



GOBIERNO DEL
PARAGUAY

MADES



fondo
para el medio
ambiente mundial
INVERSIÓN EN NUESTRO PLANETA



Fortalecimiento de la Gestión
Ambientalmente Racional y Eliminación
Final de los PCB en Paraguay



GUÍA DE BUENAS PRACTICAS

Gestión del Mantenimiento y Almacenamiento de PCB



El Convenio de Estocolmo establece que se debe realizar esfuerzos decididos para:

- Identificar, etiquetar y retirar de uso todo equipo que contenga más de una 0,005% de PCB y volúmenes superiores a 0,05L, a más tardar el 2025.
- Lograr una gestión ambientalmente racional de los desechos, tan pronto como sea posible, pero a más tardar en el 2028.
- Promover medidas de reducción de la exposición y el riesgo del uso de los PCB.

Re editado en el año 2023, dentro del Marco del proyecto “Fortalecimiento de la Gestión Ambientalmente Racional y Eliminación Final de los PCB en Paraguay ” ejecutado por el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Contenido

1 INTRODUCCIÓN	5
2. OBJETIVOS DE LA GUÍA	7
3. CONVENIO DE ESTOCOLMO SOBRE LOS CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES	9
4. CICLO DE VIDA DE LOS EQUIPOS CON PCB 14.....	12
5. BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS CON PCB	15
5.1 ADOPCIÓN DE MEDIDAS DE SEGURIDAD	17
5.2 CAPACITACIÓN DEL PERSONAL TÉCNICO	20
5.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	21
5.3.1 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES	22
5.3.2 MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN DE SISTEMA DE BARRA	24
5.3.3 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	24
5.3.4 PERIODICIDAD DE LAS INSPECCIONES	26
5.3.5 PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO DEL ACEITE AISLANTE	27
5.3.6 MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN DE LOS BUJES	28
5.3.7 MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN DEL EQUIPO DE ENFRIAMIENTO	29
5.3.8 MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN DE LOS TERMÓMETROS	30
5.3.9 MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN DEL NIVEL DE ACEITE	30

5.3.10 MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN DE LOS RELÉS DE PROTECCIÓN	30
5.3.11 MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN DE VÁLVULAS DE SOBREPRESIÓN	34
5.3.12 MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN DE RESPIRADORES DE SÍLICA GEL	34
5.3.13 MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN DE JUNTAS, PIEZAS DE FIJACIÓN Y VÁLVULAS	35
6. BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES PARA EL ALMACENAMIENTO DE ELEMEN- TOS CON PCB (EQUIPOS, ACEITES Y MATERIALES CONTAMINADOS CON PCB)	36
6.1 CONSIDERACIONES TÉCNICAS DE LAS INSTALACIONES PARA EL ALMACENAMIENTO TEMPORAL	37
6.2 ALMACENAMIENTO A LARGO PLAZO O PERMANENTE	43
6.3 CONDICIONES PARA EL ALMACENAMIENTO	45
6.4 BUENAS PRÁCTICAS EN LAS OPERACIONES DE ALMACENAMIENTO DE PCB	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

TABLA DE FIGURAS

Figura 1: Etapas del ciclo de vida de equipos con PCB	15
Figura 2: Traje de protección Tyvek	21
Figura 3: Principales partes del transformador	23
Figura 4: Características de un almacén permanente	42

1

INTRODUCCIÓN

Son muchas las investigaciones que demuestran que los Bifenilos Policlorados (PCB) pueden afectar la salud de los seres humanos. Ya en 1937, un estudio publicado en la Revista de Higiene Industrial y Toxicología sugirió una relación entre los PCB y enfermedades hepáticas¹, pero fue en 1968 cuando sucedió una intoxicación masiva en la población de Yusho, Japón al haber ingerido aceite de arroz contaminado con PCB, que se evidenciaron los graves daños a la salud. Los síntomas inmediatos en la mayoría de los 1665² afectados de Yusho fueron el cloracné severo, problemas de visión y respiratorios. Dos de cada 12 niños nacieron muertos y casi todos los bebés sufrieron enfermedades ocasionadas por los PCB. Posteriormente, estudios epidemiológicos realizados en esta población evidenciaron daños a los sistemas reproductivos, nervioso y endocrino, así como mortalidad por cáncer al hígado.

Los PCB ingresan al organismo de la población general principalmente vía ingestión de alimentos contaminados, en tanto que, en la exposición ocupacional, las vías de ingreso son por lo general la dérmica, la inhalatoria y en algunos casos la vía digestiva. Los signos presentados son los problemas en la piel, como el acné y los salpullidos, malestares como irritación de la nariz y pulmones, malestar gastrointestinal, alteraciones de la sangre y el hígado y depresión y fatiga³. En muchos casos también puede producirse irritación de las vías respiratorias altas y en mayor porcentaje una disminución en la capacidad vital forzada. También pueden producirse síntomas digestivos como dolor abdominal, anorexia, náuseas, vómitos e ictericia y rara vez, coma y muerte (en estos últimos casos mortales, las autopsias revelaron existencia de atrofia amarilla aguda del hígado⁴. Los PCB también están considerados como disruptores endocrinos, pueden afectar las funciones hormonales del tiroides⁵.

Los trabajadores de las áreas de reparación y mantenimiento de equipos que contienen PCB (principalmente transformadores) son los que están más expuestos. También se exponen cuando están presentes en accidentes, derrames, o incendios de equipos con PCB, o durante el transporte de material o equipos con PCB.

Es pertinente, por tanto, que los trabajadores adopten Buenas Prácticas Ambientales durante los trabajos de mantenimiento y reparación de equipos, así como también en el almacenamiento de existencias y residuos con PCB.

1 Cecil K. Drinker and others, "The Problem of Possible Systemic Effects From Certain Chlorinated Hydrocarbons," THE JOURNAL OF INDUSTRIAL HYGIENE AND TOXICOLOGY Vol. 19 (September, 1937)

2 Ellen K. Silbergeld. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Capítulo de Toxicología. OIT 1998

3 <https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es-phs17.html>

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

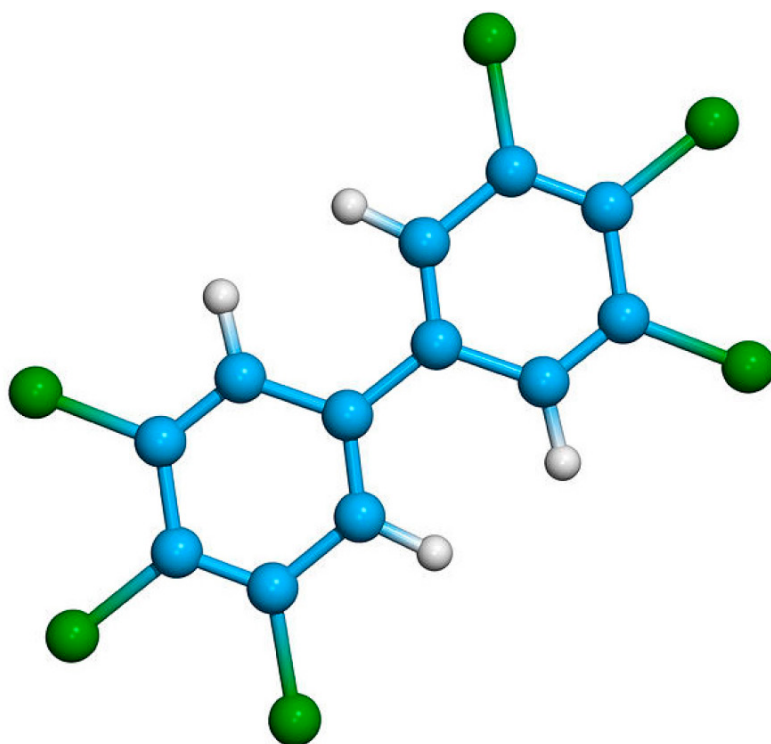
5 Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Alteradores Endocrinos: exposición laboral. Norma Técnica de Prevención NTP 758. 2007.

2

OBJETIVOS DE LA GUÍA

Brindar orientaciones para que los tomadores de decisiones de las empresas o instituciones que tienen equipos con PCB (sean existencias o residuos), proporcionen infraestructura, faciliten información y brinden los recursos necesarios, además de los equipos de protección personal (EPP) para que el personal de mantenimiento realice su trabajo en ambientes con el riesgo controlado, así como se tengan ambientes bien implementados para el almacenamiento temporal de los equipos y residuos que sean, contengan o estén contaminados con PCB.

Brindar orientaciones para que los trabajadores adopten Buenas Prácticas Ambientales en sus labores habituales, de modo tal que eviten riesgos de daños a su salud, así como, de contaminar el ambiente en casos de accidentes, derrames, incendios.



