Francia
- b. hasta 10 mg/kg en Alemania (estudio realizado en 1977)
- c. Se encontraron trazas de PCB en leche materna.
- d. Más del 90% de lo ingerido atraviesa el intestino y es retenido en el organismo.
- e. El órgano más propenso para su acumulación es el hígado

En vista de estas observaciones, fue lógico que el uso de los PCB se restringiera a aplicaciones cerradas (con arreglos estrictos para asegurar que no existan liberaciones accidentales hacia la naturaleza y para recuperar, reparar, o destruir PCB usados, así como la carcasa de equipos que contienen PCB).

Las principales características por las cuales los PCB fueron incluidos dentro del Convenio de Estocolmo y que causaron la restricción de su uso son:

- a. No son biodegradables.
- b. Se bioacumulan.
- c. Altamente toxico
- d. Viajan Largas Distancias

Muchas de las características de los PCB que los hacen ideales para la industria, los hacen también crear problemas en el ambiente cuando se descarga.

La distribución en el medio ambiente de los PCB está relacionada con el ciclo del agua, en especial, los de altos valores de sustitución de cloro. Son bioacumulables, es decir que se van acumulando en la cadena alimenticia. Estudios revelaron su presencia en especies vivientes al final de la cadena alimenticia: peces, focas, pájaros y finalmente humanos.

Los PCB con cinco o más átomos de cloro son bastante resistentes a la biodegradación. La vida media del producto en el suelo es de cinco años. Se filtran en el manto terrestre y pueden llegar a contaminar aguas subterráneas.

5 EFECTOS DEL PCB EN LA SALUD

Si bien en la última parte del siglo pasado los PCB se han catalogado como cancerígenos (“probable cancerígeno humano”) (Casanovas 1996 – OIT 2004 EPA, ACGIH, IARC, NTP), a raíz principalmente de conclusiones obtenidas de estudios sobre animales, por otro lado se han publicado estudios ocupacionales, en los que no se logran evidenciar relaciones directas entre afectaciones en salud y la exposición a PCB.

En línea con estas conclusiones, *el Addendum to the Toxicological Profile for Polychlorinated Biphenyls*, publicación de la Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades de Estados Unidos – ATSDR (2011), hace referencia a 38 estudios epidemiológicos en humanos y 34 en animales. En todos estos trabajos se concluye sobre los riesgos y afectaciones que pueden producir los PCB a la salud en general se asocian, al igual que las dioxinas y furanos, con el probable riesgo de aumento a condiciones propicias para el desarrollo de cáncer de algún tipo.

Sin embargo, en el año 2015 la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer –IARC tras la revisión de la evidencia de estudios epidemiológicos ocupacionales (principalmente realizados en empresas de manufactura de transformadores) y ambientales, publicó una monografía relativa a los Bifenilos Policlorados, en la cual documenta la existencia de evidencia suficiente en humanos sobre la capacidad de los PCB de producir melanoma maligno, por lo cual los categorizó como carcinógenos para el ser

humano, asignándolos al Grupo 1. Así mismo, reporta que se ha observado asociación positiva para Linfoma No *Hodgink* y cáncer de seno.

En base a estos y otros estudios en humanos demuestran que los envenenamientos comienzan entre 800 y 1,000 ppm, y los primeros síntomas inician en la piel y ojos. Existen tres maneras de exponerse a los PCB: por ingestión, inhalación y absorción cutánea a través de la piel.

5.1 Efectos Agudos

Son las reacciones fisiológicas que ocurren poco después de la exposición, como por ejemplo:

- a. Irritación cutánea (Acné, hiperpigmentación, etcétera)
- b. Irritación ocular por hipersecreción en las glándulas lagrimales
- c. Dolor de cabeza y/o fiebre
- d. Entumecimiento
- e. Desórdenes del hígado



Ilustración 2 Cloroacné producido por contaminación con PCB



Ilustración 3 Viktor Yushchenko con un cuadro de Cloroacné

5.2 Efectos crónicos:

Son las reacciones que ocurren después de una exposición prolongada, como por ejemplo:

- a. Trastornos inmunitarios
- b. Efectos sobre la reproducción
- c. Posible carcinógeno
- d. Trastorno del desarrollo neurológico

Debido a que son pocos solubles en agua pero muy solubles en grasas, los PCB se acumulan en los tejidos adiposos de nuestro cuerpo.

