

1. Objetivo

Describir las metodologías de muestreo de aceites dieléctricos en recipientes de entrega, equipos eléctricos como transformadores y superficies sólidas no porosas para el análisis de Bifenilos Policlorados (PCB).

2. Alcance

Las metodologías descritas aplican para el muestreo de aceites dieléctricos (minerales o siliconados) en transformadores desenergizados, contenedores reglamentarios (tanques, canecas, etc) y superficies sólidas no porosas.

3. Definiciones

- **Muestreo:** Obtención de una cantidad de material adecuada para realizar los ensayos requeridos y que es representativa de la porción del material de donde se toma.
- **Aceite dieléctrico:** Líquido lubricante que, por sus características aislantes y refrigerantes, es utilizado en equipos de potencia eléctrica como los transformadores. Puede ser de tipo mineral o siliconado, por lo general con viscosidad cinemática menor a 540 cSt a 40 °C.
- **Superficies solidas no porosas:** Superficie sólida lisa y sin pintar que limita la penetración de líquidos que contienen PCB más allá de la superficie inmediata. Algunos ejemplos son: metal liso sin corrosión, tubería de gas natural con una fina capa porosa aplicada originalmente para inhibir la corrosión, vidrio liso cerámica esmaltada lisa, piedra de construcción impermeable y pulida, como mármol o granito, y plásticos de alta densidad, como policarbonatos y melaminas, que no absorben disolventes orgánicos.
- **Bifenilos Policlorados (PCB):** Los PCB son un grupo de 209 compuestos relacionados, conocidos como congéneres, los cuales difieren en el número de átomos de cloro unidos a la molécula del bifenilo. En general, estas sustancias son apolares y no inflamables. Son solubles en solventes orgánicos, químicamente inertes bajo condiciones ácidas y básicas, tienen altos puntos de ebullición y baja conductividad eléctrica. Sus propiedades, como la temperatura de ebullición y la presión de vapor, varían con el número de cloros y su posición en la

estructura del bifenilo. Son muy resistentes a diversos oxidantes, al oxígeno, metales activos y otros productos químicos.

La unión específica de varios de estos congéneres se utilizó como aceite dieléctrico en transformadores. A estas mezclas, cuya concentración de PCB está sobre el 60% se les conoce como Askareles. Actualmente los Askareles no se utilizan en transformadores nuevos, pero aún hay transformadores activos con estas sustancias como dieléctrico. Hoy en día se utiliza aceite mineral o siliconado, libre de PCB antes de su uso como aceite dieléctrico. Una vez utilizado, el aceite puede contener PCB, pero estos no deben exceder los 50 mg/kg (o partes por millón).

- **Transformadores:** Los transformadores son equipos eléctricos que permiten la transferencia de energía eléctrica entre circuitos diferentes regulando el voltaje en el proceso. Aunque sus tamaños y diseños son muy variables, funcionan con base en los mismos principios. Algunos de estos transformadores requieren el uso de líquidos dieléctricos para su funcionamiento.

Los transformadores que usan aceite mineral representan la mayoría de los transformadores utilizados en los sistemas de distribución de energía en las ciudades. Puesto que los transformadores de aceite mineral no fueron fabricados a propósito como contenedores de PCB, no hay una fecha que pueda ayudar a identificar un transformador de aceite mineral contaminado. Cualquier equipo que contenga fluidos cuyo contenido supere los 50 mg/kg de PCB se considera contaminado y debe dársele un manejo adecuado. Los transformadores que usan aceite mineral por lo general tienen la designación de uso comenzando con la "O" (por ejemplo: ONS, ONAN, ONWF).

También existen transformadores que usan Askarel como fluido dieléctrico. Estos equipos fueron diseñados y fabricados para operar utilizando fluidos dieléctricos de alta concentración de PCB (usualmente 40% - 80% PCB para transformadores y hasta 100% para condensadores). Debido a la alta concentración de PCB en este tipo de equipos, se considera que presentan el mayor riesgo. La designación de los transformadores que usan Askarel suele comenzar con la letra "L" (por ejemplo: LNaN, LNAF, LNWF).