3

CONVENIO DE ESTOCOLMO SOBRE LOS CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES

Teniendo en cuenta las dos etapas del ciclo de vida de los equipos con PCB que abordará la presente guía, se puntualiza lo establecido por el Convenio de Estocolmo y que cada Parte¹ deberá:

- ✓ Prohibir y/o adoptar las medidas jurídicas y administrativas que sean necesarias para eliminar su producción y utilización, así como sus importaciones,
- ✓ Sólo se permitirán las exportaciones con fines de eliminación ambientalmente racional, cuando la destrucción o transformación irreversible no represente la opción preferible desde el punto de vista del medio ambiente o su contenido de PCB sea bajo, teniendo en cuenta las reglas, normas y directrices internacionales y las normas nacionales que rigen en la materia,
- ✓ Elaborará estrategias para determinar las existencias de PCB, así como los desechos, es decir realizará un inventario que permita saber dónde están los equipos y residuos que son PCB, que contienen PCB o que están contaminados con PCB,
- ✓ Adoptará medidas adecuadas para que los desechos, incluidos los productos y artículos con PCB, se gestionen, recojan, transporten y almacenen de manera ambientalmente racional,
- ✓ Se esforzará por elaborar estrategias adecuadas para identificar los sitios contaminados con PCB y se realice un saneamiento de estos sitios de manera ambientalmente racional
- ✓ Elaborará su Plan para el cumplimiento de las obligaciones emanadas del Convenio y lo revisará y actualizará según corresponda
- ✓ Asimismo, dentro de sus capacidades, promoverá y facilitará, entre otros, la capacitación de los trabajadores, y del personal técnico y directivo,
- ✓ Dentro de sus capacidades, alentará a la industria y a los usuarios a que promuevan y faciliten el suministro de información.

¹ Paraguay es País Parte del Convenio de Estocolmo desde el 1 de abril de 2004

Teniendo en cuenta, la Parte II del texto del Convenio, y con respecto a la eliminación de los PCB en equipos (transformadores, condensadores u otros receptáculos que contengan existencias de líquidos residuales), cada Parte debe, a más tardar el año 2025:

-  Realizar esfuerzos decididos por identificar, etiquetar (hacer un inventario) y retirar de uso, todo equipo que contenga más de 0,005% de PCB y volúmenes superiores a 5 litros,
-  Promover, entre otras, las siguientes medidas de reducción de la exposición y el riesgo a fin de controlar el uso de los PCB, utilizando solamente en equipos intactos y estancos, y solamente en zonas en que el riesgo de liberación al medio ambiente pueda reducirse al mínimo y la zona de liberación pueda descontaminarse rápidamente,
-  Excepto para las operaciones de mantenimiento o reparación, no permitir la recuperación para su reutilización en otros equipos que contengan líquidos con una concentración de PCB superior a 0,005%

Igualmente debe realizar esfuerzos decididos para lograr una gestión ambientalmente racional de los desechos, tan pronto como sea posible, pero a más tardar en el 2028.

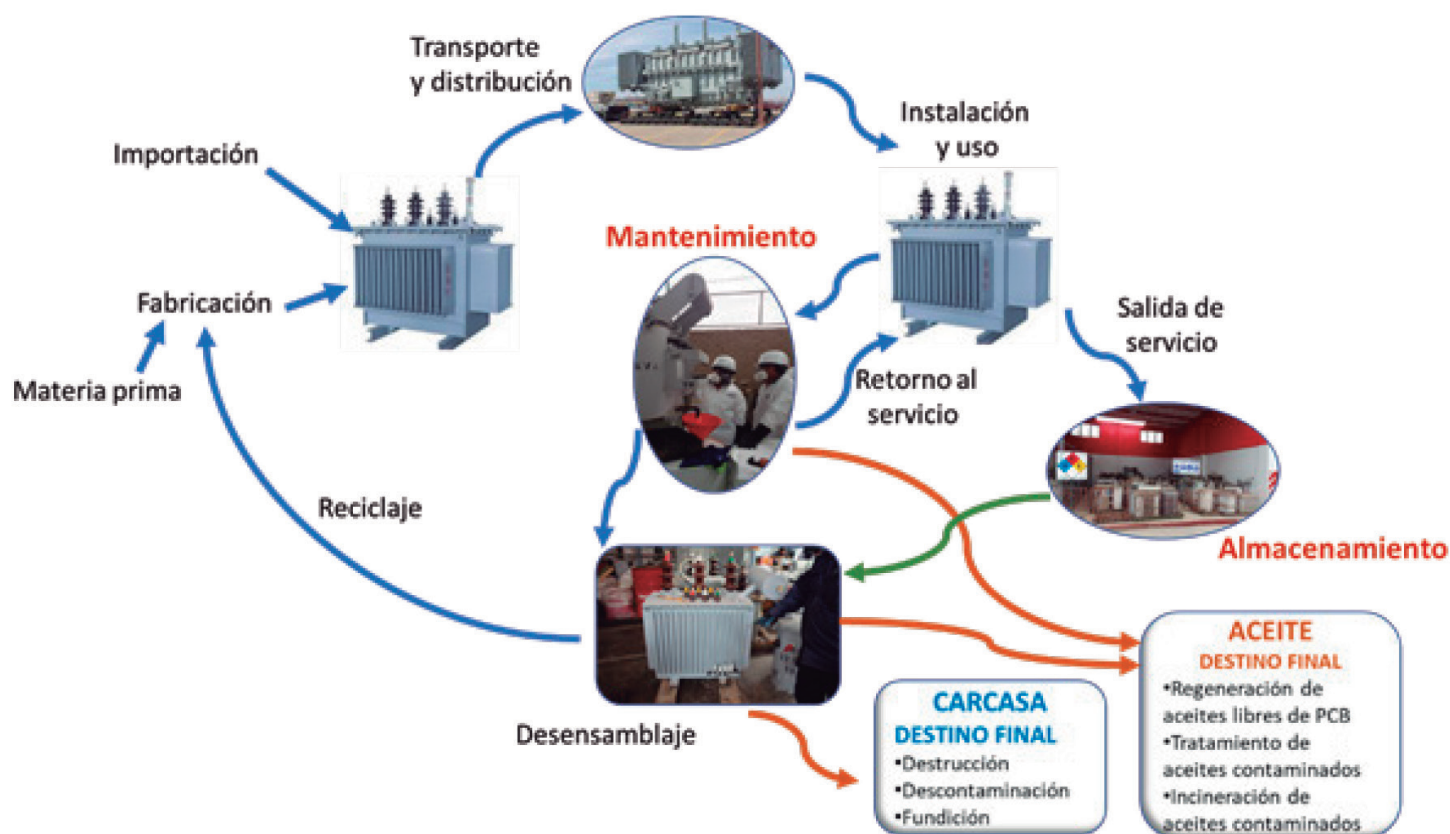
4

CICLO DE VIDA DE LOS EQUIPOS CON PCB

En la siguiente figura se aprecian las etapas del ciclo de vida de los equipos con PCB, en cada una de ellas se deberán adoptar medidas para poder usar los equipos a más tardar hasta el 2025, en las mejores condiciones, sin que esto signifique riesgos para la salud de los trabajadores, ni la población en general; y que al final de su vida útil pueda realizarse una adecuada disposición final de los mismos.

Hay dos etapas importantes del ciclo de vida de los equipos con PCB, cuyas actividades deben realizarse adoptando buenas prácticas ambientales y contando con una infraestructura que permita el control de riesgos. Se trata del mantenimiento de los equipos con PCB que pueden continuar prestando servicios o, si luego de la evaluación realizada, se decide por un destino final, tanto de la carcasa como del líquido dieléctrico y del almacenamiento de los equipos que tienen PCB o de cilindros que contienen PCB o aceite contaminado con PCB que deberán ser dispuestos a más tardar el 2028. El almacenamiento de estos residuos debe contar con todas las seguridades que la peligrosidad de los PCB requiere.

Figura 1: Etapas del ciclo de vida de equipos con PCB



El Convenio de Estocolmo establece orientaciones generales sobre las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales, entre ellas están medidas que deben adoptarse y consideraciones generales como:

- ◆ los programas de buen funcionamiento y mantenimiento preventivo
- ◆ necesidad de evitar accidentes y reducir al mínimo sus consecuencias para el medio ambiente
- ◆ necesidad de salvaguardar la salud ocupacional y la seguridad en los lugares de trabajo

5

BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS CON PCB

La generación, transmisión y distribución de energía eléctrica requiere contar con equipos en óptimas condiciones para su funcionamiento, por lo cual, la etapa del mantenimiento en el ciclo de vida de los equipos, es muy importante.

Teniendo en cuenta que el Convenio de Estocolmo establece en relación a la eliminación del uso de los PCB en equipos (por ejemplo, transformadores, condensadores u otros receptáculos que contengan existencias de líquidos residuales) a más tardar el 2025 como fecha tope; se tiene aún un periodo en el cual se puede usar equipos con PCB, lo que implica adoptar medidas para un trabajo seguro, con el fin de prevenir y minimizar los impactos y posibles afectaciones a la salud humana y al ambiente relacionadas con los PCB.