5.3 Efectos toxicológicos:

- a. Desórdenes de la piel
- b. Desórdenes en el hígado
- c. Efectos neuromusculares
- d. Otros desórdenes viscerales
- e. Sistema inmunológico
- f. Desórdenes metabólicos
- g. Problemas reproductivos y anomalías fetales
- h. Carcinógenos y efectos citogenéticos

6 USOS DEL PCB

Los PCB se utilizaron en una amplia variedad de aplicaciones industriales y de consumo. La Organización Mundial de la Salud calificó esos usos como completamente cerrados, nominalmente cerrados y abiertos. Esos usos abarcan:

- 1) Sistemas completamente cerrados: en adelante se conoce como Aplicaciones Cerradas, que será tratado en la siguiente sección.



- 2) Sistemas nominalmente cerrados:
 - a. Sistemas hidráulicos
 - b. Sistemas de transmisión de calor (calentadores, intercambiadores de calor)
 - c. Sistemas abiertos:
 - d. Plastificante en cloruro de polivinilo, neopreno y otras resinas artificiales
 - e. Ingrediente en pinturas y otros materiales de recubrimiento
 - f. Ingrediente en tintas y papel de autocopio
 - g. Ingrediente en adhesivos
 - h. Diluentes de plaguicidas
 - i. Ingrediente en lubricantes, selladores y material de repello
 - j. Retardador de llama en telas, alfombras, espuma de poliuretano y otros
 - k. Lubricantes (lubricantes para microscopios, guarniciones de frenos, lubricantes para cuchillas, lubricantes de otros tipos).

Las prácticas industriales causaron que los PCB pasaran a otros tipos de equipos, lo que creó puntos de contacto adicionales con el medio ambiente. Una práctica común era la de rellenar o recargar con PCB los transformadores que no contenían PCB (aceite mineral) cuando no se disponía de otro líquido.

También se añadieron o se eliminaron aceites con PCB junto con líquidos que no contenían PCB, como aceite de calefacción o refrigerantes, líquido para maquinaria hidráulica, líquido de frenos, aceite de motor y combustibles sin especificación. Se conocen numerosas anécdotas de empleados de empresas eléctricas que utilizaban líquidos con PCB para lavarse las manos y se los llevaban a casa para utilizarlos en calentadores domésticos, instalaciones hidráulicas y motores (como lubricante). Dado que la mayoría de las reactancias de lámparas fluorescentes que se fabricaron antes de la prohibición de los PCB contienen este producto químico, muchos hogares y negocios que instalaron lámparas fluorescentes han adquirido PCB sin saberlo.

6.1 Tipos de equipos de aplicación cerrada

Las presentes guías se centran en la gestión del PCB en aplicaciones cerradas, por lo que para fines de definir y homogenizar los criterios se incluye la siguiente clasificación de equipos:

- A. Equipos eléctricos
 - a. Transformador de distribución
 - b. Transformador de potencia
 - c. Transformador de potencial/corriente (medición)
 - d. Interruptores
 - e. Reconector

- f. Capacitor
 - g. Banco de capacitores
 - h. Regulador de voltaje
 - i. Otro tipo de equipo
- B. Otros recipientes o contenedores
- a. Tonel con aceite
 - b. Tonel con equipo contaminado
 - c. Otro tipo de recipiente o contenedor
 - d. Maquina filtrante

A continuación se describe cada uno de los equipos en función de su tipo:

Transformador de distribución: Transformadores eléctricos con una potencia menor a 500 kVA, sin tanque adicional para almacenaje de aceite y sin tubería de drenado de aceite.



Ilustración 4 Vista de un transformador de distribución .



Ilustración 5 Vista de transformador en la red eléctrica

Transformadores de potencia: Transformadores eléctricos de una potencia igual o mayor a 500 kVA o transformadores de más de 25 kVA que tengan tanques adicionales para contener aceite o tuberías para drenado de aceite.



Ilustración 6 Vista de un esquema de transformador de potencia abierto, otros en una subestación eléctrica y otro con énfasis en el tanque de nivelación de aceite.

