



PERÚ

Ministerio  
de Energía y Minas

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

Diciembre 2020



## Contenido

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>4</b>
1.1	OBJETIVO	6
1.1.1	<i>Objetivo General</i>	6
1.1.2	<i>Objetivos Específicos</i>	6
1.2	ALCANCE	6
1.3	MARCO REGULATORIO	7
1.4	DEFINICIONES	11
1.5	MANEJO AMBIENTALMENTE ADECUADO DE PCB	13
<b>2</b>	<b>METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL INVENTARIO DE PCB</b>	<b>17</b>
2.1	BASE DE DATOS DE EXISTENCIAS Y RESIDUOS	17
2.1.1	<i>Registro de equipos</i>	17
2.1.2	<i>Registro de residuos con PCB</i>	25
2.2	EXTRACCIÓN DE MUESTRAS	30
2.2.1	<i>Aceite dieléctrico</i>	30
2.2.2	<i>Superficies no porosas</i>	33
2.3	MANEJO DE MUESTRAS Y CADENA DE CUSTODIA	35
2.3.1	<i>Cadena de Custodia para muestra de aceite dieléctrico</i>	35
2.3.2	<i>Codificación de muestras</i>	36
2.3.3	<i>Embalaje</i>	36
2.3.4	<i>Información adicional</i>	36
2.4	IDENTIFICACIÓN DE PCB	38
2.4.1	<i>Descarte de PCB</i>	38
2.4.2	<i>Análisis Cromatográfico</i>	39
2.5	ETIQUETADO DE EXISTENCIAS Y RESIDUOS	40
2.6	REPORTE DE RESULTADOS Y MANTENIMIENTO DEL INVENTARIO DE PCB (Reporte del Inventario)	41
<b>3</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>42</b>
3.1	Descarte de PCB mediante kit de lectura colorimétrica	42
3.1.1	<i>Descarte de PCB en aceite dieléctrico</i>	42
3.2	Método de descarte de PCB con determinación de concentración por lectura electroquímica	44
3.2.1	<i>Preparación de la muestra</i>	44
<b>4</b>	<b>Bibliografía</b>	<b>46</b>



## LISTA DE FIGURAS.

Figura N° 1: Concentración de PCB en aceite dieléctrico.....	14
Figura N° 2: Actividades del inventario y eliminación de PCB.....	16
Figura N° 3: Etiqueta del frasco para muestra de aceite.....	36
Figura N° 4: Frasco con etiqueta de muestra .....	36
Figura N° 5: Muestra de un formato de cadena de custodia (Digesa, 2019) .....	37
Figura N° 6: Etiqueta para existencias y residuos contaminados con 50 ppm de PCB ó más de 50 ppm de PCB.....	40
Figura N° 7: Primera etapa de análisis.....	44
Figura N° 8: Extracción de solución acuosa con iones de cloro para su medición electroquímica.....	45
Figura N° 9: Equipo electroquímico .....	45

## LISTA DE TABLAS.

Tabla N° 1: Estructura de la Base de Datos para registro de equipos en uso y desuso	18
Tabla N° 2: Estructura de la Base de Datos para registro de equipos dados de baja y/o desechados y otros residuos con PCB.....	25

## ACRÓNIMOS

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



## 1 INTRODUCCIÓN

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

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

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

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

Los PCB son sustancias químicas que fueron sintetizadas a fines del siglo 19 y se fabricaron con fines industriales, se utilizaron ampliamente entre 1930 y 1980. Uno de los mayores usos fue como fluido dieléctrico y no obstante que ya no hay fabricación, se pueden hallar aún en aplicaciones como equipos transformadores que lo contienen o han sido contaminados por contacto o mezcla con otros equipos contaminados. Su eliminación también es definitiva ya que no se regenera, salvo que vuelva a tener contacto con elementos contaminados, es por ello que el país debe tomar medidas viables y aplicar tecnologías probadas para acabar con esta sustancia tóxica de manera más efectiva.

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

Siendo el primer paso para la eliminación de PCB, la elaboración del inventario de existencias y residuos contaminados con PCB. La presente guía alcanza métodos y procedimientos que vienen siendo utilizados en el país y en América Latina de manera que cumplan con los requisitos de efectividad técnica y económica deseable para fines de un inventario.



En este punto es pertinente señalar que el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes -COP- señala en el inciso a) de la Parte II (Bifenilos Policlorados) del Anexo A (eliminación), que cada Parte<sup>1</sup> deberá:

*"a) Con respecto a la eliminación del uso de los bifenilos policlorados en equipos (por ejemplo, transformadores, condensadores u otros receptáculos que contengan existencias de líquidos residuales) a más tardar en 2025, con sujeción al examen que haga la Conferencia de las Partes, adoptar medidas de conformidad con las siguientes prioridades:*

- i) Realizar esfuerzos decididos por identificar, etiquetar y retirar de uso todo equipo que contenga más de un 10% de bifenilos policlorados y volúmenes superiores a 5 litros;*
- ii) Realizar esfuerzos decididos por identificar, etiquetar y retirar de uso todo equipo que contenga de más de un 0,05% de bifenilos policlorados y volúmenes superiores a los 5 litros;*
- iii) Esforzarse por identificar y retirar de uso todo equipo que contenga más de un 0,005% de bifenilos policlorados y volúmenes superiores a 0,05 litros";*

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

De otro lado, el artículo 85 del Reglamento para la Protección Ambiental de las Actividades Eléctricas (en adelante, RPAAE), aprobado por Decreto Supremo N° 014-2019-EM establece que el Titular que utilice o almacene equipos que contienen aceites dieléctricos con PCB o que estén contaminados con ellos, debe solicitar la evaluación de un Plan de Gestión Ambiental de Bifenilos Policlorados (PGAPCB) que contenga la identificación, inventario y cronograma de eliminación ambientalmente racional de los fluidos, residuos o instalaciones que contengan o estén contaminados con esta sustancia; asimismo, el Titular está obligado a realizar la disposición final o descontaminación de los fluidos, residuos, instalaciones o equipos que contengan o estén contaminados con PCB, de acuerdo al PGAPCB aprobado para tal fin y en cumplimiento del plazo establecido en el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes – COP.

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

- En caso de equipos nuevos: Certificado del proveedor amparado en informes de descarte (análisis colorimétrico) o análisis cromatográfico, de ser necesario.

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

- En caso de equipos en uso, desuso, dados de baja y/o desechados: Informe de resultados de descarte (análisis colorimétrico) y/o análisis cromatográfico, de ser necesario.
- En caso de los condensadores, la identificación será por la información de la placa, si en ésta se indica que tiene PCB, esta información se coloca en la base de datos en la columna observaciones

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

## 1.1 OBJETIVO

### 1.1.1 Objetivo General

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

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos de la presente guía son:

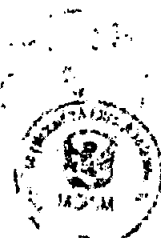
- Proponer una base de datos de existencias y residuos para la recopilación de información específica de las probables fuentes de PCB.
- Proponer una base de datos de los equipos libres de PCB que contengan o hayan contenido fluidos aislantes en estado líquido.
- Identificar los métodos disponibles para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

De esta manera será posible conocer con mayor precisión:

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

## 1.2 ALCANCE

La presente Guía se aplica a todas las actividades del subsector electricidad (generación, transmisión y distribución) que utilicen equipos y dispositivos en los cuales se podrían haber usado PCB en su funcionamiento, así como a los residuos con PCB que se generen durante la operación y mantenimiento de los equipos contaminado con PCB.



### 1.3 MARCO REGULATORIO

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

#### **Decreto Ley N° 25844, Ley de Concesiones Eléctricas**

Establece disposiciones referentes a las actividades relacionadas con la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica.

#### **Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, que aprueba la Política Nacional del Ambiente**

La Política Nacional del Ambiente se presenta a la ciudadanía en cumplimiento del mandato establecido en el artículo 67 de la Constitución Política del Perú y en concordancia con la legislación que norma las políticas públicas ambientales. Esta política es uno de los principales instrumentos de gestión para el logro del desarrollo sostenible en el país y ha sido elaborada tomando en cuenta la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, los Objetivos del Milenio formulados por la Organización de las Naciones Unidas y los demás tratados y declaraciones internacionales suscritos por el Estado Peruano en materia ambiental.

En tal sentido, en base al proceso de integración de los aspectos sociales, ambientales y económicos de las políticas públicas y la satisfacción de las necesidades de las actuales y futuras generaciones, la Política Nacional del Ambiente es un instrumento de cumplimiento obligatorio, que orienta las actividades públicas y privadas. Asimismo, esta política sirve de base para la formulación del Plan Nacional de Acción Ambiental, la Agenda Nacional de Acción Ambiental y otros instrumentos de gestión pública ambiental en el marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.



La Política Nacional del Ambiente considera los lineamientos de las políticas públicas establecidos por la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo y las disposiciones de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente. Define los objetivos prioritarios, lineamientos, contenidos principales y estándares nacionales de obligatorio cumplimiento. Conformar la política general de gobierno en materia ambiental, la cual enmarca las políticas sectoriales, regionales y locales.