En este sentido, las actividades que se realicen durante el mantenimiento de los equipos tienen gran significancia pues implica, no sólo prevenir la contaminación con PCB de los equipos libres de ellos, y la liberación al ambiente de los PCB contenidos en algunos equipos, sino aprovechar su vida útil.

Seguidamente se puntualizarán las mejores prácticas ambientales que deben adoptarse en el proceso de mantenimiento de equipos con PCB (tanto preventivo como correctivo), las cuales contribuirán con el cumplimiento de la legislación nacional en esta materia. Cabe precisar que el mantenimiento de los equipos deberá realizarse de acuerdo a los procedimientos técnicos del fabricante.

La resolución 138 por el cual se establecen medidas para la gestión de Bifenilos Policlorados (PCB) en la República del Paraguay y se dispone su reglamentación en el marco de la Ley N 2333/2004 "Que aprueba el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes". Esta debe ser cumplida por los poseedores y fabricantes de aceites dieléctricos y equipos que lo contienen, y por las empresas que realizan transporte y mantenimiento de dichos equipos y sustancias, tales como:

- ◆ Las instalaciones donde se realizan actividades de mantenimiento de equipos que contienen aceites dieléctricos deben contar con licencia ambiental y habilitación de funcionamiento.

- ◆ Estas instalaciones deben disponer de capacidades para efectuar controles analíticos del nivel de contenido de PCB en aceites, suelo y equipos, sistemas de registro de entradas y salidas de equipos, sistemas de seguridad, etc., todos disponibles para verificación por parte de la Secretaría del Ambiente.

- ◆ Los poseedores de equipos deben efectuar controles de la funcionalidad de equipos.
- ◆ Con la adopción de buenas prácticas ambientales durante las operaciones de mantenimiento de los equipos se puede:
 - ◆ Evitar la contaminación cruzada que resulta en más equipos contaminados con PCB
 - ◆ Prevenir derrames de aceite con PCB por fallas en los equipos
 - ◆ Evitar contaminación del lugar del trabajo y del ambiente por derrame del aceite durante las actividades de mantenimiento
 - ◆ Prolongar la vida útil del equipo, con buen funcionamiento
 - ◆ Cumplir con las normas técnicas y ambientales

5.1 Adopción de medidas de seguridad

Sea que el taller de mantenimiento se halle dentro de las instalaciones de la empresa o se trate de un servicio externo, la gerencia debe:

- ◆ Asumir el liderazgo con respecto a las políticas de seguridad
- ◆ Brindar ambientes y entorno de trabajo seguro, adecuado para el buen desempeño de los técnicos de mantenimiento
- ◆ Asegurar que el área de trabajo tenga una adecuada ventilación (de ser necesario debe contar con ventilación forzada)
- ◆ Fomentar la cultura preventiva, mediante la capacitación, sensibilización
- ◆ Desarrollar procedimientos de trabajo seguro para el trabajo de mantenimiento de equipos con PCB, en los que se identifiquen claramente los riesgos potenciales y las acciones de prevención y medidas de control

- ◆ Las responsabilidades en el taller de mantenimiento deben estar claramente asignadas
- ◆ Se debe mantener un registro de incidentes y accidentes
- ◆ Debe estar disponible rápidamente los primeros auxilios y atención médica en caso de un incidente o accidente



Al realizar los trabajos de mantenimiento de un equipo en servicio que contiene PCB, se deben tomar las siguientes medidas de seguridad:

- ◆ Contar con equipos de protección personal, a fin de evitar el contacto directo de la piel con materiales contaminados mediante el uso de guantes y anteojos de seguridad. Según el trabajo de mantenimiento a realizar se debe utilizar un traje de seguridad y máscara de protección:

Para el desmantelamiento de capacitores (sin filtración):

- ◆ Mameluco (overall) de trabajo
- ◆ Casco (de acuerdo a reglas de seguridad de cada empresa)
- ◆ Zapatos de seguridad dieléctricos

- ◆ Guantes de cuero
- ◆ Máscara respiratoria ligera solo en caso de liberación o filtración (Filtro A2P2; para vapores orgánicos y partículas)

Para el desmantelamiento de capacitores (con filtración):

- ◆ Traje de protección (Tyvek)
- ◆ Botas (de goma) con puntera de acero
- ◆ Guantes de Neoprene
- ◆ Máscara respiratoria ligera (Filtro A2P2; para vapores orgánicos y partículas)

Figura 2: Traje de protección Tyvek



◆ Los derrames deben de evitarse en todo momento por medio del uso de bandejas de contención o geomembranas (geotextiles).

◆ Todo contacto del PCB con una llama o cualquier fuente de calor por encima de los 300°C y el uso de una esmeriladora o amoladora debe evitarse completamente. Existe un riesgo alto de la generación de dioxinas y furanos.

◆ Todas las herramientas utilizadas y materiales que hayan entrado en contacto con PCB deben de ser eliminadas como residuo contaminado de manera ambientalmente segura o de lo contrario deben ser descontaminadas con un solvente apropiado (ej. acetona grado técnico). Tener presente que los únicos materiales que se pueden descontaminar son el metal, el vidrio y la cerámica.

◆ Operaciones que implican el drenado, el rebobinado, entre otros pueden ser realizados únicamente por empresas autorizadas por el Ministerio del Ambiente para labores de mantenimiento.

◆ Los residuos con PCB generados durante las operaciones de mantenimiento se deberán almacenar en condiciones apropiadas y luego realizar la eliminación ambientalmente racional de los mismos.

5.2 Capacitación del personal técnico

Es muy importante que el personal que realiza los trabajos de mantenimiento esté capacitado, no solamente en el funcionamiento de los equipos y los riesgos eléctricos inherentes a éstos, sino en los riesgos que implica la manipulación de equipos con PCB.

◆ Las empresas poseedoras de los equipos o aquellas que brindan servicio de mantenimiento son responsables de que su personal tenga las capacidades en, como mínimo, los siguientes aspectos:

◆ Riesgos a la salud y trabajo seguro con equipos con PCB y riesgos eléctricos

◆ Riesgos de contaminación del ambiente con PCB

◆ Medidas de prevención para evitar la contaminación cruzada en los equipos que llegan al taller de mantenimiento

◆ Respuesta ante casos de emergencia

◆ Las capacitaciones deben ser periódicas y el personal debe estar motivado para realizar un trabajo seguro.

5.3 Mantenimiento preventivo

Un transformador es un dispositivo que ha sido diseñado para tener una vida útil entre 20 y 35 años y una vida mínima de 25 años a temperaturas de funcionamiento entre 65° y 95° trabajando a valores nominales, aunque la expectativa normal de vida pueda ser de 40 años o más (60 años con los mantenimientos adecuados) se ve reducida por causa de las frecuentes sobrecargas a la que es sometido.

Es el fabricante quien especifica las condiciones de operación que permitirán tener una vida promedio y un funcionamiento confiable y será el mantenimiento preventivo la mejor práctica para lograr que el equipo funcione y tenga una larga vida útil con buen rendimiento.

Los transformadores son los elementos más costosos de un sistema eléctrico de potencia, por lo tanto, requieren de un especial cuidado y monitoreo de su aislamiento para evitar posibles fallas en los equipos y en las redes en las cuales están conectados. La presencia de puntos calientes, degradación del papel y la formación de lodo son las principales causas del deterioro del aislamiento de los transformadores de potencia y esto constituye el parámetro fundamental del cual depende la vida útil de un transformador.

La inmersión del núcleo y bobina de montaje del transformador en un líquido proporciona un enfriamiento efectivo, el cual no debe ser un buen refrigerante, sino un buen aislante eléctrico (dieléctrico), tales como el aceite mineral o los PCB (que se usaron durante más de 50 años entre los años 30's y 80's del siglo pasado por las ventajas industriales que este producto ofrecía).

En este sentido, conociendo las desventajas de los PCB por sus características de contaminante orgánico persistente que han hecho que muchos países lo prohíban, la preocupación podría centrarse en identificar sólo los transformadores con PCB que fueron fabricados y utilizados en casi todo el mundo años atrás, y que por su vida útil podrían estar todavía en servicio; esto no es posible porque, no obstante en muchos de los equipos se colocaba información sobre el tipo de dieléctrico que tenían, en otros no lo hicieron; y más aún, cuando a la fecha, los inventarios de PCB siguen dando información de equipos fabricados de este siglo que contienen PCB.

Por lo general, antes del mantenimiento no se sabe con certeza si existe o no la presencia de PCB en los equipos, salvo que ya estén etiquetados; por lo que la primera buena práctica ambiental constituye la toma de muestra y la determinación, sea con métodos cuantitativos (análisis cromatográfico) o cualitativos (colorimétricos o potenciométricos) de la presencia de PCB en los equipos, de tal manera que, se envíe hacia el área especializada para mantenimiento de equipos con PCB y, hacia otra área de mantenimiento separada, los equipos que no tienen PCB, a fin de no tener problemas de contaminación cruzada.