Capacitores o bancos de capacitores: Para fines de esta guía se definen como los Capacitores/inductores o Bancos de capacitores/inductores para



Ilustración 7 Vista de capacitores de diversos tamaños y un banco de capacitores colocado en la red eléctrica

Reconectores o interruptores: Son interruptores del flujo eléctrico, compuertas o reconectores para líneas con más de 400 Voltios.



Ilustración 8 Vista de un reconector, desconectado y uno conectado a la red eléctrica

Transformador de potencial/corriente: Son equipos que realizan cambios de voltaje o corriente que generalmente tienen la función de permitir la medición de la corriente en subestaciones.



Ilustración 9 Vista de transformadores de corriente fuera de servicio y en operación

Regulador de voltaje: Es un dispositivo electrónico diseñado para mantener un nivel de tensión constante en la red eléctrica.



Ilustración 10 Vista de reguladores de voltaje para una red de distribución eléctrica

Máquina filtrante: Equipo para tratamiento del aceite dieléctrico a fin de mejorar sus propiedades para su uso en equipos eléctricos.



Ilustración 11 Vista de una máquina filtrante de aceite dieléctrico por el exterior e interior.

Otro tipo de equipo: equipos eléctricos que no se ajustan a los equipos ya mencionados (transformador de distribución, transformador de potencia, transformador de corriente (medición), interruptor, reconectador, capacitor, banco capacitores, regulador de voltaje y maquina filtrante), *pero por los que circula aceite dieléctrico.*

Tonel con aceite: son contenedores metálicos o plásticos de entre 175 a 215 litros de capacidad conteniendo aceite dieléctrico o mezcla de líquidos con aceite dieléctrico.



Ilustración 12 Vista de toneles conteniendo aceite dielectrico

Tonel con equipo contaminado: son toneles metálicos o plásticos de entre 175 a 215 litros de capacidad conteniendo equipos o sólidos contaminados con aceite dieléctrico.

Otro tipo de recipiente o contenedor: recipientes de fluidos o sólidos con aceite dieléctrico que no se ajustan a las descripciones anteriores (tonel con aceite, tonel con equipo contaminado).



Ilustración 13 Canecas de un metro cúbico que se ajustan a la categoría de “Otro tipo de recipiente o Contenedor”.



Ilustración 14 Contenedor de 17 metros cúbicos con aceite dieléctrico contaminado con PCB que se ajusta a la categoría de “Otro tipo de recipiente o Contenedor”.

6.2 Desechos

Los desechos consistentes en PCB, que los contengan o estén contaminados con estos, se encuentran en algunas formas físicas, entre ellas:

- a. Equipo que contenga o esté contaminado con PCB (condensadores, disyuntores, cables eléctricos, motores eléctricos, electroimanes, equipo de transmisión de



calor, instalaciones hidráulicas, interruptores, transformadores, bombas neumáticas, reguladores de voltaje).

- b. Disolventes contaminados con PCB o PCT.
- c. Vehículos al final de su período útil y fracciones ligeras de trituración (pelusas) que contengan o estén contaminados con PCB.
- d. Desechos de demolición que contengan o estén contaminados con PCB (materiales pintados, revestimientos de piso resinosos, selladores, ventanas selladas).
- e. Aceites consistentes en PCB, que los contengan o estén contaminados con ellos (fluidos dieléctricos, fluidos de transmisión de calor, líquidos para maquinaria hidráulica, aceites de motor).
- f. Cables eléctricos aislados por polímeros que contengan o estén contaminados con PCB.
- g. Suelos y sedimentos, rocas y áridos (como el fondo rocoso excavado, grava, material detrítico) contaminados con PCB.
- h. Lodo contaminado con PCB.
- i. Contenedores contaminados mediante el almacenamiento de desechos consistentes en PCB, que los contengan o estén contaminados con ellos.

7 CONVENIO DE ESTOCOLMO

El Convenio Estocolmo tiene como objetivo la prevención y manejo seguro de los Contaminantes Orgánicos Persistentes, para la protección del ambiente y la salud humana, a través de medidas para reducir o eliminar dichas sustancias y otras que el convenio establece: Muchos países son quienes han rectificado dicho convenio y se han comprometido a cumplir sus lineamientos, entre estos países se encuentra Guatemala.