Ya que la fabricación de equipos que usaban Askarel se suspendió en 1979 en Norteamérica y en 1983 en Europa occidental; los equipos

fabricados antes de estas fechas en sus respectivos países se consideran de antemano contaminados con PCB. Los transformadores que usan aceite mineral no están intencionalmente contaminados con PCB; sin embargo, se estima que entre el 7% y el 15% de todos los transformadores de aceite mineral se han contaminado inadvertidamente con PCB (a menos de 1000 mg/kg) durante su fabricación, uso o posteriores actividades de mantenimiento. La contaminación por mantenimiento es el mayor factor de contaminación de transformadores limpios, debido al uso de equipo (mangueras, bombas, etc.) destinado también al mantenimiento de transformadores que usan Askarel.

La caracterización del transformador puede realizarse verificando su placa de identificación (con la respectiva designación) o el manual de operaciones que indique el país, la fecha de fabricación y el tipo de fluido dieléctrico. Otra forma sencilla para determinar el tipo de líquido aislante consiste en tomar una gota del fluido y disponerla en un recipiente con agua. Los aceites, mineral y siliconado, son menos densos que el agua y por ende flotarán; en cambio, el Askarel o líquidos con alto contenido de PCB se hundirán debido a su mayor densidad.

4. Siglas

PCB: Bifenilos Policlorados.

5. Normatividad

Resolución 0222 del 15 de diciembre de 2011: Por la cual se establecen requisitos para la gestión ambiental integral de equipos y desechos que consisten, contienen o están contaminados con Bifenilos Policlorados (PCB).

ASTM International D923-15 (2023), Standard Practices for Sampling Electrical Insulating Liquids. West Conshohocken, PA: ASTM International.

US EPA. 40 CFR Part 761 — Polychlorinated Biphenyls (PCBs): Manufacturing, Processing, Distribution in Commerce, and Use Prohibitions. Disponible en: <https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-R/part-761>

United States Environmental Protection Agency (US EPA). 40 CFR Part 761: Polychlorinated Biphenyls (PCBs) — Manufacturing, Processing, Distribution in Commerce, and Use Prohibitions. Disponible en <https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-R/part-761>

ASTM International D4059-00, Standard Test Method for Analysis of Polychlorinated Biphenyls in Insulating Liquids by Gas Chromatography. West Conshohocken, PA: ASTM International.

US EPA Method 3550C. Ultrasonic Extraction. U.S. Environmental Protection Agency, SW-846.

US EPA Method 3540. Soxhlet Extraction, Environmental Protection Agency, SW-846.

6. Líder del procedimiento

Coordinador Grupo de Acreditación

7. Políticas de Operación

Es importante tomar las máximas precauciones para evitar la contaminación al obtener las muestras. Debido a la tendencia higroscópica de los líquidos aislantes, es importante minimizar la exposición a la atmósfera de la muestra que se está tomando.

Tome una cantidad de líquido suficiente como muestra para cubrir los requisitos de las pruebas a realizar. Consulte los procedimientos que rigen estas pruebas para determinar la cantidad de líquido para cada muestra y el número de muestras necesarias.

Al tomar muestras, la temperatura del líquido debe ser igual o mayor que la temperatura del aire circundante para minimizar la posibilidad de que la humedad condensada del aire sea absorbida por el líquido durante el proceso de muestreo, particularmente en una atmósfera húmeda.

8. Descripción de actividades

Actividad	Descripción	Responsable
Seguridad durante muestreo	Los PCB son compuestos de reconocida toxicidad y persistencia. Como consecuencia de los procesos de síntesis que se emplean para su producción, contienen como impurezas furanos y dioxinas (si bien su contenido puede ser de trazas, su toxicidad es alta). Por ende, se deben cumplir todas las normas de seguridad para el manejo de estas sustancias químicas, siendo necesario conocer toda la información relacionada, que se encuentra en la ficha técnica (hoja de seguridad). De acuerdo con la normativa ambiental vigente aplicable a PCB, la toma de muestras debe ser realizada por personal certificado en competencias laborales para desarrollar dicha labor. Por otra parte, se debe tener en cuenta que el personal involucrado en la toma de muestras debe contar además con las certificaciones y competencias adicionales requeridas por la normatividad aplicable. Las actividades asociadas a la toma de muestras no son adelantadas por un perfil laboral único, sino que dependiendo de la estructura y actividades operativas de la empresa propietaria de los elementos a identificar, ésta puede ser llevada a cabo por personal de mantenimiento de líneas, de	Organismo de evaluación de la conformidad.