La Política Nacional del Ambiente como herramienta del proceso estratégico de desarrollo del país, constituye la base para la conservación del ambiente, de modo tal que se propicie y asegure el uso sostenible, responsable, racional y ético de los recursos naturales y del medio que lo sustenta, para contribuir al desarrollo integral, social, económico y cultural del ser humano, en permanente armonía con su entorno.

#### **Ley N° 28611, Ley General del Ambiente**

Establece en el numeral 24.1 del artículo 24° que toda actividad humana que involucre el desarrollo de infraestructura y desarrollo económico, como construcciones, obras, servicios y otras actividades, así como las políticas, planes y programas públicos susceptibles de causar impactos ambientales de carácter significativo, está sujeta de acuerdo a la ley, al Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental – SEIA, el cual es administrado por la Autoridad Ambiental Nacional.



### **Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (Ley del SEIA)**

Es la herramienta legislativa que instituyó el Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA) a nivel nacional y multisectorial y que coordina la identificación, evaluación, prevención, mitigación, supervisión, control y corrección de los impactos negativos. A su vez, potencia los impactos positivos derivados de las actividades humanas que comprometan al ambiente. Esta norma también establece los procesos que permiten llevar a cabo de manera adecuada una evaluación ambiental, obtener la certificación ambiental y realizar el seguimiento de los compromisos ambientales que se establezcan en los Estudios Ambientales o Instrumentos de Gestión Ambiental Complementarios.

### **Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental**

Permite la aplicación de la Ley del SEIA detallando los deberes, derechos y responsabilidades de los actores en el proceso de evaluación ambiental y su control.

### **Decreto Supremo N° 014-2019-EM, Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas**

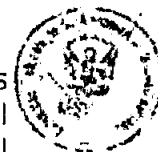
El Decreto Supremo N° 014-2019-EM que aprueba el Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas (en adelante, RPAAE) regula la gestión ambiental de las actividades de las empresas concesionarias y autorizadas para la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica en el país. El principal objetivo es prevenir, reducir o mitigar, recuperar o remediar y/o compensar los impactos ambientales negativos derivados de tales actividades.

El artículo 9 del RPAAE establece que el Plan de Gestión Ambiental de Bifenilos Policlorados (PGAPCB) es un Instrumento de Gestión Ambiental complementario, el cual debe ser elaborado por el Titular y presentado ante la Autoridad Ambiental Competente para su aprobación. Una vez aprobado dicho Instrumento de Gestión Ambiental complementario, este será de cumplimiento obligatorio por parte de su titular y fiscalizable por la Autoridad Ambiental en materia de Fiscalización.

En esa línea, los artículos 53, 54 y 55 del RPAAE, definen el Instrumento de Gestión Ambiental complementario, así como establecen el procedimiento de evaluación y aprobación del mismo.

En el artículo 84 se establecen las condiciones en las que debe realizarse el almacenamiento de materiales o sustancias peligrosas.

Del mismo modo, el artículo 85 establece la prohibición de importación, comercialización, distribución y uso de sustancias que contengan PCB en el ámbito de las actividades Eléctricas. Asimismo, establece que el Titular que utilice o almacene equipos que contienen aceites dieléctricos con PCB o que estén contaminados con ellos debe solicitar la evaluación de un PGAPCB que contenga la identificación, inventario y cronograma de eliminación ambientalmente racional de los fluidos, residuos o instalaciones que contengan o estén contaminados con dichas sustancias.



A su vez, señala que el Titular está obligado a realizar la disposición final o descontaminación de los fluidos, residuos, instalaciones o equipos que contengan o estén contaminados con PCB, de acuerdo al PGAPCB aprobado para tal fin y en cumplimiento del plazo establecido en el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes – COP.

### **Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos**

La Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos aprobada con Decreto Legislativo N° 1278, basada en principios de economía circular, valorización de los residuos, responsabilidad extendida del generador, de responsabilidad compartida y de protección del ambiente y la salud; establece las obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, con la finalidad de propender hacia la maximización constante de la eficiencia en el uso de los materiales y asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos económica, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a las obligaciones, principios y lineamientos de este Decreto Legislativo. Asimismo, busca la prevención o minimización de la generación de residuos sólidos en origen, frente a cualquier otra alternativa. En segundo lugar, respecto de los residuos generados, se prefiere la recuperación y la valorización material y energética de los residuos, entre las cuales se cuenta la reutilización, reciclaje, compostaje, coprocesamiento, entre otras alternativas siempre que se garantice la protección de la salud y del medio ambiente. Asimismo, establece, además, disposiciones para asegurar una gestión adecuada de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos en forma sanitaria y ambiental.

### **Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM, Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos**

El Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, aprobado por Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM, regula y establece las responsabilidades y alcances para el almacenamiento de los residuos sólidos, los tipos y características de almacenamiento y los plazos para el almacenamiento de residuos sólidos peligrosos.

El artículo 55 del citado reglamento señala que los residuos peligrosos no podrán permanecer almacenados en instalaciones del generador de residuos sólidos no municipales por más de doce (12) meses, con excepción de aquellos regulados por normas especiales o aquellos que cuenten con plazos distintos establecidos en los Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA). Al respecto, a los residuos contaminados con PCB les aplica la excepción.

Del mismo modo, la norma establece las medidas para la importación, tránsito y exportación de residuos sólidos. Haciendo un análisis acorde con el tema del presente documento, a los residuos contaminados con PCB les aplica la excepción en el marco del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes - COP y del Artículo 85° del RPAAE.



### **Decreto Supremo N° 009-2019-MINAM, Régimen Especial de Gestión y Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos**

El Decreto Supremo N° 009-2019-MINAM que aprueba el Régimen Especial de Gestión y Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, establece un régimen especial para la gestión y manejo de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) como residuos de bienes priorizados, mediante la determinación de un conjunto de obligaciones y responsabilidades de los actores involucrados en las diferentes etapas de gestión y manejo, el cual comprende actividades destinadas a la segregación, almacenamiento, recolección, transporte, valorización y disposición final de los RAEE, teniendo en cuenta condiciones para la protección del ambiente y la salud humana.

### **Ley N° 28256, Ley que regula el Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos**

La Ley N° 28256, Ley para el Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos, contiene disposiciones específicas para el transporte de materiales y residuos peligrosos como es el caso de los materiales y residuos que son, contienen o están contaminados con PCB.

### **Decreto Supremo N° 021-2008-MTC, Reglamento Nacional de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos**

El Decreto Supremo N° 021-2008-MTC que aprueba el Reglamento Nacional de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, establece obligaciones complementarias y especiales con sujeción a los principios de prevención y protección de las personas, el ambiente y la propiedad para las actividades de transporte de materiales y residuos peligrosos. Asimismo, incluye procesos y operaciones del transporte terrestre de los mismos.

### **Ley 29783 de Seguridad y Salud en el Trabajo**

La Ley 29783 de Seguridad y Salud en el Trabajo tiene objetivo el promover una cultura de prevención de riesgos laborales en el país. Se basa en los principios de prevención, responsabilidad, cooperación, información y capacitación, gestión integral (todo empleador promueve e integra la gestión de la seguridad y salud en el trabajo a la gestión general de la empresa), atención integral de la salud, consulta y participación, primacía de la realidad y protección.

### **Decreto Supremo N° 005-2012-TR, Reglamento de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo**

Este reglamento tiene como objeto promover una cultura de prevención de riesgos laborales en el país, sobre la base de la observancia del deber de prevención de los empleadores, el rol de fiscalización y control del Estado y la participación de los trabajadores y sus organizaciones sindicales. Establece entre otras obligaciones que los empleadores que tienen implementados sistemas integrados de gestión o que cuentan con certificaciones internacionales en seguridad y salud en el trabajo deben verificar que éstas cumplan con lo mínimo señalado en la ley. Dispone que el empleador debe implementar el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo.



## Decreto Supremo N° 067-2005-RE, ratificación del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes -COP

Mediante Decreto Supremo N° 067-2005-RE se ratificó el Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP), estableciendo en su artículo 3 que los países deben adoptar medidas para reducir o eliminar las liberaciones derivadas de la producción y utilización intencionales; y en el artículo 6, las medidas para reducir o eliminar las liberaciones derivadas de existencias y desechos de PCB y otros COP. Asimismo, el artículo 7 señala la obligación de elaborar el Plan de Implementación del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (en el caso de Perú, se elaboró el contenido del Plan de Acción de Bifenilos Policlorados con metas específicas para la elaboración de inventarios de PCB y eliminación de residuos con PCB).

## Resolución Legislativa N° 26234 aprobación del Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación

Mediante Resolución Legislativa N° 26234 se aprueba el Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Residuos Peligrosos y su eliminación (como sucede en el caso de los PCB). Bajo este marco, la autoridad ha establecido los procedimientos administrativos para la exportación de PCB con fines netamente de eliminación.

### 1.4 DEFINICIONES

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

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

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

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

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

**Descarte de PCB.** Procedimiento de identificación de cloro como indicador de posible presencia de PCB en existencias o residuos. Puede realizarse por métodos



colorimétricos o por medición electroquímica en líquidos, suelos y superficies no porosas.