Es un acuerdo internacional que regula el tratamiento de las sustancias tóxicas, fue firmado el 22 de mayo de 2001 en Estocolmo, Suecia

Los países que ratificaron el Convenio de Estocolmo (también conocidos como las partes) ya no pueden producir PCB y están obligados a dejar de usar este producto químico. Sin embargo, los equipos existentes que contienen PCB o están contaminados con ellos pueden seguir utilizándose hasta 2025. Para garantizar que todos los usos de PCB se hayan detenido en 2025, las partes, especialmente las que son países en desarrollo o países con economías en transición, necesitarán apoyo para:



- a. Completar los inventarios nacionales de todos los PCB y equipos contaminados relacionados;
- b. Mejorar la capacidad y aumentar el conocimiento de los propietarios de equipos de PCB sobre el mantenimiento adecuado de los equipos para evitar una mayor contaminación;
- c. Establecer el almacenamiento adecuado del equipo discontinuado y garantizar la eliminación de todos los aceites de PCB y el equipo contaminado de una manera ambientalmente racional.

Dentro del anexo A del Convenio de Estocolmo, se encuentran las sustancias que deben ser eliminadas y dentro de este listado están los Bifenilos policlorados.

8 MARCO LEGAL EN GUATEMALA

8.1 Ratificación del Convenio de Estocolmo

El Estado de Guatemala firmó el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes y posteriormente lo ratificó en el año 2008, por medio del Decreto 60-2007, convirtiéndose en uno de los países parte y está obligado a cumplir con la reducción y eliminación de las sustancias listadas en los anexos del Convenio.

8.2 Reglamento Para la Gestión Integral de Bifenilos Policlorados (PCB) y Equipos que lo Contienen

El reglamento aprobado mediante el acuerdo gubernativo **194-2018 “REGLAMENTO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE BIFENILOS POLICLORADOS (PCB) Y EQUIPOS QUE LO CONTIENEN”** regula de forma específica la gestión del PCB en aplicaciones Cerradas, este reglamento es revisado según corresponda en cada uno de las guías que forman el presente compendio, de forma general para el presente TOMO, corresponde las generalidades.

En el capítulo II, se tiene estipulado como se clasifican los equipos por su contenido de PCB.

ARTICULO 8. CLASIFICACIÓN DE EQUIPO. Para los efectos de implementación de este Reglamento los equipos se clasifican de la siguiente forma:

- a. No inspeccionado.
- b. Sospechoso de PCB
- c. Bajo nivel de PCB.
- d. Contaminado con PCB.

Por tanto esta clasificación será utilizada a lo largo de las presentes guías.

También se define claramente los límites legales para considerar contaminados con PCB los equipos.

Artículo 9. CONCENTRACIONES DE PCB. Para iniciar la gestión ambientalmente racional de PCB se debe aplicar las siguientes concentraciones:

EQUIPO	CONCENTRACIÓN
Bajo Nivel de PCB	Menor a 50 ppm.
Contaminado con PCB	Mayor o igual a 50 ppm.

Estas concentraciones aplican a partir de volúmenes de aceite mayores a 50 mililitros o 50 gramos de aceite o de material contaminado.

La inobservancia a las concentraciones de PCB reguladas se considera incumplimiento a los compromisos ambientales asumidos ante el MARN en la resolución que aprueba la actividad del propietario.

En este aspecto es importante mencionar que aunque el aceite cuente con menos de 50 ppm de PCB, sigue siendo un residuo peligroso que debe ser gestionado como tal en concordancia con la regulación vigente.

Para fines de emisiones al medio ambiente se han definido límites.

Artículo 10. LÍMITES MÁXIMOS DE PCB PERMISIBLES PARA EMISIONES Y LIBERACIONES AL MEDIO AMBIENTE. Para la aplicación de los límites al aire, agua y suelo se deberá atender a lo siguiente:

EMISIONES	LIMITE MÁXIMO DE PCB
A la atmósfera	0.5 mg/m ³
En agua residual	0.5 mg/L
En suelo (por sólidos residuales)*	<50 mg/kg

*Los resultados deben ser mg/kg base seca

EMISIONES POR TIPO DE SUELO	LIMITE MÁXIMO DE PCB en mg/Kg B.S.*
Agrícola	0.5 mg/kg
Residencial	5 mg/kg
Industrial/comercial	<50 mg/kg
Mixtos	0.5 mg/kg

*Cuantificados en base seca con la suma de todos los congéneres de PCB detectados.



