



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO- MECÁNICA

TEMA:

"Análisis del impacto ambiental causado por los bifenilos policlorados (PCB's) en aceites de transformadores. Metodología para pruebas en transformadores de potencia bajo norma ASTM D 4059-00"

AUTOR:

Loor Espinoza, Johanna Cristina

Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de  
**INGENIERO EN ELÉCTRICO-MECÁNICA.**

TUTOR:

Ingeniero. Vallejo Samaniego, Luis Vicente, M.Sc.

**Guayaquil, Ecuador**

**8 de marzo del 2018**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACION TECNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERIA ELÉCTRICO MECÁNICA**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **LOOR ESPINOZA JOHANNA CRISTINA**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniería en Eléctrico - Mecánica**.

TUTOR

f. \_\_\_\_\_  
ING. VALLEJO SAMANIEGO, LUIS VICENTE, M.Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. \_\_\_\_\_  
ING. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO, M.Sc.

**Guayaquil, a los 8 días del mes de marzo del año 2018**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACION TECNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERIA ELÉCTRICO MECÁNICA**

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **JOHANNA CRISTINA LOOR ESPINOZA**

### **DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, "**Análisis del impacto ambiental causado por los bifenilos policlorados (PCB'S) en aceites de transformadores. Metodología para pruebas en transformadores de potencia bajo norma ASTM D 4059-00**"previo a la obtención del Título de **Ingeniería en Eléctrico - Mecánica**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, 8 de marzo de 2018**

**EL AUTOR**

f. \_\_\_\_\_

**LOOR ESPINOZA, JOHANNA CRISTINA**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACION TECNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERIA ELÉCTRICO MECÁNICA**

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, **JOHANNA CRISTINA LOOR ESPINOZA**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, "**Análisis del impacto ambiental causado por los bifenilos policlorados (PCB'S) en aceites de transformadores. Metodología para pruebas en transformadores de potencia bajo norma ASTM D 4059-00**", cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, 8 de marzo de 2018**

**EL AUTOR**

f. \_\_\_\_\_  
**LOOR ESPINOZA, JOHANNA CRISTINA**

# REPORTE URKUND

## Datos

**Documento:** Trabajo de Titulación  
**Título del Trabajo:** “ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO POR LOS BIFENILOS POLICLORADOS (PCB’s) EN ACEITES DE TRANSFORMADORES. METODOLOGÍA PARA PRUEBAS EN TRANSFORMADORES DE PORTENCIA BAJO NORMA ASTTM 4059-00”  
**Carrera:** Ingeniería en Eléctrico Mecánica  
**Estudiante:** JOHANNA CRISTINA LOOR ESPINOZA  
**Semestre:** B-2017  
**Fecha:** FEB/2018

## Reporte final URKUND

The screenshot displays the URKUND web application interface. The top navigation bar includes the URKUND logo and the user name 'Luis Vallejo Samaniego (luis.vallejo)'. The main content area is divided into two columns. The left column shows document metadata: 'Documento: TRABAJO DE TITULACION JOHANNA LOOR.pdf (D35919452)', 'Presentado: 2018-02-21 22:43 (-05:00)', 'Presentado por: johanyc\_96@hotmail.es', 'Recibido: luis.vallejo.ucsg@analysis.urkund.com', and 'Mensaje: 1% de estas 22 páginas, se componen de texto presente en 3 fuentes.' The right column, titled 'Lista de fuentes Bloques', contains a table with columns 'Categoria' and 'Enlace/nombre de archivo'. The table lists three sources: 'TESIS FINAL 2016 FRANKLIN.docx', 'TRABAJO DE TITULACION ESPECIAL-IngCly\_Marco\_Morales\_URKUND.docx', and 'Tesis Carlos Orriola Magallanes.docx'. Below the table are sections for 'Fuentes alternativas' and 'Fuentes no usadas'. The bottom of the screenshot shows a preview of the document content, including a progress bar at 90% and a list of legal references such as 'Ley de Régimen de Sector Eléctrico, R.O. 543 de octubre 10 de 1996' and 'Reglamento general de la ley del Sector Eléctrico, R.O. 5-182 de octubre 28 de 1997'.

**Conclusión:** La revisión de coincidencias del resultado de la revisión, considera la desactivación de la información de texto de los formatos de presentación de trabajos de titulación en la UCSG. Se adjunta documento de Reporte URKUND de la Revisión Final en medio digital. Porcentaje de coincidencia final del 1%.

**Ing. Luis Vallejo Samaniego, M.Sc.**  
**DOCENTE-TUTOR**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme inteligencia y por la protección brindada en todos mis años de estudio.

A mis padres, Jorge e Irma; quienes con su esfuerzo y sacrificio han logrado sacar adelante a nuestra familia y me han enseñado el valor de la responsabilidad y trabajo arduo, impulsándome a ser mejor cada día.

A mis abuelos, tíos y primos por el amor y la confianza.

Johanna.