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

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

**Eliminación ambientalmente racional.** Conjunto de operaciones, procesos o técnicas que pueden o no conducir a la recuperación de recursos, reciclado, regeneración, reutilización directa u otros usos de las existencias o residuos que sean, contengan o estén contaminadas con PCB, para incrementar sus posibilidades de aprovechamiento y/o valorización y reducir los riesgos para la salud humana y el ambiente.

**Equipos en condición de residuo:** Son aquellos equipos que han sido dados de baja, no pueden volver a ser utilizados para el fin con el que fueron fabricados, debido a que sus características técnicas no lo permiten o que se ha tomado la decisión de descartarlos.

**Equipos en mantenimiento:** Son aquellos equipos que se encuentran en el taller de mantenimiento, sea por mantenimiento preventivo (programado) o correctivo; a fin de estar en condiciones operativas.

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

**Equipos en reserva:** Son los equipos que en la actualidad no están conectados a ninguna red eléctrica, pero que están en condiciones operativas y pueden entrar en funcionamiento en cualquier momento.

**Existencias.** Equipos, componentes o infraestructuras utilizados directa o indirectamente en una actividad antrópica pasibles de ser, contener o estar contaminados con bifenilos policlorados (PCB), entre los cuales se encuentran los transformadores de tensión y condensadores con refrigeración de aceite dieléctrico.

**Existencias o residuos libres de PCB.** Aquellos que no presentan PCB o su concentración es menor a 2 ppm o 0,4  $\mu\text{g}/100\text{ cm}^2$ , según sean líquidos o superficies no porosas.

**Existencias o residuos con presencia permitida de PCB.** Aquellos que contienen PCB en una concentración mayor o igual a 2 ppm o mayor o igual a 0,4  $\mu\text{g}/100\text{ cm}^2$  y menor a 50 ppm o menor a 10  $\mu\text{g}/100\text{ cm}^2$ , según sean líquidos o superficies no porosas.

**Existencias o residuos contaminados con PCB por encima de la concentración permitida.** Aquellos que contienen PCB en una concentración mayor



o igual a 50 ppm o mayor o igual a  $10 \mu\text{g}/100 \text{ cm}^2$  para superficies no porosas. Estas Existencias o Residuos deben ser tratadas o eliminadas según el Plan de Gestión Ambiental de PCB.

**Existencias o residuos PCB.** Aquellos que contienen PCB o su concentración es mayor o igual a 5000 ppm o mayor o igual a  $1000 \mu\text{g}/100 \text{ cm}^2$ , para superficies no porosas.

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

**Inventario de PCB.** Proceso de registro de datos de existencias y residuos contaminados, que mediante los procesos de descarte y análisis cromatográfico o sólo análisis cromatográfico se ha determinado que son, contienen o están contaminados con PCB en concentraciones iguales o mayores a 50 ppm de PCB o  $10 \mu\text{g}/100 \text{ cm}^2$  para superficies no porosas.

**ppm.** Partes por millón ( $10^{-6}$ ); equivalencia: 1 ppm = 0,0001%, 1 ppm = mg/kg.

**Residuo con PCB.** Son aquellos fluidos aislantes (aceites dieléctricos) contaminados con PCB (concentraciones iguales o superiores a las 50 ppm de PCB), los cuales fueron drenados de los equipos contaminados con PCB y que se encuentran almacenados en cilindros u otro tipo de contenedor. Igualmente, son residuos, las carcasas metálicas, y otros materiales que hayan estado en contacto con los fluidos contaminados con PCB.

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

## 1.5 MANEJO AMBIENTALMENTE ADECUADO DE PCB

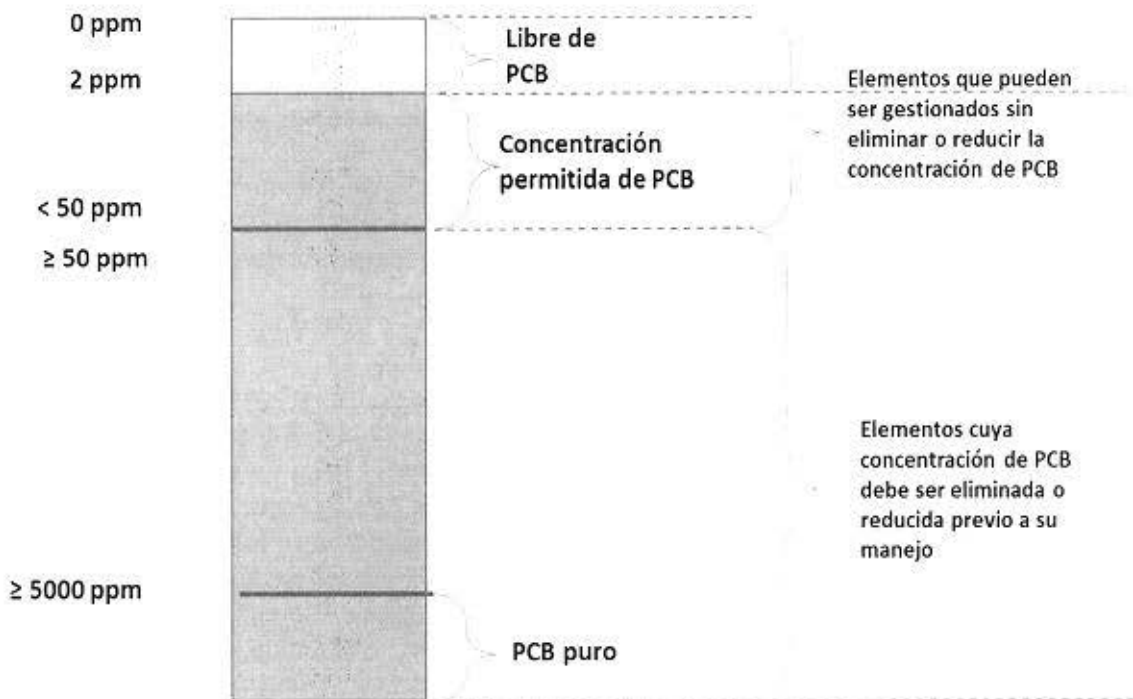
El marco legal vigente estipula que el Titular debe tomar acciones que permitan la prevención del daño a la salud humana y a la contaminación ambiental por la liberación de PCB.

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



tóxico, procurando estar libre de PCB o por lo menos en el rango de los valores permitidos.

**Figura N° 1: Concentración de PCB en aceite dieléctrico**



Algunos alcances que el titular del sector electricidad debe cumplir:

- El Titular debe aplicar procedimientos y contar con infraestructura que asegure el adecuado manejo de materiales y sustancias peligrosas.
- El almacenamiento o las áreas donde se realiza el mantenimiento de existencias deberá ser impermeabilizada, señalizada y con un sistema de contención.
- Se debe asegurar la mitigación de impacto al suelo por contaminación debido al vertimiento o fugas de aceite dieléctrico con PCB de existencias, cilindros y otros aparatos que se hallen almacenados.
- Llevar a cabo la disposición final o descontaminación de las existencias o residuos que contengan o estén contaminados con PCB.
- Elaborar un Plan de Gestión Ambiental de Bifenilos Policlorados (PGAPCB) que incluya las actividades necesarias para la prevención ambiental; así como también la progresiva eliminación de PCB en los equipos, componentes o infraestructura utilizadas en el desarrollo de las actividades eléctricas que contengan o estén contaminados con PCB o que tengan aceite dieléctrico con PCB en una concentración mayor o igual a 50 ppm o 10 µg/cm<sup>2</sup> para superficies no porosas.

En este contexto las autoridades competentes son:

- La Dirección General de Asuntos Ambientales en Electricidad (DGAAE) es la autoridad competente para evaluar y aprobar el PGAPCB del Titular del subsector electricidad verificando que se cumplan con los requisitos técnicos y legales adecuados para cumplir con los compromisos del Estado en el marco del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes.
- El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) fiscaliza el cumplimiento de las obligaciones ambientales fiscalizables contenidas en la normativa ambiental, los compromisos asumidos en el PGAPCB, entre otros.
- SUNAT/Aduanas fiscaliza el cumplimiento de la prohibición de la importación de productos que contengan Bifenilos Policlorados (PCB)