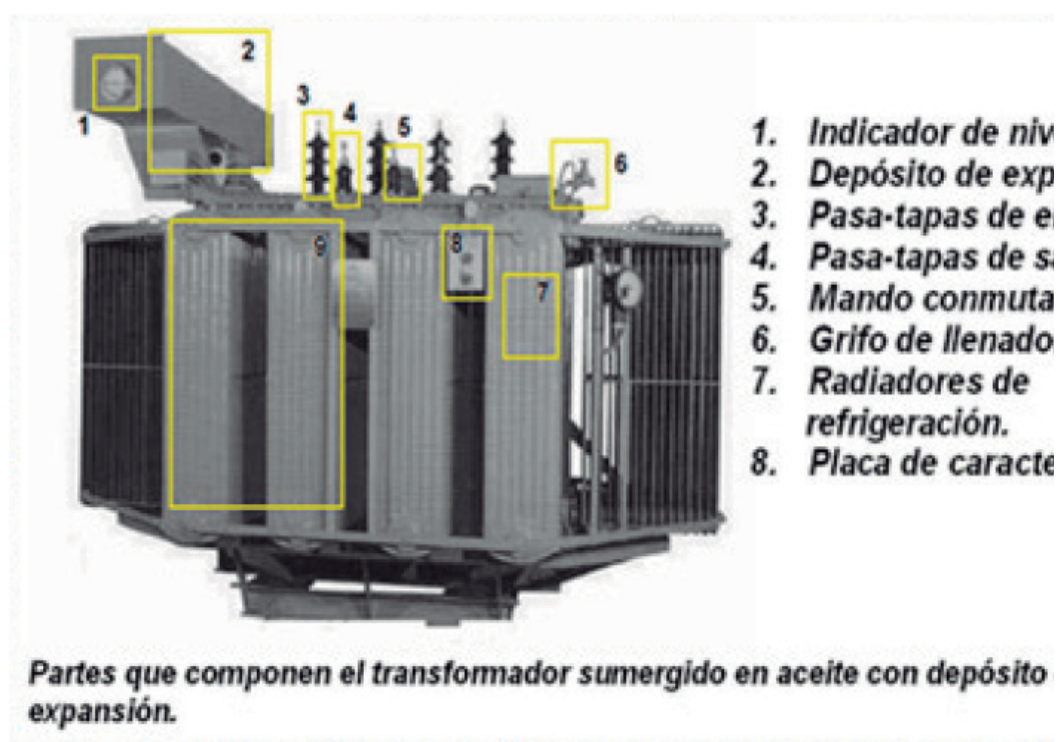
5.3.1 Operación y mantenimiento de transformadores

El transformador requiere menos cuidado en comparación con otros equipos eléctricos. El grado de mantenimiento y la inspección necesaria para su funcionamiento depende de su capacidad, de la importancia dentro del sistema eléctrico, del lugar de instalación dentro del sistema, de las condiciones climáticas y de las condiciones generales de funcionamiento.

Principales partes del transformador ¹

Asimismo, es muy importante el programa de mantenimiento preventivo, cuyas actividades en equipos con PCB serán clave para prevenir la liberación de los PCB al ambiente.

Figura 3: Principales partes del transformador



¹ <http://www.sectorelectricidad.com/11724/partes-de-un-transformador-de-potencia/>

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

1. Indicador del nivel de aceite: permite observar desde el exterior el nivel de aceite del transformador.
2. Depósito de expansión: sirve de cámara de expansión del aceite, ante las variaciones de volumen que sufre ésta debido a la temperatura.
3. Pasa-tapas de entrada o bujes: conectan el bobinado primario del transformador con la red eléctrica de entrada a la estación o subestación transformadora.
4. Pasa-tapas de salida o bujes: conectan el bobinado secundario del transformador con la red eléctrica de salida a la estación o subestación transformadora.
5. Regulador de tensión (mando conmutador): permite adaptar la tensión del transformador a las necesidades del consumo. Esta acción sólo es posible si el bobinado secundario está preparado para ello.
6. Grifo de llenado: permite introducir líquido refrigerante en la cuba del transformador.
7. Radiadores de refrigeración: su misión es disipar el calor que se pueda producir en las carcasas del transformador y evitar así que el aceite se caliente en exceso.
8. Placa de características: en ella se recogen las características más importantes del transformador, para que se pueda disponer de ellas en caso de que fuera necesaria conocerlas.
9. Cuba: es un depósito que contiene el líquido refrigerante (aceite) y en el cual se sumergen los bobinados y el núcleo metálico del transformador.
10. Desecador: su misión es secar el aire que entra en el transformador como consecuencia de la disminución del nivel de aceite.
11. Relé Bucholz: este relé de protección reacciona cuando ocurre una anomalía interna en el transformador, mandándole una señal de apertura a los dispositivos de protección.
12. Termostato: mide la temperatura interna del transformador y emite alarmas en caso de que esta no sea la normal.

5.3.2 Mantenimiento e inspección de sistema de barra

Cuando se trabaja con sistemas de barras, líneas, terminal, etc., el trabajo solo puede comenzar después de confirmar que estas partes no reciben energía, comprobando que los interruptores estén en la posición abierta, algo que se puede verificar con un detector para circuitos. La omisión de estas revisiones, pensar erróneamente que los circuitos no tienen voltaje puede causar accidentes graves.

5.3.3 Mantenimiento e inspección de sistema de barra

Mientras los equipos con PCB todavía están en uso y en espera de reemplazo, se deben tomar todas las medidas para evitar que los PCB afecten al personal y se libere en el medio ambiente.

El propietario de estos equipos es responsable de garantizar que se cumplan con todas las regulaciones y se realicen actividades de mantenimiento preventivo para asegurar el buen funcionamiento de estos equipos.

El mantenimiento y la inspección son trabajos peligrosos; por tanto, se debe desarrollar un programa detallado, poniendo especial atención en la seguridad de los trabajadores y del equipo.

Se debe llevar el registro de las lecturas de los medidores instalados, ya que, si las lecturas son muy diferentes de las obtenidas en condiciones normales, es necesario realizar una revisión cuidadosa del equipo.

Se debe prestar mucha atención a cualquier signo anormal como ruido, cambio de color u olores.

VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS	ACCIONES A REALIZAR
Temperatura de los transformadores	La duración de los materiales de aislamiento está directamente relacionada con la temperatura del transformador; por esto, es necesario prestarle atención especial al cambio de este parámetro. Si el equipo ha sido construido de acuerdo con normas ANSI, la temperatura máxima permitida para el aceite dieléctrico es de 90°C; además en el punto más caliente la temperatura máxima es de 110°C.
Inspección del volumen de aceite	El volumen del aceite debe verificarse desde el punto de vista del aislamiento y de la refrigeración. Si el nivel de aceite fluctúa notoriamente en relación con la temperatura, se debe determinar la causa para una reparación adecuada
Ruido	En algunos casos, se puede percibir un ruido anormal, los operadores están familiarizados con el ruido que produce el transformador durante su funcionamiento normal, esto puede ayudar a descubrir algunos defectos. Las siguientes son las posibles causas de ruido anormal: a) Resonancia de la caja y de los radiadores debido a cambios anormales en la frecuencia de la fuente de corriente, b) Defecto en el mecanismo de ajuste de los núcleos, c) Un defecto en la estructura central, (como aflojamiento del núcleo) es posible que los tornillos de ajuste de las abrazaderas se hayan aflojado, d) Aflojamiento de las placas de puesta a tierra, y e) Ruido anormal por descarga estática, debido a la falta de placas de conexión a tierra o una conexión a tierra deficiente. Estos ruidos se pueden detectar desde el exterior del tanque, aunque no sean muy fuertes.
Aflojamiento de las piezas de ajuste y las válvulas.	Cuando se encuentre que los terminales de conexión a tierra están flojos, desenergice el transformador y ajústelos de inmediato. Los tornillos de los cimientos que están sujetos a grandes cargas deben ajustarse con fuerza para evitar el desplazamiento del transformador. En algunos casos, las válvulas se aflojan debido a las vibraciones, se debe ajustar nuevamente.
Fugas de aceite	Las fugas de aceite pueden ser causadas por el deterioro de algunas juntas o están en la posición incorrecta; toma algún tiempo descubrirlos, verifique cuidadosamente las válvulas y las juntas. Si hay algún defecto que pueda causar una fuga, repórtelo al fabricante.

5.3.4 Periodicidad de las inspecciones

En la siguiente tabla se indica la periodicidad con la que un transformador debe ser inspeccionado.