La inobservancia de los límites máximos permisibles se considera incumplimiento a los compromisos ambientales asumidos ante el MARN en la resolución que aprueba la actividad del propietario.

Sin perjuicio de lo que establecen otras leyes ambientales al respecto, que puedan ser constitutivos de delitos o faltas.

Estos límites son la referencia para la aprobación de instrumentos ambientales.

Es importante acotar en las prohibiciones y explicar algunas de las más relevantes.

Artículo 51. PROHIBICIONES GENERALES. Para efectos de este reglamento, sin perjuicio de la responsabilidad penal correspondiente, se contemplan las siguientes prohibiciones generales:

- a) Queda prohibida la producción de PCB en el territorio nacional.
- b) A Partir del año 2,025 queda prohibido en el territorio nacional el uso de equipo, recipientes y sustancias que contengan una concentración mayor o igual a 50 ppm de PCB.
- c) En todas las instalaciones eléctricas nuevas y en modificaciones a las existentes, se prohíbe el uso de equipo contaminado con PCB.

Es decir, no se permite que en caso de que se construya o modifique instalaciones se utilicen equipos contaminados con PCB. En instalaciones eléctricas existentes si se permite el uso.

- d) Queda prohibida la mezcla o dilución de aceites dieléctricos con PCB, en cualquier medio.

Esto es diferente a la descontaminación equipos que puede ser realizado según procedimientos indicados mediante el instrumento ambiental aprobado por el MARN.

- e) Se prohíbe completar el nivel de los equipos que no contienen PCB utilizando aceites contaminados con PCB.
- f) Se prohíbe la quema directa y el vertido de PCB en las diferentes matrices ambientales.
- g) Se prohíbe mezclar desechos contaminados con PCB con otros residuos, desechos o cualquier otra sustancia,
- h) Se prohíbe el trasvase de aceite dieléctrico contaminado con PCB y el traslado de equipos o desechos contaminados con PCB, excepto con el propósito de un movimiento técnico seguro,
- i) Se prohíbe la reutilización y reciclado de equipos y aceites dieléctricos contaminados con PCB.

Una vez descontaminado el equipo si puede ser reutilizado o reciclado.

En el **TOMO 7: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS CON ACEITES DIELECTRICOS** . Se trata algunos requisitos y prohibiciones para la importación y en el **TOMO 9: MANEJO AMBIENTALMENTE RACIONAL DE EQUIPOS Y DESECHOS CONTAMINADOS CON PCB** . Se incluyen los requisitos y prohibiciones referentes a la exportación.

Relativo a las presentes guías las mismas se han desarrollado a fin de cumplir con el artículo 56 que dice:



Artículo 56. NORMAS OPERATIVAS, MANUALES, GUÍAS, PROTOCOLOS O INSTRUCTIVOS. El MARN elaborará las normas operativas, los manuales, guías, protocolos o instructivos para la gestión integral de PCB y equipo que lo contienen así como todas aquellas otras disposiciones que permitan establecer las especificaciones técnicas para su implementación, los cuales deben estar disponibles a más tardar a los 6 meses de que entre en vigencia el presente reglamento.

9 BIBLIOGRAFÍA

Para la elaboración de las presentes guías se ha consultado la siguiente bibliografía:

9.1 Documentos

BOLETÍN ELECTRÓNICO INFORMATIVO SOBRE PRODUCTOS Y RESIDUOS QUÍMICOS Año 11 N° 78, Abril, 2015 Editor: Ing. Jorge Eduardo Loayza Pérez MSc. FQIQ. UNMSM. Lima. Perú.

BOLETÍN ELECTRÓNICO INFORMATIVO SOBRE PRODUCTOS Y RESIDUOS QUÍMICOS. Año 11 N° 79, Agosto, 2015. Editor: Ing. Jorge Eduardo Loayza Pérez MSc. FQIQ. UNMSM. Lima. Perú.

INTECAP. **Máquinas Eléctricas Estacionarias.** MT.3.4.2-699/13. Guatemala, marzo 2013.

Minpetel. **Eliminación Ambientalmente Racional de PCB .** Av. 13 DE OCTUBRE DE 2017. Salaverry 2415 – Of 201. San Isidro– Lima. mmendoza@minpetel.com.