## **DEDICATORIA**

A mis padres... Los ángeles que Dios envió para guiar mi camino

Johanna.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA:**

Ingeniería en Eléctrico-Mecánica

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

**f. \_\_\_\_\_**

**ING. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS, M.Sc.**

**DECANO DE LA FACULTAD**

**f. \_\_\_\_\_**

**ING. PHILCO ASQUI, LUIS ORLANDO, M.Sc.**

**COORDINADOR DEL ÁREA**

**f. \_\_\_\_\_**

**ING. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO M.Sc.**

**OPONENTE**



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
CAPÍTULO 1 .....	2
INTRODUCCIÓN .....	2
1.1 Justificación .....	2
1.2 Planteamiento del problema .....	2
1.3 Objetivos .....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos .....	3
1.4 Tipo de investigación .....	3
1.5 Metodología .....	3
PARTE I MARCO TEÓRICO.....	5
CAPÍTULO 2.....	5
GENERALIDADES DE LOS TRANSFORMADORES.....	5
2.1 Definición de un transformador .....	5
2.2 Tipos de transformador .....	5
2.2.1 Transformadores de potencia .....	5
2.2.2 Transformadores de distribución.....	6
2.2.2.1 Transformador trifásico de distribución .....	6
2.2.2.2 Transformadores secos encapsulados en resina Epoxi.....	8

2.2.2.3 Transformadores herméticos de llenado integral .....	8
2.2.2.4 Transformadores de distribución monofásicos.....	9
2.3 Partes de un transformador .....	10
2.4 Principio de funcionamiento de un transformador.....	13
2.5 Sistema de aislamiento del transformador .....	13
CAPÍTULO 3.....	15
ACEITES DE TRANSFORMADORES.....	15
3.1 Definición del aceite aislante.....	15
3.2 Función del aceite aislante.....	15
3.3 Tipos de aceite aislante .....	16
3.3.1 Aceites minerales.....	16
3.3.2 Aceites vegetales.....	16
3.4 Composición química del aceite aislante .....	17
3.5 Propiedades físicas y eléctricas.....	18
3.5.1 Propiedades físicas.....	18
3.5.2 Propiedades eléctricas.....	19
3.6 Degradación de los aceites.....	19
CAPÍTULO 4.....	21
BIFENILOS POLICLORADOS (PCB's).....	21
4.1 Definición .....	21
4.2 Orígenes de los PCB's.....	21
4.3 Función de los PCB's en el aceite aislante .....	24
4.4 Clasificación de PCB's por concentraciones límites.....	24

4.5	Daños causados por PCB's en el ecosistema y la salud humana .....	25
CAPÍTULO 5.....		30
NORMATIVA AMBIENTAL DEL ECUADOR .....		30
5.1	Marco Legal establecido .....	30
5.2	Convenios Internacionales para la eliminación de PCB's .....	31
5.2.1	Convenio de Estocolmo .....	31
5.2.2	Convenio de Basilea .....	33
5.2.3	Convenio de Róterdam.....	34
5.3	Acuerdo ministerial N° 146.....	35
CAPÍTULO 6.....		36
TRANSFORMADORES CONTAMINADOS EN EL ECUADOR.....		36
6.1	Empresas eléctricas del Ecuador.....	36
6.2	Inventario de transformadores .....	36
6.3	Normativa del Ministerio del Ambiente.....	39
PARTE II APORTACIONES.....		40
CAPÍTULO 7.....		40
PRUEBAS DE DETECCIÓN DE PCB's.....		40
7.1	Pruebas de detección colorimétricas. ....	40
7.2	Norma ASTM D 4059.....	41
7.3	Análisis por cromatografía de gases.....	41
7.4	Etiquetado de equipo identificado como contaminado.....	42
CAPÍTULO 8.....		45
METODOLOGÍA DE PRUEBAS PARA PCB's.....		45

8.1	Toma de muestras. ....	45
8.2	Manejo del kit de prueba rápida CLOR-N-OIL-50. ....	46
8.3	Determinación del nivel de concentración de los PCB`s.....	55
8.4	Pasos para realizar la eliminación del aceite contaminado.....	56
CAPÍTULO 9.....		57
PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL DE PCB's .....		57
9.1	Medidas de seguridad.....	57
9.2	Retiro del equipo contaminado .....	58
9.3	Prevención y control de derrames.....	59
9.4	Almacenamiento de PCB's .....	60
CAPÍTULO 10.....		61
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		61
10.1	Conclusiones .....	61
10.2	Recomendaciones .....	62
ANEXOS.....		63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		90
GLOSARIO .....		96

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Uso de los aceites.....	16
Tabla 3.2 Comparación de las propiedades físicas entre aceite mineral y aceite vegetal.....	19
Tabla 4.1. Consecuencias de los PCB's en el organismo.....	29
Tabla 6.1 Inventarios de varios países Latinoamericanos .....	37
Tabla 6.2 Inventario de transformadores de las Unidades de Negocio.....	38
Tabla 7.1 Análisis comparativo de los métodos y su alcance. ....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Transformador .....	5
Figura. 2.2 Transformador de potencia .....	6
Figura. 2.3 Transformador trifásico de distribución .....	7
Figura. 2.4 Estructura de un transformador trifásico de distribución .....	7
Figura. 2.5 Transformadores secos encapsulados en resina Epoxi.....	8
Figura. 2.6 Transformadores herméticos de llenado integral .....	9
Figura. 2.7 Transformadores de distribución monofásicos .....	10
Figura. 2.8 Transformadores de distribución monofásicos con dos bushing	10
Figura. 2.9 Partes internas del transformador.....	11
Figura. 2.10 Tipos de bushing.....	12
Figura. 2.11 Tipos de tanques .....	12
Figura. 2.12 Esquema básico de un transformador ideal.....	13
Figura. 2.13 Sistema de aislamiento del transformador.....	14
Figura. 3.1 Estructura molecular de los aceites .....	17
Figura. 4.1 Producción mundial de PCBS.....	22
Figura. 4.2 Fecha máxima de fabricación de los PCB's en el mundo .....	22
Figura. 4.3 Transformadores sometidos a prueba dependiendo de su año de fabricación.....	23
Figura. 4.4 Proceso de Bioacumulación en los ríos .....	26
Figura. 4.5 Aumento en la concentración de PCB's.....	27
Figura. 4.6 Contaminación del ser humano con PCB's.....	28