Ítem	Piezas a inspeccionar	Periodicidad	Observaciones
1	Termómetro	1 vez al año	
2	Accesorio con contactos de alarma y / o apagado	1 vez al año	Verificar las condiciones de operación de los contactos y medir la resistencia del aislamiento del circuito
3	Ventiladores de refrigeración	1 vez al año	Si se encuentran anomalías
4	Conservador	1 vez cada 5 años	
5	Resistencia de aislamiento del	1 vez al año	Cuando se observa un cambio brusco después de años de uso o cuando se produce un cambio en comparación con los datos registrados en pruebas anteriores
6	Medición de Tangente Delta	1 vez en 3 años	Igual que ítem 5
7	Rigidez del aceite dieléctrico	1 vez al año	
8	Valor de acidez del aceite	1 vez al año	
9	Prueba del funcionamiento del aceite	Revisar si anomalía en las pruebas de los ítems 5 a 8	Tome dos litros de aceite y revíselos de acuerdo con ASTM D3487
10	Aceite de aislamiento filtrado	Revisar si anomalía en las pruebas de los ítems 5 a 8	
11	Componentes del interior	1 vez en 7 años	

5.3.5 Procedimientos de mantenimiento del aceite aislante

Para mantener el transformador en perfectas condiciones de funcionamiento se deberá dar el tratamiento adecuado cuando se noten algunos cambios en las condiciones de servicio observadas en las inspecciones de rutina.

También es necesario desenergizar el transformador regularmente y realizar una inspección meticulosa. Con esta rutina y con una inspección regular, se minimizará el grado de deterioro.

Dado que un transformador está hecho de muchas partes, como el aceite aislante, el equipo de enfriamiento, etc., se debe verificar permanentemente.

El aceite además de servir como medio aislante sirve para transferir el calor generado en los devanados y el núcleo hacia las paredes del tanque y los radiadores. Debido a esto, se requiere que tenga las siguientes características:

- ◆ Alta rigidez dieléctrica
- ◆ Baja viscosidad
- ◆ Alto grado de refinación y libre de materiales que puedan corroer las partes metálicas
- ◆ Libre de humedad y de contaminantes polares iónicos o coloidales
- ◆ Bajo punto de fluidez
- ◆ Bajo punto de inflamación

El aceite dieléctrico se deteriora gradualmente por el uso, las causas más comunes son la absorción de la humedad del aire y de partículas extrañas que entran en el aceite.

El aceite se oxida por el contacto con el aire y este proceso se acelera por el aumento de la temperatura interna del transformador y por el contacto con metales tales como el cobre y el hierro.

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

5.3.6 Mantenimiento e inspección de los bujes

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

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

Para realizar la evaluación de los resultados de estas mediciones se requiere tener valores históricos que permitan obtener las tendencias y variaciones periódicas, variaciones muy grandes requieren de un cuidado especial.

Por lo general se puede considerar que la resistencia de aislamiento superior a 1000 M Ω (mega ohmio) a temperaturas normales es buena condición, sin embargo, adicionalmente se debe considerar el valor de la tangente delta.

El calentamiento excesivo de los terminales en la mayoría de los casos se debe al aflojamiento. Si se observa esta condición, elimine el polvo o la suciedad de las partes del contacto y ajuste firmemente.

La limpieza de los bujes debe hacerse de acuerdo con lo mencionado. Si los daños (fisuras) son muy graves, debe reemplazarse por otros nuevos.

Revise las diversas piezas de los bujes para ver si hay fugas de aceite. Si el aceite se escapa a través de la junta, ajústelo o reemplácelo. Si hay bujes de tipo sumergido en aceite y la fuga de aceite es a través de otra parte del buje, infórmelo al fabricante.

Mantenga los bujes en posición vertical y en un lugar seco. Se recomienda mantenerlos en su embalaje original.



5.3.7 Mantenimiento e inspección del equipo de enfriamiento

El equipo de enfriamiento es la parte más importante en el funcionamiento diario de un transformador.

Es necesario un cuidado especial para su mantenimiento e inspección, ya que cualquier anomalía puede reducir la vida útil del transformador o causar defectos graves.

Se debe chequear si hay fugas de aceite de los extremos superiores del radiador y las partes soldadas del panel o de la tubería.

Si hay sedimentos acumulados en las obleas de los radiadores o en la tubería, el flujo de aceite se ve obstaculizado y la temperatura baja.

Por esta razón, se debe verificar manualmente si estas partes tienen la temperatura adecuada. Si los radiadores son desmontables, verifique que las válvulas estén abiertas correctamente.

5.3.8 Mantenimiento e inspección de los termómetros

Durante la operación del equipo es importante verificar la temperatura del transformador permanentemente, pues es un indicador de las condiciones del funcionamiento y de los accesorios internos; por lo tanto, los termómetros deben mantenerse en buen estado y su revisión es primordial para que indiquen correctamente la temperatura.

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

Se debe realizarse por lo menos, una inspección anual para verificar que no se haya producido corrosión en el interior, que no penetre agua, que la aguja se mueva libremente y que los contactos de alarma se encuentren en buenas condiciones de funcionamiento. El ingreso de humedad o agua se observa cuando el cristal está empañado, en este caso será necesario quitar la tapa del cristal y cambiar su empaque.

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

Es importante verificar la temperatura del transformador en servicio, ya que esto indica las condiciones de operación.

Las condiciones internas y la normalidad del interior, por lo tanto, los indicadores que miden la temperatura deben verificarse y mantenerse en buenas condiciones, de modo que indiquen correctamente la temperatura.

5.3.9 Mantenimiento e inspección del nivel de aceite

El medidor del nivel de aceite se ubica fuera del tanque lo que permite observar el volumen de aceite. Mantener un adecuado volumen de aceite tiene siempre una ventaja que favorece el aislamiento y de la refrigeración del equipo.

Una variación muy grande del nivel de aceite en relación a la temperatura debe preocupar al operador requiriendo una atención de servicio para evaluar las causas.

Existe también un indicador del nivel de aceite tipo reloj, el cual tiene un flotador en un extremo que soporta un brazo conectado al indicador y, en el otro extremo un magneto para hacer girar el rotor y para permitir el movimiento hacia arriba y hacia abajo del flotador.

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

Así la aguja señala el nivel del aceite.

5.3.10 Mantenimiento e inspección de los relés de protección

Relé de Buchholz

Este relé está hecho para proteger al transformador inmerso en aceite contra fallas internas. Está fijado al tubo de conexión entre el tanque del transformador y el conservador. El funcionamiento del relé se divide en una primera fase (por fallas leves) y una segunda fase (para fallas severas), la primera se usa para la alarma y la segunda para el disparo del relé.

Su estructura presenta dos flotadores, uno en la parte superior y otro en la parte inferior de una caja de acero (cámara de aceite) y están fijados de tal manera que cada flotador puede girar, siendo su centro de rotación el eje de soporte. Cada flotador tiene un interruptor de mercurio y los contactos se cierran cuando el flotador gira. Si los materiales estructurales orgánicos del transformador se queman o producen gas causado por un arco pequeño, éste se queda en la parte superior interna de la caja.

Cuando el volumen del gas sobrepasa el volumen fijo (aproximadamente 150 a 250 cc) el flotador de la primera fase baja y los contactos se cierran, haciendo funcionar el dispositivo de alarma.

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

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

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

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

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

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

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

Relé de protección del cambiador de tomas bajo carga

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

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

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

Se ha previsto una abertura para evitar la formación de agua condensada en la bornera. Igualmente, allí se encuentran situados dos botones pulsadores destinados, uno a controlar el buen funcionamiento del aparato y otro a su rearme. Los bornes de conexión están protegidos por una membrana de plástico transparente.

El órgano activo del relé comprende una palanca provista de un orificio y un imán permanente, el cual asegura el funcionamiento del contacto auxiliar y el mantenimiento de la palanca en posición REARME. No es posible obtener una posición intermedia.

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

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

- Anotar la hora y la fecha de la desconexión
- Anotar la posición de servicio del cambiador
- Bloquear el mando a motor desconectando el guardamotor de modo que se evite una maniobra del cambiador causada por un control remoto

- Controlar la estanqueidad de la tapa. Si hay una fuga de aceite cerrar inmediatamente la válvula del conservador de aceite
- Verificar si la palanca del relé de protección se encuentra en la posición DESCONEXION o en posición REARME. Si se encuentra en esta última es posible que se haya producido un desenganche defectuoso

Verificar en este caso el circuito de desenganche. De no ser posible despejarlo, habrá que sacar el cuerpo insertable del cambiador para control visual.

Si la palanca se encuentra en posición de DESCONEXION hay que, de todas formas, sacar el cuerpo extraíble del cambiador.

Volver a poner en servicio el cambiador sin haberlo revisado visualmente, podría conducir a daños muy graves en el transformador y en el cambiador.

Adicionalmente deben chequearse los siguientes puntos:

- ¿Cuál era la carga del transformador al momento del disparo?
- ¿Se ejecutó una maniobra del cambiador inmediatamente antes o durante el desenganche?
- ¿Funcionaron al momento del desenganche otros dispositivos de protección del transformador?
- ¿Se efectuaron conmutaciones en la red en el momento del desenganche?
- ¿Se registraron sobretensiones en el momento del desenganche?

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

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

5.3.11 Mantenimiento e inspección de válvulas de sobrepresión

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

La válvula hace contacto con la placa de expansión; el resorte de ajuste y los contactos del microinterruptor y está relacionada con el elevador y la aguja del interruptor.

Cuando hay un accidente, la presión interna aumenta y empuja la válvula hacia afuera, haciendo que la aguja del interruptor se mueva, y luego empuje y doble la placa de expansión.