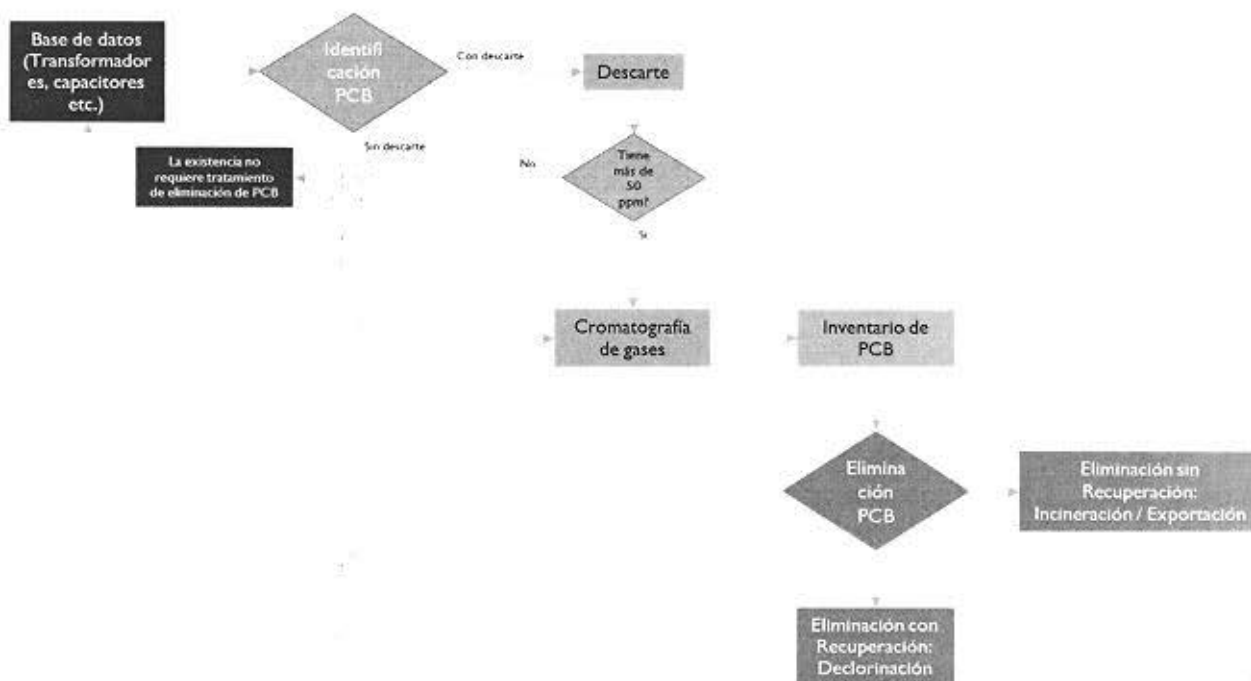
Con la finalidad de lograr los objetivos de protección de las personas y el medio ambiente a través de la eliminación de PCB, corresponde al Titular del subsector eléctrico realizar una Gestión Ambientalmente Racional (GAR) de los PCB teniendo en cuenta las siguientes acciones prioritarias:

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

En relación al objetivo de esta guía, se debe tener en cuenta que las actividades que se esperan desarrollar son parte de la Gestión Ambiental de PCB que permitirá la identificación de PCB para realizar la eliminación del mismo, como se puede ver en la siguiente figura:



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



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

- Uso y manipulación de existencias que contienen PCB por encima de la concentración permitida.
- Revisión y control de existencias y residuos con PCB por encima de la concentración permitida<sup>2</sup>.
- Adquisición de material y equipos libres de PCB y contratación de servicios de mantenimiento.
- Manejo de PCB por encima de la concentración permitida durante la operación y mantenimiento de existencias.
- Manipulación y transporte de existencias y residuos con PCB por encima de la concentración permitida.

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

<sup>2</sup> Para el caso de los equipos almacenados a los que se les haya realizado un descarte de PCB y que se encuentren libres o dentro de la concentración permitida de PCB, y que posteriormente se les efectúe un mantenimiento deberá realizarse nuevamente el descarte de PCB u otro análisis debido a la posibilidad de contaminación cruzada en el mantenimiento.



## 2 METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL INVENTARIO DE PCB

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

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

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

- Un responsable que representará al titular de la actividad eléctrica para esta obligación, que puede ser la persona encargada de la Gestión Ambiental Interna o aquella que el Titular designe.
- Personal técnico para la extracción de muestras y descarte de PCB con equipos de campo que, como no se trata de una muestra ambiental puede ser ejecutada por técnicos capacitados de la misma empresa o terceros.
- El personal técnico que coordine la realización del análisis cromatográfico de PCB en la misma muestra que dio resultado positivo al descarte, el cual deberá ser hecho mediante métodos de ensayo acreditados por el INACAL u otro organismo de acreditación internacional reconocido por el INACAL.



### 2.1 BASE DE DATOS DE EXISTENCIAS Y RESIDUOS

Para el control y reporte del inventario de PCB se deberán utilizar bases de datos en las cuales se deben consignar todos los equipos y residuos con la información técnica, geográfica de ubicación y procedimientos aplicados a la muestra que permita conocer la gestión sobre esta existencia hasta la eliminación de PCB en caso hubiera.

Se recomienda que por sus características tener dos bases de datos, una para equipos y otra para residuos.

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

#### 2.1.1 Registro de equipos

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

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

Columna de la base de datos	Campo
B	Nombre del Titular
C	Actividad del titular (G, T, D)
D	Tipo de equipo (fuente)
E	Tipo de Subestación (SA, SS, SC, AL, TA)
F	Código de Sub-Estación
G	Ubicación del equipo (Dirección exacta con Coordenadas UTM-WGS84) calle, avenida, urbanización
H	Distrito
I	Provincia
J	Departamento
K	Modelo de equipo
L	Estado actual (*) En Servicio /Mantenimiento/ Residuo/Reserva
M	Número de Serie**
N	Fabricante **
O	Año de Fabricación**
P	País de Origen**
Q	Potencia (kVA)
R	Peso del fluido o aceite (kg)
S	Peso bruto (kg)
T	¿Tiene descarte de PCB?, (SI ir a "U", NO ir a "AG")
U	Resultado de descarte de PCB (+ o -)
V	Método de descarte (colorimétrico / potenciométrico)
W	¿Tiene análisis cromatográfico? (SI ir a "X", NO ir a "AG")
X	Laboratorio que hizo el análisis
Y	AROCLOR 1242 mg/kg
Z	AROCLOR 1254 mg/kg
AA	AROCLOR 1260 mg/kg
AB	Sumatoria de Arocloros mg/kg
AC	¿Se realizó la eliminación del PCB? (SI ir a "AD", NO ir a "AG")
AD	Proceso utilizado para la eliminación de PCB
AE	Fecha del proceso de eliminación del PCB
AF	Disposición o destino del equipo luego de la eliminación de PCB
AG	Observaciones

\*\* En los casos que no exista placa o sea ilegible, se deberá considerar los datos del inventario patrimonial u otro dato técnico confiable del equipo que disponga la titular de la actividad eléctrica.



### **2.1.1.1 Descripción de los campos**

#### **Nombre del Titular**

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

#### **Actividad del Titular**

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

#### **Tipo de equipo (fuente) que se registra**

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

#### **Tipo de subestación o instalación en la que se encuentra**

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

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

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

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

#### **Ubicación del equipo**

Ubicación geográfica actual del equipo (Dirección exacta con Coordenadas UTM-WGS84). Calle, avenida, urbanización o asentamiento humano

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

#### **Distrito**

Consignar el distrito, en el cual está ubicado el equipo a la fecha de ingresar estos datos.

#### **Provincia**

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



### **Departamento**

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

### **Modelo del equipo**

Consignar el modelo del equipo

### **Estado actual del equipo**

Consignar el estado actual del equipo:

- En Servicio (cuando está en uso)
- Mantenimiento
- Residuo
- Reserva (está listo para operar)

### **Número de Serie**

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

### **Fabricante**

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

### **Año de Fabricación**

Registrar la fecha de fabricación del equipo, consignado en la placa del mismo. Si no se tuviera el dato colocar ND (no determinado)

### **País de Origen**

Consignar el país de origen de fabricación del equipo. Si no se tuviera el dato colocar ND (no determinado)

### **Potencia (kVA)**

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

### **Peso del fluido o del aceite (kg)**

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

### **Peso bruto (kg)**



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

**¿Tiene descarte de PCB?, (SI/NO)**

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

**Resultado de descarte de PCB**

Consignar el resultado del descarte

- (+): Positivo: Implica la presencia de cloro en concentración mayor a 50 ppm que debe confirmarse mediante análisis cromatográfico.
- (-): Negativo: la presencia de cloro es menor a 50 ppm.

**Método de descarte**

Consignar si se utilizó método colorimétrico o potenciométrico

**¿Tiene análisis cromatográfico?**

Consignar (Sí) si ha sido sometido a análisis cromatográfico. Este análisis se realiza a las muestras que hayan salido positivas en el descarte para confirmar y medir la concentración de PCB. También se debe consignar si el equipo ha sido sometido a análisis cromatográfico sin pasar por la etapa de descarte, en cuyo caso se consignará "NO" en la casilla correspondiente a "¿Tiene descarte de PCB?".



**Laboratorio que hizo el análisis**

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

**AROCLOR 1242 mg/kg**

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

**AROCLOR 1254 mg/kg**

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

**AROCLOR 1260 mg/kg**

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

**Sumatoria de Arocloros mg/kg**

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

### ***¿Se realizó la eliminación del PCB?***

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

### ***Proceso utilizado para la eliminación de PCB***

Indicar el proceso utilizado para la eliminación de PCB.

### ***Fecha del proceso de eliminación del PCB***

Indicar la fecha de la eliminación de PCB.