Figura. 6.1 Análisis del inventario de PCB's en transformadores .....	39
Figura.7.1 Reacción del PCB'S con sodio – naftaleno.....	40
Figura. 7.2 Esquema general de un cromatógrafo de gases .....	42
Figura. 7.3 Etiquetas utilizadas en los equipos eléctricos.....	43
Figura. 8.1 Extracción de aceite de un transformador. ....	45
Figura. 8.2 Muestra de aceite extraída .....	46
Figura. 8.3 Tubo de ensayo y ampollas para reacción exotérmica. ....	46
Figura. 8.4 Tubo de ensayo con cloro y ampollas para reacción colorimétrica. .....	47
Figura. 8.5 Pipeta plástica .....	47
Fig. 8.6 Ampolla para la eliminación de mercurio. ....	48
Figura. 8.7 Muestra de aceite colocada en el tubo dispensador.....	48
Figura. 8.8 Ruptura de la ampolla incolora del tubo.....	49
Figura. 8.9 Ruptura de la ampolla azul del tubo .....	49
Figura. 8.10 Introducir la solución de cloro con la muestra de aceite. ....	50
Figura. 8.11 Mezcla de aceite con la solución de cloro.....	50
Figura. 8.12 Aceite por encima de la solución de cloro.....	51
Figura. 8.13 Vaciado de la solución transparente .....	51
Figura. 8.14 Ruptura de la ampolla transparente del tubo .....	52
Figura. 8.15 Ruptura de la ampolla amarilla del tubo.....	52
Figura. 8.16 Observación del color inmediata.....	53
Figura. 8.17 Tabla de colores proporcionada por el kit. ....	53

Figura. 8.18 Comparación con la tabla de colores.....	54
Figura. 8.19 Inserción de la ampolla de eliminación. ....	54
Figura. 9.1 Equipo de protección personal para liniero.....	57
Figura. 9.2 Equipo de protección personal para técnico. ....	58



## RESUMEN

Este proyecto se basa en el análisis y confiabilidad que brinda la metodología de las pruebas en aceite de transformador con posible contenido de PCB's realizadas con el Kit colorimétrico CLOR-N-OIL 50, además de las diferentes leyes y normativas establecidas por el MAE y el MEER y en organismos internacionales para la correcta manipulación de las sustancias tóxicas con el fin de preservar la salud de los ciudadanos y la protección del entorno en el que vivimos. Este trabajo cuenta de dos partes, la parte teórica y la parte de análisis de acuerdo a las normativas establecidas. La primera parte consiste en las generalidades y definiciones que permitirán un mayor entendimiento de los peligros que ocasionan estas sustancias a la salud y al ambiente y la forma adecuada de eliminación, la parte de aportaciones se basa en el análisis de normas que impactan positivamente en el manejo adecuado de los PCB's, así como la descripción de la metodología de las pruebas mediante experiencias en los lugares donde se encuentra un gran índice de transformadores.

**Palabras Claves:** Aceite aislante, PCB, Kit colorimétrico, cromatografía de gases, metodología de pruebas.

## ABSTRACT

This project is based on the analysis and reliability provided by the testing methodology in the transformation oil with potential PCB content with the Colorimetric Kit CLOR-N-OIL 50, in addition to the different laws and regulations established by the MAE and MEER and international organizations for the handling of toxic substances in order to preserve the health of citizens and the protection of the environment in which we live. This work counts of the parts, the theoretical part and the part of the analysis according to the established norms. The first part consists of the general definitions and definitions that allow the tests to be carried out positively in the analysis of the characteristics that positively impact on the proper handling of the PCBs, as well as the description of the methodology of the tests by experiences in the places where there is a large index of transformers.

**Key words:** Insulating oil, PCB, Colorimetric kit, gas chromatography, Test methodology.

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Justificación**

Se conoce que los PCB's son compuestos sintéticos orgánicos que tienen características ideales para trabajar a altas temperaturas, pero son peligrosos para la salud y el ambiente debido a su alto grado de corrosión y toxicidad. Ecuador es participante del Convenio de Estocolmo, en el cual se establece que los equipos con PCB's deberán ser eliminados hasta el año 2020, por tanto, el Gobierno deberá inspeccionar a las empresas publicas que tienen a su cargo transformadores con contenido de PCB's para verificar que sigan la normativa establecida.

Este trabajo de titulación contribuirá al conocimiento, aprendiendo de una forma profunda cuales son las pruebas de análisis de PCB's en los transformadores bajo la Norma ASTM D 4059-00 para su respectiva evaluación e identificación y de ser necesario su eliminación tomando medidas de seguridad que guarden la salud de quienes se encargan de eliminarlos y para que no sucedan incidentes ambientales.

### **1.2 Planteamiento del problema**

A fin de disminuir el impacto ambiental, desde hace ya varios años se realizan Conferencias Internacionales con representantes de todos los países con el objetivo de instaurar responsabilidades que deben ser tomadas para lograr un desarrollo amigable con el ambiente.