Cuando la presión alcanza un cierto límite, la placa de expansión se rompe y la presión sale, cerrando los contactos del microinterruptor, que están en el elevador que se relaciona con la aguja del interruptor sonando la alarma. Se debe verificar que no haya fugas de aceite o que salga aire del dispositivo.

5.3.12 Mantenimiento e inspección de respiradores de sílica gel

Estos dispositivos están hechos para eliminar la humedad y pequeñas partículas (polvo) que ingresa al transformador con el flujo de aire resultante de la fluctuación de temperatura del aceite del transformador.

Está formado por un depósito con un agente deshidratante y aceite, así como de las partes metálicas para su fijación.

Debe verificarse que el empaque esté bien asegurado, de manera que no permita la entrada de aire al transformador por ningún sitio que no sea el orificio del respiradero.

Además, verifique que el nivel de aceite del depósito no esté por debajo del nivel preestablecido.

Si el agente deshidratante (sílica gel) se humedece con aceite, es porque hay demasiado aceite en el depósito, o porque se ha presentado alguna falla interna.

Generalmente la sílica gel está teñida de azul con cloruro de cobalto, cuando la absorción de humedad llega a un 30% o 40 %, el color cambia de azul a rosa; en tal caso se debe cambiar la sílica gel o secarla para volver a usarla.

Para regenerar la sílica gel se debe colocarla en una cubeta y agitarla mientras se calienta a una temperatura de 100 a 140 °C; el calentamiento debe continuar hasta que el color cambie de rosa a azul, también se puede extender la sílica gel mojada en un receptáculo

5.3.13 Mantenimiento e inspección de juntas, piezas de fijación y válvulas

Cuando utilice una junta, siga las instrucciones proporcionadas por el fabricante, pero en caso de que no se suministren, se pueden seguir las siguientes instrucciones para casos generales.

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

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

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

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

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

Por otro lado, las vibraciones del equipo pueden producir el aflojamiento de los terminales de tierra. En estos casos, será necesario ajustarlos con el transformador desenergizado.

De igual manera, los pernos de anclaje deben ser verificados y ajustados periódicamente para evitar el desplazamiento del transformador.

6

*BUENAS PRÁCTICAS PARA
EL ALMACENAMIENTO DE
ELEMENTOS CON PCB*

*(equipos, aceites y materiales
contaminados con pcb)*

◆ Al final de la vida útil de un equipo con PCB se debe optar por su disposición final, previamente se deberá almacenar el equipo, el cilindro conteniendo aceite con PCB u otro tipo de material o residuo contaminado con PCB.

◆ El período de almacenamiento debe ser el más breve que sea posible para reducir el riesgo de contaminación por fugas, salpicaduras o cualquier otro incidente que se puede producir.

◆ Por ello, por lo general se establecen condiciones para un almacenamiento temporal, con las medidas seguridad que eviten cualquier exposición ocupacional y la contaminación del ambiente. Mayores medidas de seguridad se deberán tener en cuenta si se trata de implementar una infraestructura para el almacenamiento a largo plazo.

◆ Se tienen también dos tipos de almacenamiento, el interno y el externo. El primero se trata cuando la infraestructura se ubica dentro de las instalaciones del poseedor de PCB y por lo general son almacenes temporales, en tanto que el almacenamiento externo se realiza en instalaciones de empresas que brindan servicio de almacenamiento de materiales y residuos peligrosos, por tanto, son almacenes de largo plazo.

6.1 Consideraciones Técnicas de las Instalaciones para el almacenamiento

Las áreas destinadas para el almacenamiento de equipos y residuos con PCB, sea que se encuentren dentro de una instalación o fuera de ella brindando un servicio exclusivo, deben tener en cuenta las siguientes consideraciones técnicas:

Ubicación

1. El terreno donde se ubique el almacén debe ser compatible con ordenamiento territorial del municipio.

2. Contar con la licencia ambiental correspondiente.

3. El terreno no deberá estar próximo a lugares especialmente vulnerables, como hospitales u otras instituciones de salud pública, escuelas, viviendas, instalaciones de elaboración de alimentos, instalaciones de elaboración o almacenamiento de forrajes.

4. Deberá estar ubicado sobre un área firme, no en terrenos inundables.

5. Estar por lo menos a 150 m de puntos sensibles como cuerpos de agua, zonas agrícolas o instalaciones situadas cerca o en el interior de sitios ambientalmente vulnerables.
6. Tener fácil acceso para el transporte y atención ante situaciones de emergencia.
7. Tener disponibilidad de los servicios públicos (electricidad, agua, alcantarillado, telefonía, etc.).

Infraestructura

1. Los locales, las áreas o los edificios de almacenamiento deberán ser diseñados por profesionales con experiencia en materia de diseño estructural, manejo de residuos y salud y seguridad ocupacionales o pueden adquirirse prefabricados de proveedores de prestigio, conforme a lo aprobado por las autoridades, según proceda.
2. Se deben tener en cuenta criterios para la separación efectiva de áreas, o de aislamiento de las mismas, cuando el almacenamiento se realice en una instalación en la cual se almacenen diversos tipos de elementos, sustancias o residuos. No obstante, el área destinada para los equipos o residuos con PCB debe ser exclusiva y aislada de las demás.
3. Si el área de almacenamiento cuenta con zonas para labores de oficina, éstas deberán ubicarse alejadas del área de almacenamiento de los elementos con PCB y contar con espacios adecuados para el tránsito seguro del personal.



Paredes

1. La construcción debe ser realizada con materiales no combustibles, estructura de concreto armado y ser sismo-resistente.
2. El local deberá ser de preferencia de una sola planta, apto para estiba a un solo nivel.
3. La altura de las paredes será tal que impedirá la incidencia del sol y/ o la proyección de agua de lluvia sobre los residuos.
4. Las paredes cortafuego deben ser construidas con material sólido y elevarse 50 cm por encima del techo más alto o contar con otro mecanismo para impedir la propagación del fuego.

Puertas

1. Las puertas deberán permitir las operaciones de almacenamiento seguro, contar con cerraduras u otros mecanismos similares y, facilitar la atención de emergencias y el confinamiento del fuego en caso de incendio.
2. Deben abrirse hacia afuera, el ancho mínimo para cualquier puerta es de 80 cm.
3. Se deberá contar con, por lo menos dos accesos, uno a cada extremo del almacén, para facilitar la entrada y salida en caso de emergencias.

Pisos

1. Deben ser de material impermeable (cemento recubierto de resina epóxica, puede también utilizarse geomembranas), muy resistente a la carga y con pendiente a fin de facilitar la remoción del derrame.
2. Contar con sistemas de drenaje exclusivo para coleccionar los líquidos contaminados con PCB y tratamiento de lixiviados.
3. Se debe asegurar el taponamiento de todos los drenajes del piso si es que no se derivan a un tratamiento de los líquidos recolectados o lixiviados, evitando así la contaminación del suelo y subsuelo u otros ecosistemas.

4. Los pasillos o áreas de tránsito deben ser lo suficientemente amplios para facilitar el movimiento y manejo seguro de los elementos con PCB, así como para permitir el desplazamiento del personal de seguridad o de emergencia

Techos

1. El almacén debe tener techo y en el caso de zonas lluviosas también contar con un sistema recolector de agua de lluvia, evitando que ingrese agua al almacén.

2. Los materiales para los techos y sus vigas no deben ser combustibles, pero se debe procurar que sus cubiertas se desintegren.

3. Para prevenir que dentro del almacén se alcance temperaturas altas (presión de vapor del PCB), el techo debe ser refractivo.

Ventilación

1. Asegurar una buena ventilación, que no permita la concentración de gases o vapores derivados del líquido con PCB. Cuando no sea suficiente una ventilación natural se deberá aplicar una ventilación mecánica mediante un diseño de ingeniería que asegure una ventilación eficiente sin poner en riesgo la salud de los que pueden verse expuestos.

2. La ventilación de este lugar no debe llegar a otros ambientes donde trabaje el personal.



3. En los casos donde la ventilación natural no sea factible, se deberán implementar mecanismos de ventilación forzada, distribuyéndose ductos de ventilación tanto en la parte superior (techo y paredes), como inferior (paredes) a fin de garantizar que el flujo de aire se distribuya en todo el recinto (ver Figura 12: Características de un almacén permanente).

4. Se debe tener mucho cuidado con el diseño de los sistemas de ventilación forzada, a fin de evitar cortocircuitos de aire y remolinos que disminuyan la eficiencia en la ventilación o generen zonas de estancamiento de aire.

Contención

1. Contar con un sistema de contención con una capacidad de almacenamiento de líquidos con PCB equivalente al 125% del volumen total de líquidos con PCB almacenados (contenidos en los equipos y materiales situados en esta instalación). Este sistema de contención deberá garantizar su impermeabilidad, y su diseño debe facilitar la captación del líquido con PCB para una remoción bajo un procedimiento de trabajo seguro.