### ***Disposición o destino del equipo luego de la eliminación de PCB***

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

### ***Observaciones***

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

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

A continuación, se muestra un ejemplo de la base de datos, la cual puede contener otros campos si el titular así lo decide, estos, son los campos mínimos para contar con información para el inventario de PCB.



**Base de Datos**

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Item	Nombre del titular	Actividad del titular (G, T, D)	Tipo de equipo (fuente)	Tipo de Sub-estación (S. Aérea: SA, S. Subterránea: SS, S. Caseta: SC, Almacén: AL, taller: TA)	Código de Sub-Estación	Ubicación del equipo (Dirección exacta con Coordenadas UTM-WGS84), calle, avenida, urbanización	Distrito	Provincia	Departamento	Modelo de equipo	Estado actual (*) En Servicio/ Mantenimiento/ Residuo/Reserva
1	Electroluz S.A.	D	Transformador	SA	E-002	Carretera Panamericana Norte Frente a Predio Mz. 9 Lt 4	Chosica del Norte, La Victoria	Chiclayo	Lambayeque	ONAN	En servicio
2	Electroluz S.A.	D	Transformador	SS	E-003	Puertas del Sol 115	La Victoria	Chiclayo	Lambayeque	ONAN	Mantenimiento
3	Electroluz S.A.	D	Transformador	SC	E-004	Fundo El Destino s/n	José Leonardo Ortiz	Chiclayo	Lambayeque	ONAN	Reserva
4	Electroluz S.A.	D	Transformador	AL	E-005	Pogreso Cda 10 esq. Córdova	Illimo	Illimo	Lambayeque	ONAN	En servicio
5	Electroluz S.A.	D	Transformador	TA	E-006	Pogreso Cda 14	Illimo	Illimo	Lambayeque	ONAN	En servicio
6	Electroluz S.A.	D	Transformador	SA	E-007	Real y Independencia 124	Illimo	Illimo	Lambayeque	ONAN	En servicio
7	Electroluz S.A.	D	Transformador	SA	E-008	Av. Panamericana Cda 11	Illimo	Illimo	Lambayeque	ONAN	En servicio



Guía Metodológica para el Inventario de Existencias y Residuos para la identificación de Bifenilos Policlorados (PCB)

M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
Número de Serie	Fabricante	Año de Fabricación	País de Origen	Potencia (kVA)	Peso del fluido o Aceite (kg)	Peso bruto (kg)	Tiene descarte de PCB?, (SI ir a "U", NO ir a "AG")	Resultado de descarte de PCB (+ o -)	Método de descarte (colorimétrico / potenciométrico)	Tiene análisis cromatográfico? , (SI ir a "X", NO ir a "AG")
141986T8	Elecsur Industrial SR.LTDA	1974	Perú	15	ND	ND	SÍ	(+)	Colorimétrico	SÍ
117614T1	FRESA	1957	ND	20	61	249	NO			
20078	ABB	1994	Perú	25	70	200	NO			
141986T2	KUHLMAN	1995	ND	25	70	200	NO			
2910263	MAGNETRON	1994	Perú	25	70	200	NO			
L-16811	DELCROSA	1995	ND	25	70	200	NO			
2203	ABB	2001	ND	25	70	200	NO			

X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG
Laboratorio que hizo el análisis	AROCLOR 1242 mg/kg	AROCLOR 1254 mg/kg	AROCLOR 1260 mg/kg	Sumatoria de Arocloros mg/kg	Se realizó la eliminación del PCB?, (SI ir a "AD", NO ir a "AG")	Proceso utilizado para la eliminación de PCB	Fecha del proceso de eliminación del PCB	Disposición o destino del equipo luego de la eliminación de PCB	Observaciones
LABQUIM S.A.	0	78	0	78	SÍ	Decloración	12/05/2018		El equipo sigue en servicio
					NO				



### 2.1.2 Registro de residuos con PCB

En esta base de datos se deberá consignar la información de los equipos con PCB dados de baja y otros residuos con PCB siguiendo la estructura con los siguientes campos:

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

Columna de la base de datos	Campo
B	Nombre del Titular
C	Actividad (G, T, D)
D	Especificar el tipo de material o residuo
E	Ubicación del residuo (Dirección exacta con coordenadas UTM-WGS84)
F	Distrito
G	Provincia
H	Departamento
I	Fabricante*
J	País de Origen*
K	Fecha de Almacenamiento
L	Tamaño del bin o contenedor** (m) (largo, ancho y altura)
M	Número de Contenedores
N	Volumen (m <sup>3</sup> )
O	Peso (kg)
P	¿Tiene descarte de PCB? (SI ir a "Q", NO ir a "AC")
Q	Resultado de descarte de PCB (+ o -)
R	Método de descarte (colorimétrico -C o potenciométrico -P)
S	¿Tiene Análisis cromatográfico? (SI ir a "T", NO ir a "AC")
T	Laboratorio que hizo el análisis
U	AROCLOR 1242 mg/kg
V	AROCLOR 1254 mg/kg
W	AROCLOR 1260 mg/kg
X	Sumatoria de Arocloros mg/kg
Y	¿Se realizó la eliminación del PCB? (SI ir a "Z", NO ir a "AC")
Z	Proceso utilizado para la eliminación de PCB
AA	Fecha del proceso de eliminación del PCB
AB	Disposición o destino del equipo dado de baja y/o desechado luego de la eliminación de PCB
AC	Observaciones

\*Solo para equipos en condición de residuos, para otro tipo de residuos colocar No Aplica (NA)

\*\*pueden ser cilindros, bidones, cubas



### **2.1.2.1 Descripción de los campos**

#### **Nombre del Titular**

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

#### **Actividad del Titular**

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

#### **Especificar el tipo de residuo**

Identificar el material del cual está constituida el residuo que se está registrando puede ser el equipo con PCB dado de baja, aceite contaminado, papel, madera, waype, etc.

#### **Ubicación del residuo con PCB (Dirección exacta)**

Corresponde a la ubicación física del equipo en condición de residuo (dado de baja) en el sistema de generación, transmisión o distribución del Titular o del material considerado como residuo.



#### **Distrito**

Consignar el distrito, en el cual está ubicado el equipo con PCB dado de baja o residuo con PCB a la fecha de ingresar estos datos.

#### **Provincia**

Consignar la provincia en la cual está ubicado el equipo con PCB dado de baja o residuo con PCB a la fecha de ingresar estos datos.

#### **Departamento**

Consignar el departamento en el cual está ubicado el equipo con PCB dado de baja o residuo con PCB a la fecha de ingresar estos datos.

#### **Fabricante**

Se debe consignar el nombre de la empresa fabricante del equipo con PCB dado de baja. Para evitar diferentes denominaciones se deberá utilizar su nombre oficial del Registro Único del Contribuyente, si se trata de una empresa nacional. En caso se trate de otro tipo de residuo, colocar NA (No Aplica).

#### **País de Origen**

Consignar el país de origen de fabricación del equipo con PCB dado de baja. Si se trata de otro tipo de residuo con PCB colocar No Aplica (NA).

### **Fecha de Almacenamiento**

Indicar la fecha que en la cual se ha realizado el almacenamiento temporal del equipo con PCB dado de baja o residuo con PCB.

### **Tamaño del bin o contenedor (m)**

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

### **Número de Contenedores**

Indicar el número de contenedores o embalajes que configuran el lote. Solamente se deben agrupar equipos dados de baja o materiales con las mismas características técnicas que corresponden al mismo lote. Si el registro no corresponde a contenedores, colocar NA (No aplica)

### **Volumen (m<sup>3</sup>)**

Indicar el volumen del contenedor o de los equipos con PCB dados de baja en m<sup>3</sup>. En los casos de referirse a residuos compuestos por varios contenedores o embalajes, indicar el volumen de una unidad.

### **Peso (kg)**

Indicar el peso del equipo con PCB dado de baja o del contenedor, en kg. En los casos de referirse a residuos compuestos por varios contenedores o embalajes, indicar el peso de una unidad.

### **¿Tiene descarte de PCB?, (SI/NO)**

Se debe indicar si el equipo con PCB dado de baja o residuo con PCB ha sido sometido a un descarte de PCB.

### **Resultado de descarte de PCB**

Consignar el resultado del descarte

- (+): Positivo: Implica la presencia de cloro en concentración mayor a 50 ppm que debe confirmarse mediante análisis cromatográfico.
- (-): Negativo: la presencia de cloro es menor a 50 ppm.

### **Método de descarte**

Indicar si el descarte se realizó por método colorimétrico "C" o potenciométrico "P"

### **¿Tiene Análisis cromatográfico?**

Consignar (SÍ) si ha sido sometido a análisis cromatográfico. Este análisis se realiza a las muestras de los aceites dieléctricos de los equipos con PCB dados de baja que



hayan salido Positivos en el descarte para confirmar y medir la concentración de PCB. También se debe consignar si el equipo con PCB dado de baja ha sido sometido a análisis cromatográfico sin pasar por la etapa de descarte, en cuyo caso se consignará NO en la casilla correspondiente a "¿Tiene descarte de PCB?".