Servicios - Acreditación de Laboratorios
Muestreo de Aceites Dieléctricos para Análisis de Bifenilos
Policlorados (PCB)

Código: SAL-P009
Versión:04
Fecha: 18/12/2025

	mantenimiento y reparación, ensambladores, analistas de laboratorio y personas especializadas en la toma de muestras, entre otros; sin embargo, lo importante es que dicho personal se encuentre acreditado en las competencias laborales indicadas. A continuación, se describen algunas recomendaciones básicas: • Utilizar los elementos de protección personal: gafas de seguridad, casco de seguridad, guantes de nitrilo, respirador con cartuchos para vapores orgánicos, ropa de protección impermeable o resistente a la acción de los aceites. • Verificar si el equipo se encuentra energizado. En ese caso la alimentación de energía debe suspenderse, tomando las respectivas medidas de precaución de riesgo eléctrico además de las necesarias para el procedimiento de toma de muestra. • Evitar cualquier contacto o interacción con líquido aislante que es objeto de muestra. • La integridad de la muestra debe preservarse al máximo. Evitar aumentos de temperatura, generar chispa o llama u otro tipo de alteraciones son condiciones que deben evitarse al máximo. • Contar con instalaciones, equipo de seguridad fácilmente accesible en el laboratorio para casos de derrames y elementos de señalización de los riesgos presentes (etiquetas para	
--	---	--

	muestras y residuos, cintas, conos). - Las condiciones del lugar de muestreo deben ser apropiadas. Esto implica baja humedad, iluminación adecuada y ventilación. Contingencias - Se debe contar con un plan de emergencia o tratamiento de contingencias para situaciones particulares como son el control de derrames y los contactos accidentales con material potencialmente contaminado en el cual deben identificarse todas las operaciones y actividades normales, así como las situaciones de emergencia que se puedan producir. Para situaciones de derrames: - De ser posible, se debe detener inmediatamente la fuente del derrame (p. ej.: cierre de válvula específica), la que debería haber sido identificada en la etapa de evaluación de riesgos. Si no es posible, continúe con el siguiente paso del plan. - Limitar la expansión del derrame mediante el uso de diques y tapones. - Asegurar que se eviten contactos de las personas con los líquidos que contengan PCB, a través del correcto uso de sus elementos de protección y de las prácticas establecidas	
--	--	--

	previamente para la respuesta ante derrames. • Los derrames de poco espesor se remueven mejor esparciendo primero materiales absorbentes (evitar el uso de aserrín ya que este es inflamable) sobre el derrame para formar un semisólido, el cual puede ser depositado en tambores con pala. En estos casos y dependiendo de las mezclas que contengan PCB (p. ej.: con combustibles) tener en cuenta la utilización de palas plásticas. • Una vez removidos los líquidos residuales del lugar del derrame, realizar la limpieza del área. • Las superficies que no absorben PCB, tales como metales, cerámica o concreto cubierto de material epóxico podrán ser descontaminados con solventes (p. ej.: keroseno, gasóleo). • Los residuos y desechos resultantes de la operación deben ser tratados como residuos peligrosos.	
Equipos, reactivos y materiales	La siguiente es una lista general de los implementos requeridos en el momento del muestreo: Nota: Se debe contar con materiales de plástico que no sean de PVC ni caucho natural. • Manguera: debe ser preferiblemente metálica flexible, normalmente de latón.	Organismo de evaluación de la conformidad.