2. En caso de almacenes temporales, la contención se puede realizar utilizando bandejas de acero o contenedores.

3. Contar con una bomba de uso exclusivo, cuando por una situación de emergencia requiera transvasarse el líquido PCB.

4. En el diseño se debe considerar rampas para las zonas de las puertas de modo que la rampa actúe como dique o borde de contención, pero que a la vez facilite el tránsito peatonal, traslado de elementos con PCB y vehículos.



Seguridad

1. Los lugares de almacenamiento ubicados en el interior de edificaciones deberán estar equipados con sistemas de extinción de incendios (preferentemente que no utilicen agua). Si la sustancia ignífuga utilizada es agua, el pavimento del local de almacenamiento deberá tener un borde de contención y el sistema de drenaje del pavimento no desemborcará en el alcantarillado general, en las alcantarillas de aguas pluviales ni directamente en las aguas superficiales; sino deberá tener su propio sistema colector, como un sumidero.
2. Contar con detectores de gases o vapores peligrosos con alarma audible.
3. Disponer de equipos y materiales para enfrentar alguna emergencia e indumentaria de protección para el personal de acuerdo a un Plan de Contingencias establecido.
4. Los extintores de fuego (polvo) y absorbentes (por ejemplo, aserrín) deben estar disponibles y al alcance.
5. Debe tener un adecuado y seguro cerco perimétrico temporal, además de señales de advertencia visibles y comprensibles sobre la presencia de PCB.
6. Todas las instalaciones eléctricas deben estar instaladas, al menos a 1,2 m por encima del nivel del suelo para asegurarse de cierta protección contra los riesgos de explosión.
7. Las instalaciones auxiliares tales como cambio de vestuario, instalaciones sanitarias, armarios para guardar los elementos de protección personal, deben hallarse fuera del área de almacenamiento.
8. El almacén debe estar cerrado con un candado de seguridad y los números de teléfono para llamadas de emergencia deben estar disponibles fuera del área de almacenamiento.
9. Se debe contar con duchas de emergencias y con lava ojos en zonas cercanas a las de almacenamiento de PCB.



6.2 Almacenamiento a largo plazo o permanente

1. Además de los requisitos generales ya señalados anteriormente, los locales de almacenamiento permanente deberán ubicarse y mantenerse en condiciones que reduzcan al mínimo la volatilización, lo que incluye temperaturas frescas, techos y cerramientos laterales, ubicación a la sombra, etc. Cuando sea posible, en especial en los climas cálidos, los locales de almacenamiento deberán mantenerse bajo presión negativa y la salida de los gases de escape deberá producirse a través de filtros de carbono, teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

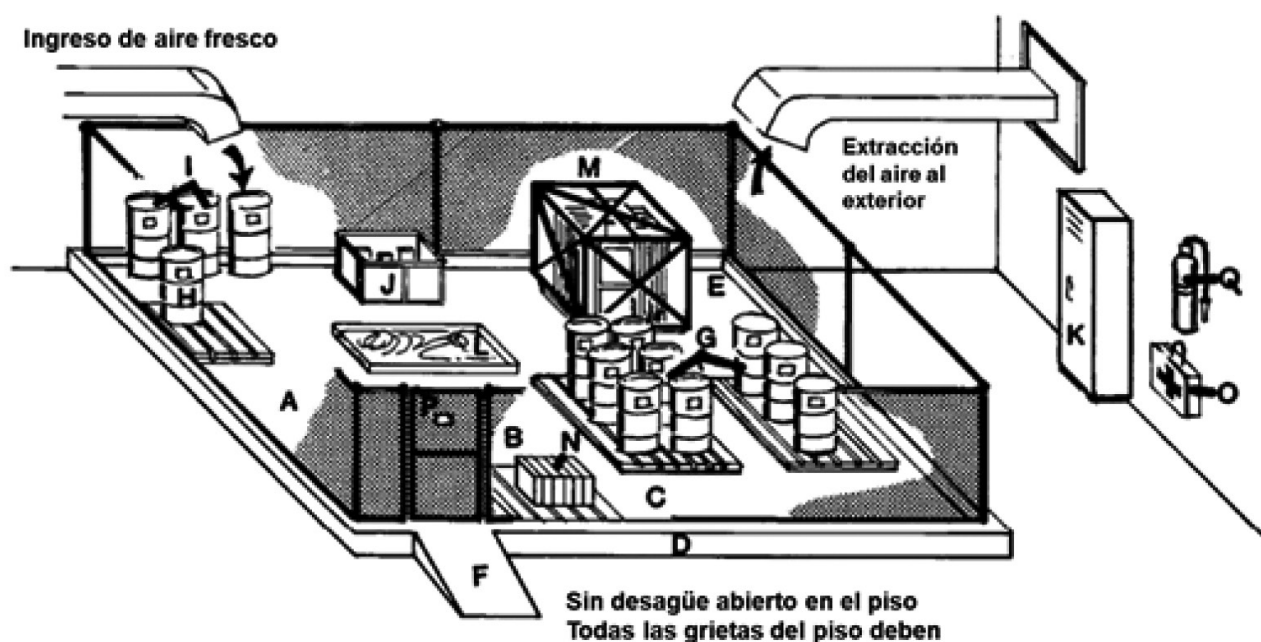
A. La conveniencia de ventilar un lugar de almacenamiento mediante el filtrado de los gases de escape con carbono cuando la exposición a los vapores de las personas que trabajan en dicho lugar y los que viven y trabajan en sus proximidades constituye una preocupación;

B. La conveniencia de sellar y ventilar un lugar de almacenamiento de manera que solamente se liberen al aire exterior gases de escape bien filtrados, cuando las preocupaciones ambientales sean primordiales;

2. Dependiendo del clima de la zona y cuando sea necesario se debe evaluar la necesidad de instalar un pararrayos

En la siguiente figura se aprecian las características que debe cumplir un almacén permanente:

Figura 3: Características de un almacén permanente



- A:** Cerca de seguridad (alambrado metálico)
- B:** Puerta con candando
- C:** Piso de concreto (sin drenaje)
- D:** Banqueta de concreto alrededor del perímetro del área de almacenamiento; el interior de la banqueta debe pintarse con pintura epóxica.
- E:** Mezcla selladora (enlucido) en las esquinas de la banqueta para evitar filtraciones debajo de ésta.
- F:** Rampa de acceso sobre la banqueta de concreto
- G:** Cilindros de acero que contienen líquidos PCB, condensadores usados y materiales contaminados almacenados sobre plataformas (parihuelas) para fácil movilidad.
- H:** Cilindros de acero que contienen líquidos PCB que no se han usado, almacenados sobre plataformas (parihuelas).
- I:** Cilindros de acero de repuesto para materiales líquidos de PCB.
- J:** Materiales de limpieza sin contaminar almacenados en cajones debidamente etiquetados.
- K:** Armario para ropa que se usa cuando se trabaja con PCB.
- L:** Bombas y mangueras para usar con líquidos PCB puestos en una bandeja abierta para colectar escurrimientos.
- M:** Transformador usado en caja protectora.
- O:** Rótulo de PCB en la puerta.
- P:** Aviso con procedimientos para limpieza en emergencia.

6.3 Condiciones para el almacenamiento

1. Para todos los casos, sean líquidos, sólidos, equipos en desuso, residuos, se deberá contar, además de la contención primaria recomendada para cada caso, con contención secundaria a través de bandeja de derrame, doble tambor.



2. Los residuos líquidos deberán almacenarse en cubetas de contención o en un área a prueba de derrames y que tenga un borde de contención. La capacidad de contención deberá ser de al menos el 125% del volumen del desecho líquido, teniendo en cuenta el área ocupada por los productos almacenados en el área de contención.

Los cilindros NNUU certificados también son los adecuados para el almacenamiento de residuos líquidos con PCB.



3. Las sustancias sólidas contaminadas deberán almacenarse en contenedores sellados, como barriles o cubos, contenedores de acero para residuos (recipiente para residuos) o en envases o contenedores contruistos para dicho propósito. Los volúmenes grandes de material pueden almacenarse a granel en contenedores de transporte, edificaciones o cámaras destinados a esos fines, a condición de que cumplan los requisitos para el almacenamiento seguro;



4. Los equipos en el almacén deberán estar etiquetados en el almacén de tal forma que se sepa identificar claramente



5. Los equipos que contienen PCB (condensadores, balastos, etc.) deben colocarse en una bolsa de polietileno y luego debe introducirse en tambores aprobados para mercancías peligrosas (NNUU). Estos tambores son de acero sellables, de cabeza abierta, revestidos con epoxi y de calidad de exportación. Este contenedor debe mantenerse en buen estado (es decir, sin signos visibles de daños o corrosión).

Si alguno de estos materiales tiene fugas, el recipiente debe llenarse parcialmente con un material absorbente, como un absorbente comercial, arena para gatos o tierra de diatomeas. Los componentes con fugas envueltos en plástico se pueden colocar en el contenedor.