Minpetel. **Descarte de PCB utilizando el Clor-N-Oil y el analizador L2000DX.** Av. Salaverry 2415 – Of 201. San Isidro– Lima. mmendoza@minpetel.com

*National PCB Inventory, Office of Environmental Sustainability, EPA. **A Guide to the Disposal and Decontamination of PCB-contaminated Transformers and other PCB applications.** Regional Inspectorate, McCumiskey House, Richview, Clonskeagh Road, Dublin D14 YR62.*

Proyecto “Gestión Integrada y Ambientalmente Racional de Bifenilos Policlorados (PCB) en el Ecuador”. Ministerio de Ambiente (MAE), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). **Guía Técnica para la Gestión Ambientalmente Racional de PCB. Republica de Ecuador.** Quito Ecuador, Julio, 2015.

Proyecto “Gestión Integrada y Ambientalmente Racional de Bifenilos Policlorados PCB en el Ecuador”. Ministerio del Ambiente “**Guía de Seguridad y Salud Ocupacional para el Manejo de Aceites Dieléctricos**”, marzo de 2017, Quito-Ecuador

Proyecto AdA-Integración. Guía Técnica de Manejo de Equipos Eléctricos con Bifenilos Policlorados (PCB). Guatemala, agosto 2015. Primera Edición.

PROYECTO COL 84851/71268 DESARROLLO DE LA CAPACIDAD NACIONAL PARA LA GESTIÓN Y ELIMINACIÓN AMBIENTALMENTE ADECUADA DE PCB EN COLOMBIA. Proyecto del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con el apoyo de GEF y PNUD. **Manual para la Gestión Integral de Bifenilos Policlorados – PCB No. 1. Generalidades y Conceptos Básicos sobre Bifenilos Policlorados – PCB.** Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015. ISBN: 978-958-8901-12-1.



PROYECTO COL 84851/71268 DESARROLLO DE LA CAPACIDAD NACIONAL PARA LA GESTIÓN Y ELIMINACIÓN AMBIENTALMENTE ADECUADA DE PCB EN COLOMBIA. Proyecto del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con el apoyo de GEF y PNUD. **Manual para la Gestión Integral de Bifenilos Policlorados – PCB No. 2. Consideraciones para la implementación del Inventario nacional de PCB.** Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015. ISBN: 978-958-8901-13-8.

PROYECTO COL 84851/71268 DESARROLLO DE LA CAPACIDAD NACIONAL PARA LA GESTIÓN Y ELIMINACIÓN AMBIENTALMENTE ADECUADA DE PCB EN COLOMBIA. Proyecto del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con el apoyo de GEF y PNUD. **Manual para la Gestión Integral de Bifenilos Policlorados – PCB No. 3. Muestreo, toma de muestras, análisis e identificación de equipos y desechos contemplados en la normativa ambiental de PCB.** Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015. ISBN: 978-958-8901-14-5.

PROYECTO COL 84851/71268 DESARROLLO DE LA CAPACIDAD NACIONAL PARA LA GESTIÓN Y ELIMINACIÓN AMBIENTALMENTE ADECUADA DE PCB EN COLOMBIA. Proyecto del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con el apoyo de GEF y PNUD. **Manual para la Gestión Integral de Bifenilos Policlorados – PCB No. 4. Marcado de equipos eléctricos que consisten, contienen o pueden contener PCB y desechos contaminados con PCB.** Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015. ISBN: 978-958-8901-15-2.

PROYECTO COL 84851/71268 DESARROLLO DE LA CAPACIDAD NACIONAL PARA LA GESTIÓN Y ELIMINACIÓN AMBIENTALMENTE ADECUADA DE PCB EN COLOMBIA. Proyecto del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con el apoyo de GEF y PNUD. **Manual para la Gestión Integral de Bifenilos Policlorados – PCB No. 5. Mantenimiento de equipos con aceites dieléctricos.** Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015. ISBN: 978-958-8901-16-9.

PROYECTO COL 84851/71268 DESARROLLO DE LA CAPACIDAD NACIONAL PARA LA GESTIÓN Y ELIMINACIÓN AMBIENTALMENTE ADECUADA DE PCB EN COLOMBIA. Proyecto del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con el apoyo de GEF y PNUD. **Manual para la Gestión Integral de Bifenilos Policlorados – PCB No. 6. Manejo ambientalmente racional de equipos y desechos contaminados con PCB.** Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015. ISBN: 978-958-8901-17-6.