	Otra opción es utilizar una manguera de plástico de polietileno, politetrafluoroetileno (PTFE o teflón) o fluoroelastómeros para evitar la contaminación de la muestra con ftalatos. • Jeringa para muestreo de líquidos aislantes con tubería resistente y llave de paso de tres vías que conecta la válvula con la jeringa, preferiblemente de vidrio. • Recipientes de vidrio ámbar con tapa de PTFE o polipropileno. • Plantillas para delimitar el área a muestrear (100 cm²). • Guantes de nitrilo • Tenazas o pinzas metálicas • Algodón y/o gasa estéril • Hexano • Elementos de protección personal • Elementos de disposición de residuos peligrosos • Dispositivo de inmersión	
Limitaciones e interferencias	La presencia de material particulado o residuos no se considera parte de la muestra de aceite dieléctrico para el análisis de PCB. Todo el material particulado debe eliminarse antes de tomar la muestra, por lo tanto, la muestra final no puede contener, a la inspección ocular, sólidos o materiales foráneos flotantes, suspendidos ni sedimentados. No se deben considerar muestras de aceite con más de una fase, si hubiere más de una, se debe	Organismo de evaluación de la conformidad.

	descartar la muestra y realizar nuevamente el muestreo. Los compuestos organoclorados y los ftalatos se consideran interferencia en el método de determinación, por tanto, el material que se utilice debe ser libre de ftalatos y debe estar debidamente lavado. Los materiales de plástico deben ser preferiblemente de PTFE.	
Control y aseguramiento de la calidad	Por cada tipo de muestreo se debe realizar la toma de una muestra por duplicado y se debe contar con un blanco de campo.	Organismo de evaluación de la conformidad.
Desarrollo del muestreo	El tipo de muestra dependerá en gran medida del dispositivo utilizado y del contenedor donde se aloja la muestra que incluye transformadores, tanques o canecas, y superficies sólidas no porosas. En general los transformadores o contenedores de fluido dieléctrico con PCB pueden tener diferentes diseños. El aspecto más relevante del mismo para el muestreo es la vía de acceso al fluido del equipo. De este modo se pueden distinguir dos clases principales de contenedores: Con válvula de salida y sin válvula de salida. Los equipos sin válvula de salida pueden, tener o no, otro tipo de vía de acceso, como podría serlo una válvula de sobrepresión o una	Organismo de evaluación de la conformidad.

	claraboya por ejemplo. Algunos métodos de muestreo sólo aplican para cierto tipo de diseño de contenedores y que algunas metodologías serán más apropiadas que otras, según lo defina cada ente con sus criterios.	
Muestreo en transformadores con válvula	• Con Botella: a. La toma de muestra con botella consiste en usar la válvula de salida para recoger una muestra representativa del líquido aislante. Para ese efecto, la salida debe purgarse de modo que no aparezcan en la muestra sustancias ajenas al líquido (Agua o sólidos suspendidos o sedimentados). b. Una vez se ha asegurado que el líquido que sale de la válvula de salida es homogéneo y representativo, entonces puede procederse con la toma de muestra. Este es un muestreo de salida. c. Tras el llenado de la botella, tenga la precaución de dejar un pequeño espacio de cabeza. d. Cuando no hay válvula de salida, pero se tiene acceso al equipo por la parte superior, pueden llevarse a cabo muestreos superficiales, multinivel o de corrido conforme a lo descrito en el ítem de muestreo con dispositivo de inmersión (dip-type). • Con Jeringa:	Organismo de evaluación de la conformidad.

	a. La jeringa para muestreo de líquidos aislantes consta de una tubería resistente con una llave de paso que conecta la válvula con una jeringa, preferiblemente de vidrio. b. Inicialmente debe purgarse la conexión resistente de modo que la llave de paso permita la salida del líquido, pero impida su entrada en la jeringa. c. Una vez el líquido es homogéneo y carece de sustancias externas a la muestra (agua o residuos) debe permitirse la entrada del líquido a la jeringa para purgarla. La jeringa debe llenarse sola por la presión propia del líquido, y máximo hasta el 80% de su capacidad total. d. Cuando la jeringa esté llena, se ajusta la llave de paso para permitir la eliminación del líquido aislante de purga sin que entre al equipo que se está muestreando. e. Terminado este procedimiento de nuevo se llena la jeringa como en el literal c. f. Su contenido debe almacenarse en un frasco de vidrio. • Con cilindro de acero inoxidable: a. Se conecta una tubería transparente, resistente a los PCB, a la salida del equipo. Esta a su vez se conecta a la entrada	
--	--	--