El Convenio de Estocolmo busca obtener progresos en la calidad ambiental de los países mediante el Plan para el Manejo de Compuestos Orgánicos Persistentes, en estos se incluyen los Bifenilos Policlorados PCB's ya que a pesar de tener grandes características que benefician a los

líquidos aislantes son perjudiciales para el ambiente y los seres humanos. Es por ello que mediante la realización de pruebas se debe diagnosticar cuales son los equipos eléctricos, en este caso transformadores que tienen en su aislante una composición que incluye PCB's, de allí el motivo de plasmar esta investigación.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Analizar el impacto ambiental provocado por los PCB's en los transformadores.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Analizar las técnicas de diagnóstico en los aceites de los transformadores.
- Determinar la metodología a seguir en las pruebas para detección de PCB's.
- Establecer el grado del impacto ambiental ocasionado por los PCB's.

### **1.4 Tipo de investigación**

El presente trabajo de Titulación se fundamenta en el tipo teórico con una orientación documental, además de ser descriptiva y explicativa ya que tiene como finalidad afianzar conocimientos del tema de investigación o ser un introductorio al tema.

### **1.5 Metodología**

La metodología de investigación de este trabajo de titulación se basa en el compendio de distintas fuentes de información para su posterior

comparación y análisis de los fundamentos teóricos afines con la problemática estudiada y alcanzar el objetivo de la investigación.

## PARTE I MARCO TEÓRICO

### CAPÍTULO 2

#### GENERALIDADES DE LOS TRANSFORMADORES

##### 2.1 Definición de un transformador

El transformador es una máquina estática, que convierte la corriente alterna de gran intensidad y baja tensión a una corriente de alta tensión y mínima intensidad; y viceversa. Por ende, se los utiliza en circuitos de corriente alterna para aumentar o reducir la tensión sin presentar cambios en la potencia. (Definicion.de, 2012)



Figura 2.1 Transformador  
Fuente: (Zúñiga, 2012)

En la Figura 2.1 se puede apreciar un transformador de potencia, el cual se utiliza cuando se requiere aumentar o reducir tensiones muy altas, un ejemplo claro de su utilización es en las subestaciones eléctricas.

##### 2.2 Tipos de transformador

###### 2.2.1 Transformadores de potencia

Este tipo de transformador es utilizado en subestaciones eléctricas ya sea reductoras o elevadoras y en centrales de generación de energía

eléctrica gracias a su funcionamiento en alta y media tensión, ya que su construcción está normalizada a potencias desde 1.25 hasta 20 MVA, tensiones de 13.2, 33, 66 y 132 KV, además de una frecuencia de 60 Hz. (Concha, 2011)



Figura. 2.2 Transformador de potencia  
Fuente: (TTESA, 2014)

En la Figura. 2.2 se observa un transformador de potencia reductor, que permite disminuir los niveles de voltaje que involucra la transmisión de energía y llegar a niveles que logren la correcta distribución.

## **2.2.2 Transformadores de distribución**

Se conoce como transformadores de distribución a que aquellos que tienen potencias iguales o inferiores a 500Kva con tensiones iguales o inferiores a 67000 V, estos pueden ser tanto monofásicos como trifásicos, pero la mayoría de estos equipos están destinados a montaje en postes. (Concha, 2011)

### **2.2.2.1 Transformador trifásico de distribución**

En la Figura. 2.3 se aprecia este tipo de transformador es utilizado en la distribución del suministro eléctrico en media tensión, por lo cual puede ser colocado a la intemperie o en interior; entre los lugares en los que se utiliza se tiene: zonas urbanas, industrial, en minerías, explotaciones

petroleras y cualquier actividad que demande gran utilización del suministro eléctrico. Este tipo de transformador va de potencias de 25 a 1000 Kva con tensiones primarias de 13.2, 15, 25, 33 y 35 Kv, además de frecuencias de 60 Hz. En estos transformadores para realizar la variación tensión se lo hace mediante el conmutador exterior de accionamiento sin carga. (Concha, 2011)



Figura. 2.3 Transformador trifásico de distribución  
Fuente: (INATRA, 2015)

En la Figura. 2.4 se observan las diferentes partes que componen este tipo de transformador de distribución con la respectiva numeración para poder diferenciarlas y cantidad de cada parte que involucra su estructura.

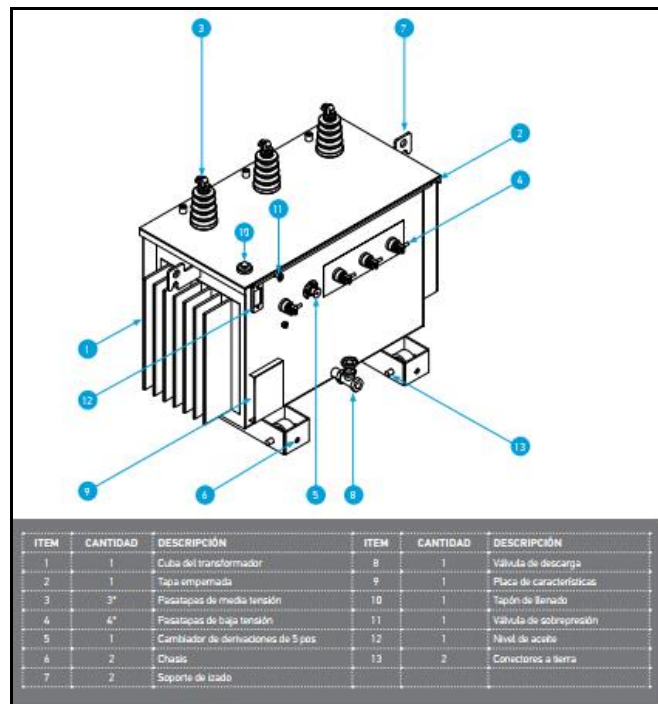


Figura. 2.4 Estructura de un transformador trifásico de distribución  
Fuente: (Ecuatran, 2014)