**Laboratorio que hizo el análisis**

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

**AROCLOR 1242 mg/kg**

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

**AROCLOR 1254 mg/kg**

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

**AROCLOR 1260 mg/kg**

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



**Sumatoria de Arocloros mg/kg**

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



**¿Se realizó la eliminación del PCB?**

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

**Proceso utilizado para la eliminación de PCB**

Indicar el proceso utilizado para la eliminación de PCB.

**Fecha del proceso de eliminación del PCB**

Indicar la fecha de la eliminación de PCB.

**Disposición o destino del equipo u otro tipo de residuo luego de la eliminación de PCB**

Indicar el destino que se dio al equipo en condición de residuo con PCB, luego de la eliminación de PCB.

### Observaciones

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

A continuación, se presenta un ejemplo de base de dato, que consigna la mínima información que se puede tener. El titular podrá incluir otra información si lo considera pertinente

### BASE DE DATOS

A	B	C	D	E	F	G	H	U	J	K	L	M
Item	Nombre del titular	Actividad (G, T, D)	Especificar el tipo de residuo	Ubicación del residuo (Dirección exacta con coordenadas UTM-WGS84)	Distrito	Provincia	Departamento	Fabricante	Pais de Origen	Fecha de Almacenamiento	Tamaño del contenedor (largo, ancho y altura)	Número de Contenedores
1	Electroluz S.A.	D	Chatarra	JR CALLAO Mz Lote 249	Chimbote	Santa	Ancash	ABB	Perú	23/10/18	1,5 x 1,5 x 1,2	1
2	Electroluz S.A.	D	Aceite dieléctrico	JR CALLAO Mz Lote 249	Chimbote	Santa	Ancash	ND	Perú	8/02/2017	0,8x0,8x0,9	4
3	Electroluz S.A.	D	Aceite dieléctrico	JR CALLAO Mz Lote 249	Chimbote	Santa	Ancash	ND	Perú	8/02/2017	0,8x0,8x0,9	4
4	Electroluz S.A.	D	Chatarra	Almacen de CT La Joya	Chimbote	Santa	Ancash	ND	Perú	7/05/2015	2x2x2	1
5	Electroluz S.A.	D	Aceite dieléctrico	JR CALLAO Mz Lote 249	Chimbote	Santa	Ancash	ND	Perú	8/02/2017	0,8x0,8x0,9	8

N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
Volumen (m3)	Peso (kg)	¿Tiene descarte de PCB?, (Si ir a "Q", NO ir a "AC")	Resultado de descarte de PCB (+ o -)	Método del descarte (colorimétrico -C o potenciométrico -P)	¿Tiene Análisis cromatográfico?, (Si ir a "T", NO ir a "AC")	Laboratorio que hizo el análisis	AROCLOR 1242 mg/kg	AROCLOR 1254 mg/kg	AROCLOR 1260 mg/kg	Sumatoria de Arocloros mg/kg
2.7	450	SI	(+)	P	SI	LabSac	48.18	144.55	48.184	240.92
2.304	380	SI	(+)	P	SI	LabSac	30	90	30	150
2.304	150	SI	(+)	P	SI	LabSac	10.8	32.4	10.8	54
8	1000	SI	(+)	P	SI	LabSac	24	72	24	120
4.6	750	SI	(+)	P	SI	LabSac	10.8	32.4	10.8	54



Y	Z	AA	AB	AC
Se realizó la eliminación del PCB? , (Si ira "Z", NO ira "AC")	Proceso utilizado para la eliminación de PCB	Fecha del proceso de eliminación del PCB	Disposición o destino del residuo luego de la eliminación de PCB	Observaciones
No				
No				
Si	Declorinación	#####	Disposición final	
Si	Declorinación	#####	disposición final	
Si	Declorinación	#####	Disposición final	

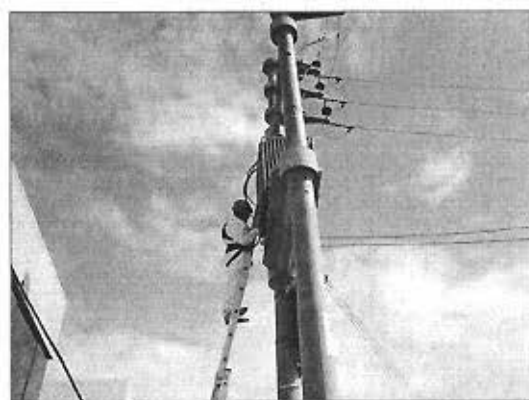
## 2.2 EXTRACCIÓN DE MUESTRAS

Esta actividad debe ser bien planificada, tomando en consideración todas las variables que implica el muestreo, como ubicación, el estado actual del equipo (es decir si está en servicio, o en mantenimiento, o está como reserva -es decir que está operativo pero no en servicio y o si es un residuo), también se deben tener en cuenta las estaciones del año, sobre todo en lugares donde hay épocas de lluvia. Lo ideal es que el muestreo se realice en el momento del mantenimiento preventivo, pero una gran parte de los muestreos se realizan en equipos energizados, para lo cual como ya se ha indicado se deberán tomar todas las medidas de seguridad correspondientes. El titular también puede considerar el criterio de antigüedad al momento de planificar la actividad, priorizando equipos fabricados antes de los 80s.

### 2.2.1 Aceite dieléctrico

La extracción de muestras de aceite para identificación de PCB se realiza generalmente de las existencias que lo contienen o que podrían contenerlo; como transformadores, sea que estén operativos o en condición de residuos, pero también de contenedores de almacenamiento como cilindros.

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



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

Cabe precisar que no se extrae muestra de los condensadores ya que son estructuras selladas y no existe posibilidad de ser contaminadas con PCB posterior a su fabricación. La información de la etiqueta será la que se registre en la base de datos. Tener presente que todo equipo sellado que sea antiguo y no tenga información se presume que tiene PCB y debe eliminarse como tal. Sólo si se tuviera necesidad de tomar decisiones para la adecuada eliminación, se podrá ejecutar las acciones necesarias para extraer la muestra.

### 2.2.1.1 Materiales y herramientas

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



- Frasco de vidrio color ámbar de 50 mL para la toma de muestra.
- Formato de toma de datos y cadena de custodia
- Herramientas, llaves de boca, inglesa y/o de tubo stillson para retiro de tapones en válvulas o grifos.
- Pipeta de plástico para toma de muestra (en casos de extraer el líquido directamente de la cuba del transformador), la cual se debe descartar.
- Casco dieléctrico
- Lentes de protección.
- Guantes de nitrilo (Ansell Edmont 37-185 o similar).
- Mameluco descartable de protección personal tipo Tyvek.
- Máscara de protección para gases orgánicos.
- Batea metálica para contener derrames involuntarios.
- Cinta teflón.
- Solvente dieléctrico para limpieza de herramientas (1 litro).
- Guantes dieléctricos, de acuerdo al voltaje presente en la subestación.
- Zapatos de seguridad dieléctricos.
- Rollo de papel o material absorbente para contener pequeños derrames.
- Envase donde recolectar purga de grifos.
- Bolsas de plástico rojo para residuos de waype o trapos con aceite dieléctrico.
- Material de señalización para aislar el ambiente de trabajo.
- Kit de contención de derrames de aceite. Entre los materiales absorbente se tienen las mangas de absorción, la cal, el aserrín, etc.



Asimismo, es recomendable que dispongan de un vehículo debidamente equipado para transportar a los técnicos encargados de la extracción y traslado de las muestras de aceite, equipado con camilla, extintor, etc.

### **2.2.1.2 Toma de muestra**

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

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

#### ***Desde la válvula de extracción inferior***

En el caso de transformadores con válvula de extracción inferior se puede extraer la muestra con el equipo energizado o con el equipo desconectado. Es el método idóneo cuando se toman muestras directamente al frasco de muestreo. Es recomendable realizar esta operación con el equipo de transformación fuera de servicio o desenergizado. Cuando se procede al muestreo en equipos energizados, es preciso extremar las medidas de seguridad para el riesgo eléctrico y, en caso de haber complicaciones que puedan derivar en condiciones de riesgo, se debe suspender la extracción. En ambos casos, se debe proceder de la siguiente manera:

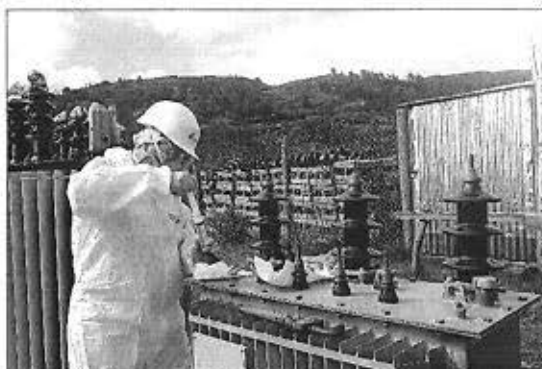
- Identificar en el transformador, la válvula que presente las mejores condiciones para la toma de la muestra (por lo general en la parte inferior).
- Adherir la etiqueta en el frasco y tomar información técnica del equipo y llenar la Cadena de Custodia respectiva.
- Colocar un recipiente o bandeja en la parte inferior de la válvula para prevenir una contaminación del piso en caso de derrame.
- Usar paños absorbentes para limpiar la válvula
- Disponer de los materiales de respuesta a emergencias cerca de la zona de trabajo para su uso en casos que se produzcan derrames (Kit de contingencia).
- Utilizando las herramientas de trabajo, abrir suavemente la válvula del transformador hasta que se note que comienza a fluir el aceite.
- Dejar correr un pequeño chorro inicial antes de tomar la muestra en sí.
- Colocar en la boca de la válvula el frasco donde se tomará la muestra de aceite dieléctrico (30 mL). Si fuera necesario se deberá colocar un acople para controlar el flujo de aceite.
- Cerrar muy bien la válvula del transformador y verificar que no se produzca ningún derrame, limpiándolo con una franela desechable.
- Verificar que se deje el área de trabajo limpia y libre de residuos (en caso de ensuciamiento se deberá utilizar sustancias desengrasantes).