		inferior de un cilindro de acero inoxidable (puesto en posición vertical) cuya salida superior se encuentra conectada a un recipiente de desechos. b. En total hay tres llaves de paso que deben abrirse en el siguiente orden: válvula de salida, entrada del cilindro, salida del cilindro. Deben pasar por lo menos dos litros (2 L) del líquido para purgar el montaje. c. Una vez el montaje ha sido purgado debe asegurarse que no hay presencia de aire. Para ello se agita el cilindro de modo que cualquier burbuja salga del recipiente. d. Las llaves de paso deben cerrarse en el orden inverso en que se abrieron: primero la salida del cilindro, luego su entrada y finalmente la válvula de salida. e. Corroborar que en el cilindro no hayan quedado burbujas o algún material foráneo a la muestra. La agitación del cilindro no debería producir ningún sonido. f. Desechar la tubería resistente y reasegurar el equipo. g. La muestra dentro del cilindro está debidamente almacenada y no necesita reenvasarse. Esta es una muestra de salida.	
Muestreo Recipientes Contenedores	en o	• Con dispositivo de inmersión (dip-type): a. Para este procedimiento debe tenerse acceso al equipo por la	Organismo de evaluación de la conformidad.

equipos con ingreso en la parte superior	parte superior. La sonda debe ser preferiblemente de vidrio. En caso contrario, debe demostrarse que las sondas no interfieren en el análisis y desecharse inmediatamente después de su uso. b. La sonda o dispositivo de inmersión debe ser rígido de modo que pueda definirse con certeza la profundidad a la que se está realizando el muestreo. Esta debe marcarse en la sonda y reportarse. c. Tapar con un dedo el orificio superior de la sonda. Sumergir la sonda hasta una profundidad previamente definida. d. Retirar el dedo para que el líquido llene la sonda. Una vez se llene al nivel del líquido, tapar de nuevo el orificio superior y sacar la sonda. e. Mover la sonda para enjuagar sus paredes internas, evitando entrar en contacto con el líquido interno o externo de la sonda. Desechar el líquido de purga. f. Repetir los literales c y d. Una vez llena la sonda disponer el líquido en un recipiente apropiado para su almacenamiento. Este tipo de muestreo permite tomar muestras tubulares multinivel. g. A la sonda también puede adaptársele un dispositivo de presión negativa, como una jeringa, que por succión retire	
--	--	--

	una cantidad definida del líquido a muestrear.	
Muestreo en Superficies sólidas no porosas	A menudo es necesario tomar muestras de superficies sólidas en equipos, maquinaria o en el ambiente en donde se han producido derrames de PCB, o se sospecha que hay presencia de ellos. Cuando se descontaminan de PCB las superficies internas de los transformadores u otros equipos, es necesario analizar estas superficies con el fin de verificar que la tarea de descontaminación ha sido exitosa. Las superficies sólidas se clasifican dentro de dos categorías: permeables e impermeables. Ejemplo de superficies permeables son aquellas en que los PCB líquidos migran hacia el interior de la superficie e incluyen pavimento asfáltico, madera sin pintura, concreto sin pintura, entre otros. a. Preparar plantillas de tal manera que los bordes interiores representen y delimiten una superficie mínima de 100 cm² (10.0 x 10.0 cm). La plantilla puede ser de cualquier forma, apropiada para la superficie a ser probada (cuadrada o rectangular, usualmente). Generalmente, las plantillas se hacen con lámina de aluminio u otro material no poroso. b. Tomar una almohadilla de algodón y/o gasa estéril del recipiente usando una pinza	