### 2.2.2.2 Transformadores secos encapsulados en resina Epoxi

En la Figura. 2.5 se observa un transformador seco, el cual es utilizado en espacios interiores reducidos donde por seguridad en caso de incendio no es posible la utilización de transformadores en aceite. Son transformadores de distribución eléctrica en media tensión, pueden ser utilizados en grandes edificios, hospitales, industrias, centros comerciales y actividades de minería. Estos transformadores son refrigerados en aire, presentan una aislación tipo F y la resina Epoxi siendo la protección de los arrollamientos, esto permite que luego de la instalación no sean necesario mantenimientos; las potencias van desde los 100 hasta 2500 Kva, tensiones primarias de 13.2, 15, 25, 33 y 35 Kv y frecuencias de 50 y 60 Hz. (Concha, 2011)



Figura. 2.5 Transformadores secos encapsulados en resina Epoxi  
Fuente: (Concha, 2011)

### 2.2.2.3 Transformadores herméticos de llenado integral

Son transformadores de distribución en media tensión, tienen su aplicación en zonas urbanas, industrias, centros comerciales, actividades de minería y petroleras. En la Figura. 2.6 se aprecia este tipo de transformador el cual se asemeja a un transformador de distribución trifásico pero que se caracteriza por la ausencia de tanque de expansión de aceite, por lo cual no necesita mantenimiento; se fabrican en potencias desde 100 hasta 1000

Kva, tensiones primarias de 13.2 hasta 35 Kv y frecuencias de 50 y 60 Hz.  
(Concha, 2011)

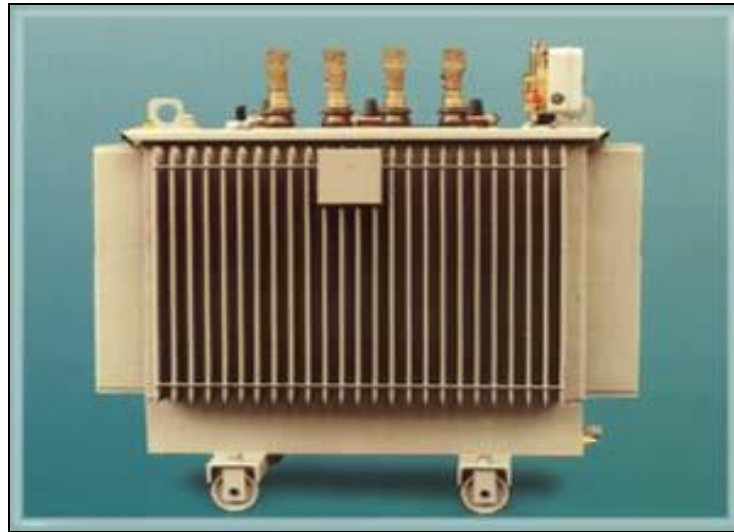


Figura. 2.6 Transformadores herméticos de llenado integral  
Fuente: (Concha, 2011)

#### **2.2.2.4 Transformadores de distribución monofásicos**

Este tipo de transformadores posee una o dos líneas de media tensión según la conexión requerida, son fabricados para el montaje en postes; sus potencias van desde 3 Kva hasta 333 Kva y se dispone de dos tipos:

- Autos protegidos: Además de las piezas usuales para su correcto funcionamiento, poseen elementos que los protegen de los cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones tal como se visualiza en la Fig. 2.7. Cuentan con pararrayo, fusible de distribución, interruptor tecno magnético y luz piloto. (Ecuatran, 2014)
- Convencionales: A diferencia de los auto protegidos, este tipo de transformador solo cuenta con las piezas normales para su funcionamiento, en la Fig. 2.8 se logra observar la ubicación de las piezas que lo componen. (Ecuatran, 2014)

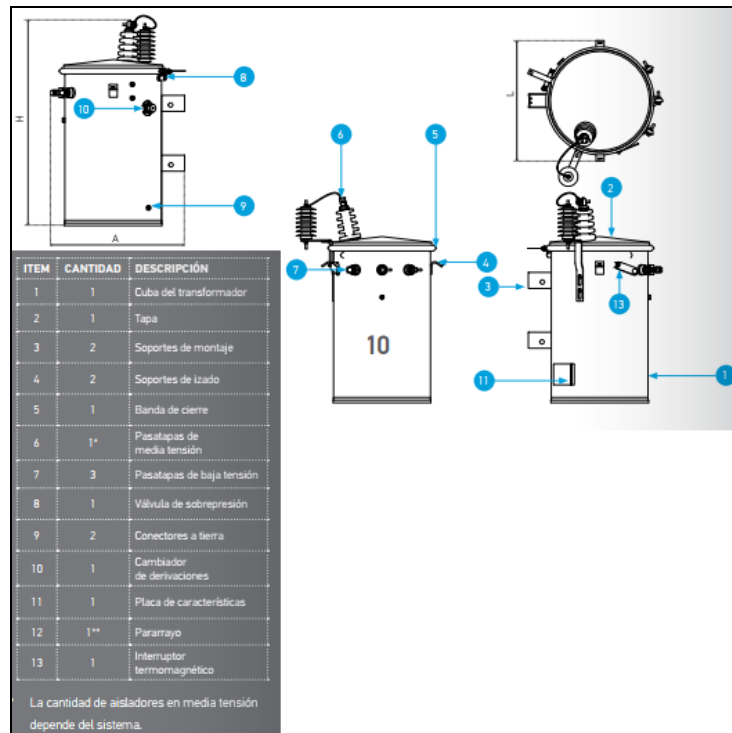


Figura. 2.7 Transformadores de distribución monofásicos  
Fuente: (Ecuatran, 2014)