6. Deberá realizarse un inventario detallado de los residuos existentes en el lugar de almacenamiento; dicho inventario se mantendrá actualizado cada vez que se agreguen o eliminen residuos;

7. En el exterior del lugar de almacenamiento deberá haber rótulos que indiquen su condición de lugar de almacenamiento de residuos;

8. El lugar de almacenamiento deberá inspeccionarse de forma habitual a fin de detectar fugas de sustancias, degradación de los materiales de los contenedores, actos de vandalismo, alteraciones de la integridad de los sistemas de alarma de incendios y de los sistemas de extinción de incendios, así como del estado general del lugar de almacenamiento.

6.4 Buenas prácticas en las operaciones de almacenamiento de PCB

1. Se debe contar con procedimientos de trabajo seguro (PTS) e instrucciones técnico – operativas para cada una de las actividades asociadas al manejo seguro de los elementos con PCB.

2. El personal que trabaja en el almacén deberá haber sido capacitado y entrenado en el manejo de los elementos con PCB en las operaciones de almacenamiento y la respuesta inmediata ante incidentes que se presentes.

3. Se deberán establecer los mecanismos de supervisión y control correspondientes.

4. El personal deberá contar con medios de comunicación como teléfono, radio o celular para reportar cualquier incidente que ocurra en el área.

5. Se deberá tener en lugar visible los números de los bomberos y los servicios médicos de emergencia.

6. En el almacén deberá estar disponible la Hoja de Datos de Seguridad de PCB para adoptar las medidas inmediatas en caso de incidentes o accidentes.

7. El responsable del almacén deberá llevar un registro del ingreso y salida de los elementos con PCB, tomando registro de las condiciones en que llegan, su identificación, del lugar donde será ubicado, y de las condiciones en que se entrega o sale el elemento del almacén.

8. Se deberá contar con información documentada que permita minimizar los riesgos asociados y actuar de manera adecuada en caso de contingencias, esta información como mínimo deberá incluir:

- El volumen total máximo de almacenamiento
- Las áreas de almacenamiento donde se deben colocar los distintos tipos de elementos con PCB
- Cantidades almacenadas según tipo de elemento
- Plano de ubicación de los diversos elementos en el área de almacenamiento (en la tabla inferior se muestran algunos ejemplos de disposición de elementos con PCB en el almacén)

- Registro de los movimientos de los elementos con PCB de modo que se tenga la trazabilidad de los mismos
 - Registro de inspecciones periódicas que permitan la detección temprana de fugas o daños y establecer las reparaciones correspondientes, así como adoptar las medidas preventivas y correctivas para controlar o disminuir los riesgos para las personas y el medio ambiente, así como evitar la ocurrencia de incidentes o accidentes y reparar los daños ocasionados
 - Registro del ingreso de personas, con su identificación y fecha de ingreso
- 9.** En caso que se requiera realizar operaciones de trasvase de PCB, se deberá contar con equipos y herramientas (como bombas, mangueras, llaves, etc.) de uso exclusivo
- 10.** Los equipos con PCB deben estar siempre colocados en posición vertical. Nunca levante un equipo sosteniendo un aislador porque se puede romper fácilmente, son la parte más débil del equipo.
- 11.** En el área de almacenamiento no se debe realizar trabajos en caliente o contar con fuentes de calor o chispa que puedan provocar incendios
- 12.** No se debe fumar ni consumir alimentos o bebidas
- 13.** Para el transporte interno de los elementos con PCB se recomienda utilizar un montacargas (en lo posible, eléctrico), dado que el local es cerrado y se pueda evitar la contaminación con los gases de los motores de combustión. Si los equipos son muy grandes, es probable que se requiera el apoyo de grúas, debiéndose tener el espacio suficiente para realizar las maniobras necesarias.
- 14.** Implementar las señales de seguridad en todas las áreas de almacenamiento, desde el ingreso (que debe restringir el acceso a personas autorizadas haciendo uso de sus equipos de protección personal) en las vías de circulación de montacargas, rutas de evacuación, ubicación de los equipos contra incendios, de los materiales para los primeros auxilios.

Algunos ejemplos de disposición de elementos con PCB en el almacén:

ÁREA DE ALMACENAMIENTO	ELEMENTOS CON PCB
Equipos en desuso	Capacitores con PCB en desuso, transformadores con PCB en desuso y otros equipos con PCB en desuso.
PCB y líquidos contaminados con PCB	PCB drenados de equipos (ej. Transformadores), PCB colectados en las bandejas y de los sumideros (provenientes de fugas, derrames), Solventes, aceite mineral u otros fluidos dieléctricos contaminados con PCB en una concentración superior a 50 ppm
Material contaminado	Tierra, grava, material absorbente, plástico, madera, etc. contaminados con PCB (por ejemplo, por derrames), Ropa usada por los trabajadores que limpiaron el derrame de PB o durante el mantenimiento del equipo de PCB, Bombas, mangueras, etc. utilizadas para transferir PCB, Palas, embudos y otras herramientas utilizadas en la limpieza de derrames de PCB

7

REFERENCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

1. ABB. User's Manual. Operation and Maintenance for Power Transformers. 1ZCL00002EG-EN-rev.1. 2007
2. Cecil K. Drinker and others, "The Problem of Possible Systemic Effects From Certain Chlorinated Hydrocarbons," THE JOURNAL OF INDUSTRIAL HYGIENE AND TOXICOLOGY Vol. 19 (September, 1937)
3. CBRAS/GEF/PNUMA "Mejores Prácticas para el Manejo de PCB en el Sector Minero Sudamericano". Herramienta para la toma de decisiones. Gestión de PCB en la Industria Minera.
4. Department of Environment and Science. Queensland Government. Guideline Identifying and managing equipment containing polychlorinated biphenyls (PCBs). 2019
5. Desarrollo de la Capacidad Nacional para la Gestión y Eliminación Ambientalmente Adecuada de PCB en Colombia. MINAMBIENTE.GEF.PNUD. Manual para la Gestión Integral de Bifenilos Policlorados – PCB. No. Manejo ambientalmente racional de equipos y desechos contaminados con PCB. 2015
6. Electro Sur Este S.A.A. Reglamento Interno de Seguridad y Salud en el Trabajo. Cusco, Perú. 2019
7. Ellen k: Silbergeld. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Capítulo de Toxicología. OIT 1998
8. Environment Canada. Handbook on PCB in Electrical Equipment. 1988
9. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Alteradores Endocrinos: exposición laboral. Norma Técnica de Prevención NTP 758. 2007
10. Iván Rondón, Víctor Calanche, Francisco Rojas. Metodología para estimar la vida útil del autotransformador at-4, 700 MVA de la subestación Guayana B debido a sobrecargas. UCT vol.17 no.67 Puerto Ordaz jun. 2013
11. Ministerio del Ambiente-Perú. Procedimiento de manejo de PCB durante el mantenimiento de equipos. 2016
12. Ministerio del Ambiente, República del Ecuador. PNUD. Guía técnica para la gestión ambientalmente racional de PCB. 2015
13. PNUMA. Convenio de Basilea. Directrices técnicas generales sobre el manejo ambientalmente racional de los desechos consistentes en contaminantes orgánicos persistentes, que los contengan o estén contaminados con ellos. 2015
14. Proyecto AdA-Integración. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala. Guía Técnica de El manejo de equipos eléctricos con Bifenilos Policlorados (PCB). 2015
15. Proyecto CBRAS/GEF/PNUMA "Mejores Prácticas para el Manejo de PCB en el Sector Minero Sudamericano". Guía para la elaboración de un Plan de Gestión para las actividades asociadas a los PCB en el sector minero". 2012
16. Proyecto "Manejo y disposición ambientalmente racional de Bifenilos Policlorados" ONUDI/ GEF/DIGESA, Perú - Guía para el manejo ambientalmente racional de existencias y residuos de Bifenilos Policlorados (PCB)". 2017
17. Proyecto "Manejo Integral de PCB en Costa Rica". MINAE, PNUD-GEF. 2014-2018. Manual para la Gestión Integral de Bifenilos Policlorados. 2015
18. Proyecto "Manejo y Disposición Ambiental de Equipos Contaminados con Bifenilos Policlorados PCB y Desechos del Plaguicida DDT y Creación de Capacidad Técnica en Guatemala". ONUDI/Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Guía para la gestión integral de PCB. Tomo 7: Operación y mantenimiento de PCB. 2018
19. Secretaría del Ambiente de la República del Paraguay, ONU Medio Ambiente, GEF. Plan Nacional de Aplicación del Convenio de Estocolmo. 2017
20. UNEP- PEN. Maintenance, Handling, Transport and Interim Storage of Liquids Containing PCB and Equipment Contaminated with PCB. 2016
21. Y. Nakanishi. Clinical features and treatments of Yusho. Yusho Book.



GOBIERNO DEL
PARAGUAY

MADES



fondo
para el medio
ambiente mundial
INVERTIMOS EN NUESTRO PLANETA



Fortalecimiento de la Gestión
Ambientalmente Racional y Eliminación
Final de los PCB en Paraguay