#### ***Transformadores sin válvula de extracción inferior***

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



- Identificar en el transformador la válvula o tapa superior que presente las mejores condiciones para la toma de la muestra.
- Verificar las condiciones del transformador utilizando las herramientas correctamente, retirar la tapa superior del transformador;
- Realizar el etiquetado y toma de información técnica del equipo y llenado de la cadena de custodia respectiva.
- Colocar un recipiente o bandeja en la parte inferior del área de operación para prevenir una contaminación del piso en caso de derrame.
- Disponer de los materiales de respuesta a emergencias cerca de la zona de trabajo para su uso en casos que se produzcan derrames.
- Utilizando una pipeta se tomará la muestra de aceite dieléctrico (30 mL) y se depositará en el frasco previamente dispuesto, cerrar herméticamente el frasco y adherir la etiqueta y toma de información del equipo.
- Cerrar muy bien la válvula del transformador o la tapa extraída verificando que no se produzca ningún derrame, limpiándolo con una franela desechable.
- Verificar que se deje el área de trabajo limpia y libre de residuos (en caso de ensuciamiento se deberá utilizar sustancias desengrasantes).



## 2.2.2 Superficies no porosas

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

Este tipo de muestreo se aplica también a equipos vacíos (que pueden estar en condición de residuos). A continuación, se describe el método con lectura electroquímica, Método EPA-9078.

### 2.2.2.1 Materiales

- 10 mL de hexano cromatográfico
- Gasa o wipe (10 cm x 10 cm)
- Pinza descartable
- Molde descartable de toma de muestra de 1000 cm<sup>2</sup>, (equivale a un cuadrado de 31,6 cm por lado)
- Frasco de vidrio con boca ancha para almacenar la gasa impregnada con la muestra (100 mL)
- Formato de toma de datos y cadena de custodia
- Casco de protección.
- Lentes de protección.
- Guantes de nitrilo (Ansell Edmont 37-185 o similar).
- Mameluco descartable de protección personal tipo Tyvek.

- Máscara de protección para gases orgánicos.
- Solvente dieléctrico para limpieza de herramientas (1 litro).
- Zapatos de seguridad dieléctricos.
- Rollo de papel o material absorbente para contener pequeños derrames.
- Bolsas de plástico negro para residuos de waype o trapos con aceite dieléctrico.
- Material de señalización para aislar el ambiente de trabajo.

### 2.2.2.2 Procedimiento

1. Tome la ampolla de cristal sellado con hexano cromatográfico y rompa el extremo cuidadosamente. Vierta el contenido entero en el frasco que contiene un cojín de la gasa. Tome el cojín de gasa empapado con la pinza y con una técnica aprobada limpie un área de 1000 cm<sup>2</sup>. 1000 cm equivale a un cuadrado de 31.6 centímetros. Luego, permita que el hexano se evapore (aproximadamente 1 minuto).
  2. Teniendo cuidado de no contaminar el wipe, póngalo tan libremente como sea posible en el tubo con la tapa blanca con dispensador. Vierta el líquido de extracción, (10 mL de iso-octano), en el tubo de tapa blanca. Cierre la tapa y deje el solvente y la gasa por 30 segundos. Exprima el tubo para asegurarse que el iso-octano lave totalmente la gasa. Este solvente ahora contiene todo el PCB que fue retirado durante el procedimiento de limpieza.
  3. Quite la tapa negra con dispensador de uno de los tubos de reacción. Abra el el tubo de prueba con tapa blanca y traslade el extracto iso-octano en el tubo de tapa negra hasta la línea de 5 mL. Tape el casquillo firmemente en el tubo.
  4. Rompa la ampolla (incolora) inferior del tubo. Sacuda bien el tubo por 10 segundos.
  5. Rompa la ampolla (gris) superior en el tubo. Sacuda el tubo por 10 segundos vigorosamente permitiendo que se produzca la reacción por los 50 segundos adicionales (total un minuto), mientras sacude intermitentemente varias veces.
  6. Con la pipeta de 5 mL, agregue cinco mililitros de la solución de extracción al tubo de tapa negra. Cierre la capsula con seguridad y sacuda vigorosamente hasta que desaparezca la espuma y el color oscuro. Ventee el tubo con cuidado destapando parcialmente la tapa negra negro mientras que sostiene el tubo en posición vertical. Presione el tubo levemente mientras ajusta la tapa y sacuda el tubo vigorosamente por 20 segundos más. Ventear otra vez, y cerrar la tapa y colocar el tubo al revés parándolo sobre su tapa, manténgala en esta posición por dos minutos.
  7. Coloque el embudo con el filtro en uno de los frascos del cristal de 20 mL marcándolo con el número de la muestra (identificación de la muestra). Coloque el tubo de tapa negra directamente sobre el embudo y abra cuidadosamente el dispensador. Dispense la solución cuidadosamente exprimiendo los lados del tubo. Permita que la solución pase a través del embudo, pero quite el embudo antes de cualquier gota de aceite pase a través de él. Permita que la solución se refrigere al medio ambiente por cinco minutos. La muestra ahora está lista para el análisis.
- Lectura de la muestra preparada  
Para la lectura de la concentración se deberá utilizar el Analyzer L2000DXT, que se muestra en la figura





## 2.3 MANEJO DE MUESTRAS Y CADENA DE CUSTODIA

### 2.3.1 Cadena de Custodia para muestra de aceite dieléctrico

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

- Las muestras de aceite no requieren ser refrigeradas. Son muy estables por lo que pueden almacenarse por un tiempo antes de ser analizadas
- Los frascos deben ser etiquetados con la información de las muestras, equipo de procedencia y registrado en la base de datos de equipos y cadena de custodia correspondiente.
- Para el transporte de muestras se deberá utilizar contenedores rígidos y debidamente protegidos para evitar su ruptura o derrame de líquido.

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

### 2.3.2 Codificación de muestras

**COD/CIU/SUP/XXX**

Donde:

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

El titular de la actividad eléctrica podrá incluir algún dato adicional o codificar de otra manera, teniendo el cuidado de colocar toda la información que se sugiere.

### 2.3.3 Embalaje

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

### 2.3.4 Información adicional

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


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

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

**Figura N° 4: Frasco con etiqueta de muestra**



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

		<b>LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL</b> Las Américas N° 300 Urb. San Eugenio Lima Correo electrónico: emar@minsa.gob.pe, Teléfono: 511-204440		<b>SOLICITUD DE ENSAYO</b> ACEITES DIELECTRICOS						
SOLICITANTE	SOLICITANTE:			TELÉFONO:						
	DIRECCIÓN:			FAX:						
	CONTACTO:			CORREO:						
MOTIVO	MOTIVO:			FIRMA:						
	RESPONSABLE (SI DEL MUESTREO):			LOCALIDAD/DISTRITO:						
	LUGAR DE MUESTREO:			DEPARTAMENTO:						
DATOS DE LAS MUESTRAS	N°	Código Lab. origen	Código muestra	Fecha muestreo	N° Unidades de muestra	Volumen de muestra (mL)	Bifenilos policlorados (PCB) como arquetipos. DIGESA AD-PE-13, Determinación de PCB en aceites dieléctricos (Validado), con referencia al ASTM D4368 - 00/2010	Observaciones	REVISIÓN DE LA SOLICITUD DE ENSAYO (Usa laboratorio DIGESA)	
									a) Causas de no Aceptación	
									b) Capacidad y Recursos disponibles	
									c) Observaciones	
									d) Entrega del Informe de Ensayo Fecha Aprox. Destino DSA <input type="checkbox"/>	
									AUTORIZACIÓN DE ENSAYO (SI/NO DIGESA)	
									Firma y sello	Fecha: Hora
Total de frascos										
CUSTODIA DE LAS MUESTRAS	1ra custodia		2da Custodia		Recepción de muestras en el laboratorio. (Uso de Laboratorio)					
	Entregado por:				Muestras:		Observaciones:			
	Carga:				Intactas:		<input type="checkbox"/>			
	Firma y fecha:				Insuficiente:					
Recibido por:						Nombre:				
Carga:						Firma				
Firma y fecha:										



## 2.4 IDENTIFICACIÓN DE PCB

### 2.4.1 Descarte de PCB

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

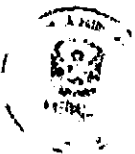
- Reducir el riesgo de contaminación al no ser necesario el transporte del total de muestras a laboratorio sino solamente los que hayan dado resultados positivos.
- Reducir el costo del inventario de PCB.
- Promover la participación de los trabajadores de las empresas en la gestión de los PCB y por lo tanto internalización de las medidas de seguridad y prevención de contaminación por PCB.
- Capacitar a trabajadores de las empresas para realizar el descarte como medida correctiva antes de intervenir algún transformador o sitio sospechoso de estar contaminado por PCB.