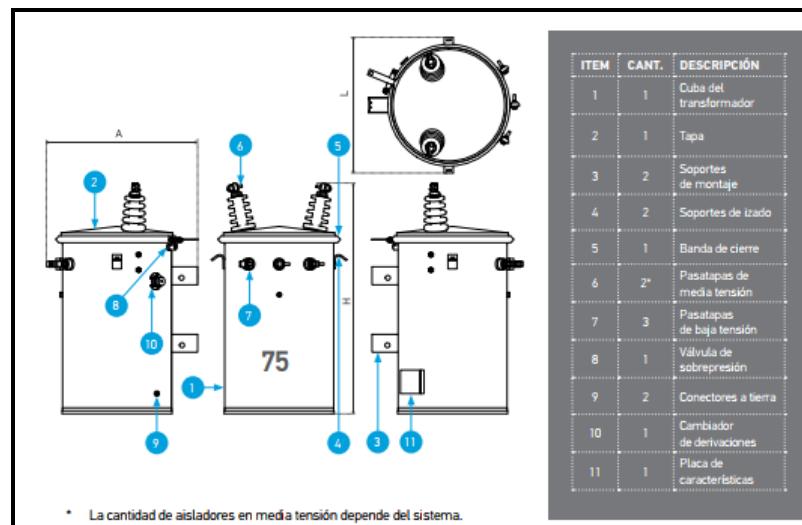


Figura. 2.8 Transformadores de distribución monofásicos con dos bushing  
Fuente: (Ecuatran, 2014)

### 2.3 Partes de un transformador

- Núcleo magnético o armazón: El transformador está formado por un núcleo magnético que forma un circuito cerrado, teniendo los devanados dispuestos en las columnas. (Moreno, 2015)

El tipo de núcleo que tenga el transformador para definir las características de este; el núcleo puede ser tipo columna o tipo acorazado, los cuales tiene su diferencia en que el núcleo tipo columna no es macizo, en su lugar esta reforzado con chapas superpuestas y eléctricamente aisladas, las cuales se construyen cortadas para poder colocarlas alrededor del núcleo; mientras que el núcleo tipo acorazado reduce la dispersión que pueda presentarse gracias a su construcción en partes, unos en forma de E y otros I, siendo colocados de manera alternada para evitar que coincidan. (Moreno, 2015)

- Devanado primario: Se encuentra conectado a la fuente de energía o línea de suministro y es el encargado del transporte de la corriente alterna a utilizarse. A pesar de ser el devanado principal puede ser un devanado de alto o bajo voltaje, esto lo determina la aplicación que tendrá el transformador. (EspacioMarketing.com, 2012)
- Devanado secundario: Es el encargado de proveer de energía a la carga, además es en el donde se produce la fuerza electromotriz también conocida como f.e.m debido al magnetismo existente en el núcleo. Dependiendo de la aplicación para la cual será utilizado el transformador, este devanado puede ser de alto o bajo voltaje. (EspacioMarketing.com, 2012)

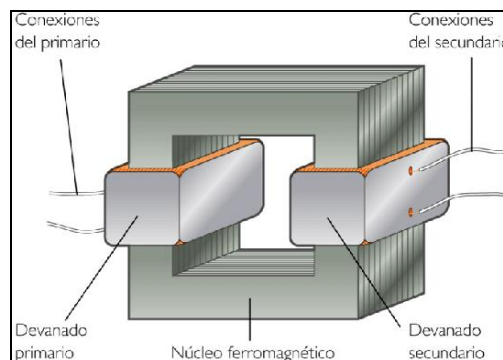


Figura. 2.9 Partes internas del transformador  
Fuente: (Velez, 2011)

En la Fig. 2.9 se observan las partes internas por las cuales está conformado el transformador, en esta estructura es donde se origina el flujo magnético que permite su funcionamiento.

- Bushing o boquillas terminales: Son utilizados para permitir el paso de un conductor de alta por una superficie aterrizada; estos componentes son capaces de tolerar las corrientes nominales y de sobrecarga de los equipos, así como asegurar el aislamiento de tensiones nominales y de sobrecarga. Estas pueden clasificarse en terminales de línea, en neutro y de terciario. (Moreno, 2015)



Figura. 2.10 Tipos de bushing  
Fuente: (Moreno, 2015)

En la Fig. 2.10 se visualizan los diferentes tipos de bushing que pueden ser utilizados en un transformador de acuerdo a la necesidad o uso que vaya a tener.

- Tanque: Estos varían de acuerdo al diseño requerido, ya que pueden ser lisos, con aletas, ondulaciones o radiadores, además del tipo de aceite y medio de refrigeración. En caso de existir sobrepresiones internas, el tanque debe poseer una válvula que permita aliviar la presión. (Moreno, 2015)



Figura. 2.11 Tipos de tanques  
Fuente: (Moreno, 2015)

En la Fig. 2.11 se puede apreciar los diferentes tipos de tanque, utilizados en su mayoría en transformadores de distribución trifásicos.

## 2.4 Principio de funcionamiento de un transformador

El principio de funcionamiento de un transformador es la inducción electromagnética, esto quiere decir que al aplicar una fuerza electromotriz también llamada fem en el devanado primario, se produce un flujo magnético en el núcleo de hierro del transformador como se observa en la Fig. 2.12. El flujo que se ha producido viaja desde el devanado primario hasta el secundario, lo cual producirá una fuerza electromagnética en el devanado secundario. (Turox Urbina, 2012)

Para que se produzca una variación del flujo, es necesario que exista corriente alterna basándose en la Ley de Lenz. Cuando la corriente es continua no se puede hacer uso del transformador.