Proyecto CRBAS-FMAM/PNUMA “Mejores Prácticas para el Manejo de PCB en el Sector Minero Sudamericano” Ministerio del Ambiente del Perú. **Procedimiento para la compra de equipamiento e insumos libres de PCB.** Lima: MINAM. Primera edición, mayo 2016.

Proyecto Diagnóstico Nacional sobre la Gestión de Compuestos Orgánicos Persistentes en México 301107. **Informe Final del Proyecto Integración del Diagnóstico Nacional sobre**



la Gestión de Compuestos Orgánicos Persistentes en México. Dra. Teresita Romero Torres. México, Noviembre 2007.

Proyecto GF/PER/10/001 “Manejo y Disposición Ambientalmente Racional de Bifenilos Policlorados (PCB)” **Guía Para El Manejo Ambientalmente Racional de Existencias y Residuos de Bifenilos Policlorados (PCB).** Impresión enero de 2017. ISBN: 201700543. Lima, Perú.

Proyecto GF/PER/10/001 “Manejo y Disposición Ambientalmente Racional de Bifenilos Policlorados (PCB)” **“Inventario y eliminación de Existencias y Residuos con PCB”.** Impreso en enero de 2017. ISBN: 201700545. Lima, Perú.

Proyecto GF/PER/10/001 “Manejo y Disposición Ambientalmente Racional de Bifenilos Policlorados (PCB)”. **Procedimiento de Muestreo PR - 001.** . Revisión 3. 24 / 05 / 2012.

UNECE, UN Model Regulations, **Recomendaciones relativas al transporte de mercancías peligrosas - Reglamentación Modelo.** Rev. 19 (2015) .

9.2 Regulación

9.2.1 Leyes de referencia España

- a. Directiva 96/59/CE: eliminación de los policlorobifenilos y los policloroterfenilos (PCB/PCT)
- b. Decisión de la Comisión 2001/68/CE: Métodos de referencia PCB/PCT.
- c. REAL DECRETO 1378/1999. Medidas PCB España
- d. REAL DECRETO 228/2006. Actualiza Medidas PCB España

9.2.2 Leyes de referencia Argentina

- a. Ley N.º 24.051. RESIDUOS PELIGROSOS ARGENTINA.
- b. Ley 760 y decreto 217, Ciudad Autónoma de Buenos Aires
- c. Resolución N.º 2131/01. Registro Provincial de poseedores de PCBs.
- d. Resolución Nro.: 249 /2002. COFEMA.
- e. Resolución N° 1118/02, Provincia de Buenos Aires.
- f. Ley 25.670. PCB ARGENTINA.
- g. Resolución 1398/2008. MONTOS MÍNIMOS PCB ARGENTINA.
- h. Resolución 840/2015. Se crea el programa nacional para PCB ARGENTINA.
- i. Decreto 853/2007. Reglamento de la ley 25.670 PCB ARGENTINA.

9.2.3 Leyes de referencia Estados Unidos Mexicanos

- a. NOM-133-ECOL-2000 PCBs



- b. NORMA Oficial Mexicana NOM-098-SEMARNAT-2002, Protección ambiental- Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes.
- c. NORMA Oficial Mexicana NOM-055-SEMARNAT-2003, Que establece los requisitos que deben reunir los sitios que se destinarán para un confinamiento controlado de residuos peligrosos previamente estabilizados
- d. NORMA Oficial Mexicana NOM-043-SCT/2003, Documento de embarque de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
- e. NORMA Oficial Mexicana NOM-032-SCT/1995, Para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.
- f. NOM-052-SEMARNAT-1993 (antes NOM-052-ECOL-1993)

9.2.4 Leyes de referencia Costa Rica

- a. DECRETO N° 30050-S. BIFENILOS POLICLORINADOS.
- b. Ley 8839 -MINAE. Desechos Industriales.
- c. DECRETO EJECUTIVO 27001-MINAE. Desechos Industriales.
- d. Decreto N° 24715-MOPT-MEIC-S Reglamento para el transporte terrestre de productos peligrosos.
(http://www.wikivia.org/wikivia/images/e/e6/DECRETO_EJECUTIVO_24715-MOPT.pdf)

9.2.5 Leyes de referencia Estados Unidos de Norte América

- a. Código federal 40 CFR Ch. I Part. 761