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

- Método colorimétrico a través de la detección de elementos clorinados que de manera indirecta determina que la muestra puede contener PCB. Cabe señalar que el método de descarte con kit colorimétrico está calibrado conservadoramente a un Aroclor 1242 que equivale a una concentración de 21 ppm de cloro en la muestra para dar positivo (la concentración más baja del tipo de aroclor), esto explica la posibilidad de hallar falsos positivos debido a la presencia de cloro por otras fuentes como ambientes salinos o solventes clorados, etc. La muestra con resultado positivo se debe llevar al laboratorio para hacer análisis cuantitativo confirmatorio mediante la cromatografía de gases.
- Método con medición potenciométrica que detecta también elementos clorinados y a través de la medición electroquímica se determina la concentración en la matriz.

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

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



#### 2.4.1.1 Aceite dieléctrico

Las muestras de aceite dieléctrico pueden ser procesadas mediante un kit de descarte de PCB, que tiene la finalidad de detectar el cloro en la muestra y, de esta manera, determinar la posibilidad de una contaminación con PCB.



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

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

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

#### 2.4.1.2 Superficies no porosas y agua

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

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

#### 2.4.2 Análisis Cromatográfico

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

Para este análisis se usarán las versiones actualizadas de las normas ASTM D4059-00(2018) y ASTM D6160-98(2017); y deberá ser realizado por un laboratorio que tenga el método de ensayo para PCB acreditado por el INACAL u otro organismo de acreditación internacional reconocido por el INACAL.

Con este procedimiento se determinará la concentración de PCB como arocloros en la matriz (aceite dieléctrico, suelos, agua o superficies no porosas), utilizando columnas capilares tubulares abiertas con detectores por captura de electrones, determinando la presencia y cuantificación de la concentración de al menos los siguientes arocloros y la suma total de PCB en la muestra, ya que una gran mayoría de PCB fueron elaborados



utilizando estos arocloros como los aceites dieléctricos con Askarel que fueron de varios tipos (A, B, C, D etc.) que contenían hasta 60% de aroclor 1260, 70% del aroclor 1254 y 100% de aroclor 1242 o el Pyranol con 60% de aroclor 1260, interteen con 70% de aroclor 1254 (Crime, 1988) como también los aceites dieléctricos Clophen que contenía los arocloros 1242, 1248, 1254 y 1260 (fabricado por Bayer, GFR), Phenoclor que contenía los arocloros 1242, 1254 y 1260 (fabricado por Caffaro, Italia), Fenclor que contenía los arocloros 1242, 1254 y 1260 (fabricado por Prodelec, Francia) (Erickson, 1986)

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

## 2.5 ETIQUETADO DE EXISTENCIAS Y RESIDUOS

Una vez realizado el descarte y el análisis confirmatorio de PCB o sólo el análisis cromatográfico, las existencias o residuos deberán ser etiquetadas o señalizadas con la información pertinente al estado del bien respecto al PCB. Para ello se deberá utilizar la siguiente etiqueta, asegurándose que sea lo suficientemente resistente al clima para perdurar por el mayor tiempo posible.

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

<b>Nombre del Titular</b>
<b>ATENCION</b>
<b>EQUIPO CONTAMINADO CON PCB (BIFENILO POLICLORADO)</b>
<b>ESTE EQUIPO REQUIERE DE TRATAMIENTO ESPECIAL Y MANEJO DE ACUERDO AL PLAN DE GESTION AMBIENTAL DE PCB DEL TITULAR</b>
<b>La regulación lo considera como contaminante ambiental y de serio riesgo para la salud</b>
<b>En caso de accidente, derrame u otra contingencia con este equipo comunicarse a la empresa propietaria del equipo o al cuerpo general de bomberos</b>
<b>Concentración de PCB <math>\geq</math> a 50 ppm</b>
<b>Fecha de análisis:</b>

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

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

**Día: 1 – 2 – 3**

**1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 0**

**Empresa evaluadora:**

Esta etiqueta deberá tener un tamaño de A5

## **2.6 REPORTE DE RESULTADOS Y MANTENIMIENTO DEL INVENTARIO DE PCB (Reporte del Inventario)**

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

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

Para el caso de los análisis de cromatografía, deberán consignarse los resultados de concentración de cada aroclor (1248, 1254 y 1260) y la sumatoria de los tres arocloros.

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

Presentación

### 1. Resumen Ejecutivo

1.1 Generalidades (se realizará una breve descripción de las instalaciones del titular de la actividad eléctrica)

1.2 Inventarios ejecutados antes del 2020

2 Organización y responsables del inventario

3 Resultados del Inventario

3.1 Existencias y residuos inventariados

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

3.2 Existencias y residuos con resultados positivos y con presencia de PCB

4 Conclusiones

5. Anexos

### 3 ANEXOS

#### 3.1 Descarte de PCB mediante kit de lectura colorimétrica

##### 3.1.1 Descarte de PCB en aceite dieléctrico

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

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

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

- 1 Tubo N° 1 – Un tubo de ensayo de plástico, de tapa negra con válvula dispensadora, contiene una ampolla incolora con una marca azul (inferior) y una ampolla gris (superior).



- 2 Tubo N° 2 – Un tubo de ensayo de tapa blanca, conteniendo 7 mL de una solución buffer, una ampolla incolora con una marca blanca (inferior) y una ampolla verde roja (superior).



- 3 Una pipeta de plástico desechable.



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



El procedimiento se muestra a continuación:

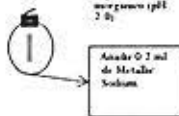
### Descarte de PCB en Aceite dieléctrico



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



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



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



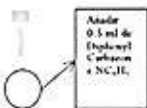
**Extracción** – Transfiera la solución extractora del tubo N° 2 (tapa blanca) en el tubo N° 1 con la muestra en proceso. Cierre el tubo N° 1 y agite vigorosamente por 10 s. Esta reacción exotérmica, tendrá elevación de temperatura y presión. Liberar esta presión, repita esta operación por 2 min y hasta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



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



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



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



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



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



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



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

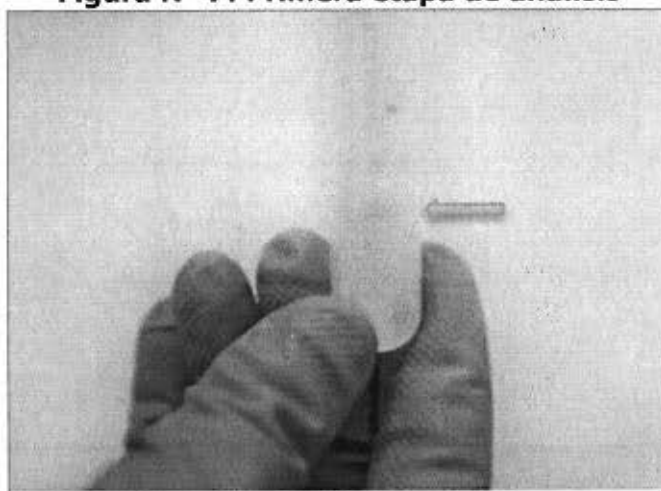
### 3.2.1 Preparación de la muestra

#### 3.2.1.1 Aceite dieléctrico

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

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

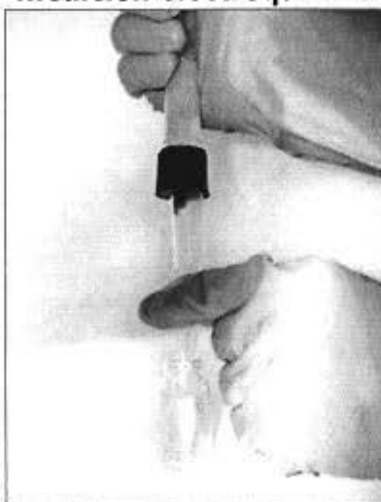
**Figura N° 7: Primera etapa de análisis**



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

- Colocar el tubo de tapa negra directamente sobre el embudo y abra el dispensador (tal como se puede ver en la siguiente figura); transfiera la solución cuidadosamente exprimiendo los lados del tubo hasta que aparezca la primera gota del aceite (retire el tubo antes que el aceite pase al vial).
- Etiquete el vial con el código de la muestra para su registro.
- El vial con la solución así preparada está listo para su lectura con el electrodo del equipo de medición electroquímica.

**Figura N° 8: Extracción de solución acuosa con iones de cloro para su medición electroquímica**



**Figura N° 9: Equipo electroquímico**



#### 4 Bibliografía

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

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

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

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

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

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