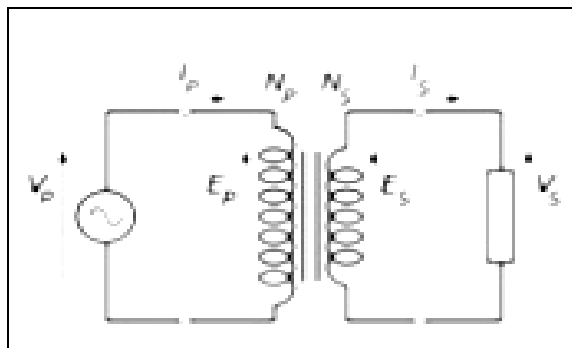


Figura. 2.12 Esquema básico de un transformador ideal  
Fuente: (Turox Urbina, 2012)

## 2.5 Sistema de aislamiento del transformador

Un sistema de aislamiento en un transformador tiene como función principal encerrar los devanados del transformador entre si y de la tierra y evitar el contacto entre las piezas conductoras de corriente correspondientes al núcleo y las estructuras de acero con las cuales se construye el transformador. (Núñez, 2011)

Un transformador en aceite posee un sistema de aislamiento conformado por el aceite, el cual puede ser mineral o vegetal y el papel; mientras que un transformador seco no necesita de ningún líquido refrigerante que lo ayude a mantenerse con la temperatura adecuada, debido a que la refrigeración se da mediante aire con aislación clase F, además de utilizar resina a modo de protección de los arrollamientos, teniendo la ventaja de no necesitar mantenimientos posteriores a la instalación. (Núñez, 2011) (Ramirez, 2010)



Figura. 2.13 Sistema de aislamiento del transformador  
Fuente: (Granero, 2015)

En la Fig. 2.13 se observan los devanados de un transformador con aislamiento de aceite y celulosa, lo cual ayuda a evitar el contacto entre las piezas del núcleo y las piezas de estructura externa.

## **CAPÍTULO 3**

### **ACEITES DE TRANSFORMADORES**

#### **3.1 Definición del aceite aislante**

Al hablar de aceite aislante se está haciendo énfasis a un aceite mineral que es altamente refinado a fin de llegar a un grado de estabilidad ideal consiguiendo propiedades de aislamiento idóneas para un transformador, de tal manera que se pueda suprimir la corona y el arco y cumpla las funciones de aislante. (Quimicamiralles, 2013)

#### **3.2 Función del aceite aislante**

El aceite aislante de un transformador cumple dos funciones importantes que a más del diseño y forma de operación del mismo aseguran su eficiencia, estas funciones son la refrigeración y el aislamiento; siendo la refrigeración la más importante ya que debe encargarse de la disipación del calor que se genera durante el trabajo realizado por los transformadores, por lo cual la viscosidad del aceite debe ser baja, tener buena fluidez y gran estabilidad a ruptura por altas temperaturas y resistencia a oxidación para que pueda circular libremente sin dejar sustancias que luego lo contaminen; es decir un aceite refinado que prevenga la formación de sedimentos. (EcuRed, 2015)

La función eléctrica primordial que cumple el aceite aislante en un transformador es la prevención de formaciones de arcos entre dos conductores que tengan una gran diferencia de potencial; para esto el aceite debe encontrarse libre de contaminantes y pueda tener esa pureza durante toda su vida útil. (Gil, 2017)

Además, el aceite debe brindar una película inerte y apolar que proteja las piezas metálicas y demás piezas sin reaccionar con todos. (BBC Lubricantes Soluciones en lubricación, 2015)



### 3.3 Tipos de aceite aislante

Los aceites aislantes o dieléctricos pueden ser minerales o sintéticos y ahora debido a la contaminación ambiental se ha comenzado a emplear aceites vegetales.

#### 3.3.1 Aceites minerales

Este tipo de aceite se obtiene a partir de derivados secundarios del petróleo como lo son los hidrocarburos isoparafínicos, nafténicos y aromáticos; mediante un proceso de destilación y refinación con la finalidad de obtener las propiedades de aislante, refrigerante; logrando que sea compatible con las partes del transformador y tenga estabilidad frente a los procesos de oxidación. (Ingeniería en Transformadores, 2012)

Este aceite tiene un volumen de venta del 90% frente a los otros aceites.

#### 3.3.2 Aceites vegetales

Este grupo de aceites está compuesto por los llamados aceites comestibles y aditivos que permitan potenciar su desempeño como antioxidantes, punto de fluidez y colorante. Su utilización se ha intensificado ya que es biodegradable, tiene resistencia de flameo y punto de ignición por encima de los 320°C, los cual es muy superior a los que ofrecen los aceites convencionales. (Ingeniería en Transformadores, 2012)

Tabla 3.1 Uso de los aceites

<b>Transformadores</b>	<b>Aceite Mineral</b>	<b>Aceite Vegetal</b>
Potencia	Ampliamente usado	Usado pero menos común
Distribución	Ampliamente usado	Ampliamente usado
Medida	Ampliamente usado	No usado con frecuencia

Fuente: (Navas, Cadavid-Ramírez, Echeverry -Ibarra, & Fernando, 2012)

En la Tabla 3.1 se muestra que tan usados son los aceites minerales o vegetales en los diferentes tipos de transformadores