	metálica, e impregnarla de manera uniforme con hexano por una de las caras usando una pipeta Pasteur. El algodón y/o gasa no debe quedar goteando hexano. c. Sobre la superficie sólida a determinar contaminación con PCB coloque la plantilla de 100 cm², luego tome almohadilla de algodón y/o gasa con unas pinzas y frote la superficie en zig zag de modo tal que se realice la extracción en toda el área delimitada, asegúrese que la superficie sólida quede completamente limpia, si es necesario utilice más de una almohadilla de algodón y/o gasa. d. Ubicar la o las almohadillas de algodón y/o gasa dentro de un recipiente de vidrio de 50 ml con tapa de PTFE. e. Realizar la extracción de los PCB de acuerdo con el método EPA 3550 – Extracción con ultrasonido o EPA 3540 – Extracción Soxhlet. El extracto obtenido se debe analizar mediante norma ASTM D4059, EPA 8082 o cualquier otro método de referencia normalizado.	
Consideraciones para el almacenamiento y transporte de muestras	Una vez realizada la toma de la muestra, ésta deberá ser rotulada, embalada y transportada hasta el lugar donde se realizará el análisis. Se debe procurar que cada muestra conserve todas sus características	Organismo de evaluación de la conformidad.

	iniciales; se debe evitar cualquier interacción de la muestra con el ambiente, ya que en este caso la contaminación se da en ambas direcciones, es decir, la muestra con posible presencia de PCB puede contaminar el entorno y otras sustancias pueden ingresar y alterar la muestra.	
Rotulado	El correcto diligenciamiento de las etiquetas, rótulos y registros de toma de muestra permiten la identificación y trazabilidad de la misma al equipo contenedor o superficie de la que fue tomada. En la etiqueta deberán encontrarse como mínimo los siguientes datos: • Codificación única para cada muestra. • Fecha de toma de muestra. • Código de identificación del equipo o elemento del que fue tomada la muestra. • Responsable del muestreo. • Otros que la entidad considere pertinentes.	
Gestión de residuos generados en la actividad de toma de muestra	Los residuos se deben almacenar hasta que se obtenga la determinación del contenido de PCB por parte del laboratorio, con lo cual se pueden separar aquellos que se pueden tratar como libres de aquellos con PCB, ya que su manejo difiere tanto en tecnología como en costos. Todos los residuos generados en esta actividad se deben clasificar como peligrosos y adicionalmente como medida	Organismo de evaluación de la conformidad.

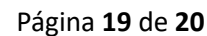


Servicios - Acreditación de Laboratorios
Muestreo de Aceites Dieléctricos para Análisis de Bifenilos
Policlorados (PCB)

Código: SAL-P009
Versión:04
Fecha: 18/12/2025

	preventiva, como contaminados con PCB y por lo tanto manejar como tal, hasta tanto se determine la presencia o no de PCB en los mismos. Generalmente los residuos líquidos con contenido de PCB se almacenan en recipientes metálicos o de plástico rígido al igual que los sólidos y se debe garantizar su total hermeticidad. Por tal motivo, las características específicas de cada uno de los residuos resultantes de la aplicación de los procedimientos asociados a la toma de muestras se deben contemplar en el componente de manejo interno del plan.	
--	--	--

9. Diagrama de Flujo



	Servicios - Acreditación de Laboratorios Muestreo de Aceites Dieléctricos para Análisis de Bifenilos Policlorados (PCB)	Código: SAL-P009 Versión:04 Fecha: 18/12/2025
--	--	--

12. Control de cambios

Versión	Fecha	Descripción
1	14/12/2021	Creación del documento con base a la nueva estructura del SGI.
2	28/07/2022	Cambio de código por reasignación del Grupo de Acreditación al proceso de Servicios
3	06/07/2025	Se actualiza el Formato de acuerdo con el memorando enviado por la OAP memorando 20251100097283 lineamientos para la actualización documental en el marco de la implementación del aplicativo suite visión. El código pasa de M-S-A-P009 a SAL-P009.
4	18/12/2025	Se actualiza el formato de acuerdo con la nueva Plantilla emitida por la Oficina Asesora de Planeación (OAP). Se revisa y se precisa la descripción de las actividades del procedimiento