### 3.4 Composición química del aceite aislante

La composición química del aceite aislante se basa principalmente en moléculas de carbono e hidrógeno formando diferentes estructuras. Como bien se sabe los aceites por su composición molecular pueden ser parafinicos, nafténicos o aromáticos; los aceites parafinicos presentan moléculas dispuestas en cadenas lineales o ramificadas, al tener una cadena lineal se identifican como parafinas las cuales al enfriarse presentan dificultad al flujo por lo cual es importante tomar las debidas precauciones en su utilización en climas fríos. (NYNAS, 2012)

Los aceites nafténicos también son llamados cicloalcanos, estos presentan moléculas dispuestas en una estructura anular con buenas características al trabajo en bajas temperaturas. (NYNAS, 2012)

El aceite con moléculas aromáticas tiene una estructura molecular muy diferente a las moléculas parafinicas y nafténicos, además de las diferencias físicas y químicas. (Comisión Federal de Electricidad, 2014)

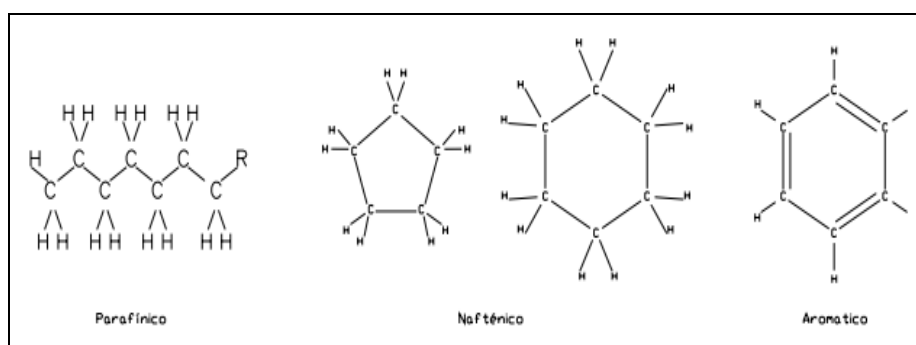


Figura. 3.1 Estructura molecular de los aceites  
Fuente: (Comisión Federal de Electricidad, 2014)

En la Fig. 3.1 se puede observar la clasificación de los aceites de acuerdo a las moléculas de carbono e hidrógeno que los componen.

## 3.5 Propiedades físicas y eléctricas

### 3.5.1 Propiedades físicas

- Viscosidad: Es la resistencia que tiene un fluido al movimiento o al deslizarse en un área sólida. El aceite aislante tiene menor eficacia en su función de refrigerante si tiene mayor viscosidad, ya que existirá mayor resistencia al movimiento dentro del transformador. Para proveer de una buena disipación del calor generado por el transformador, es importante que los aceites tengan una baja viscosidad. (Gil, 2017)
- Punto de fluidez: Es la temperatura más baja en la cual el aceite aun fluye pero empieza a perder movilidad. (Gil, 2017)
- Punto de inflamación: Se trata de la temperatura en la cual el aceite es capaz de emitir vapores inflamables que pueden generar combustión junto al oxígeno y una flama; 145°C es el punto mínimo inflamable del aceite. (Gil, 2017)
- Tensión interfacial: Es la propiedad que permite la localización de posibles sustancias contaminantes en el aceite así como sustancias que aceleren su degradación. (Gil, 2017)
- Punto de anilina: Se trata de la temperatura máxima en la cual el aceite llega a un punto en el que se disuelve en una proporción equivalente de tinte. Mediante este se puede realizar control de calidad, ya que el aceite dieléctrico que presenta mayor cantidad de aromáticos funde el tinte a temperaturas mínimas. (Gil, 2017)
- Color: El color que adquiera el aceite tiene relación directa con los tipos de hidrocarburos con los cuales sea elaborado; los aceites que tienen hidrocarburos parafínicos e isoparafínicos son blancos e incoloros; los hidrocarburos nafténicos pueden ser amarillo claro o amarillo verdoso; mientras que los hidrocarburos aromáticos pueden ser naranja o marrón oscuro. (Gil, 2017)

Tabla 3.2 Comparación de las propiedades físicas entre aceite mineral y aceite vegetal

Propiedad		Aceite mineral	Éster natural
Color		Incoloro	Amarillo, verde
Apariencia		Clara y limpia	Clara y limpia
Viscosidad	40 °C	9,2	33
	100 °C	2,3	7,9
Punto de fluidez		-50	-21
Punto de combustión (°C)		165	357
Punto de inflamación (°C)		147	328
Densidad relativa (°C)		0,87	0,92
Conductividad térmica (W/m K) 25 °C		2,4	3,3

Fuente: (Navas et al., 2012)

En la Tabla 3.2 se observa la diferencia que existe en las propiedades físicas de cada aceite, notándose que la viscosidad y conductividad térmica del aceite vegetal es mayor que en el aceite mineral; esto puede limitar el funcionamiento térmico de un transformador, ya que cuando existe menos viscosidad el aceite cumple mejor la función de refrigeración.

### 3.5.2 Propiedades eléctricas

- Factor de potencia: Es la propiedad mediante la cual se puede constatar si ocurren pérdidas de corriente en el equipo; estas pérdidas se pueden dar por elementos en el aceite o por incremento inusual de la temperatura del equipo a plena carga. (Gil, 2017)
- Rigidez dieléctrica: Mediante esta propiedad se puede conocer la capacidad de tolerar tensiones que tiene el aceite Indica la capacidad del aceite para soportar tensiones eléctricas sin falla. (Gil, 2017)

### 3.6 Degradación de los aceites

Desde la aparición de los transformadores hace más de 100 años, los aceites minerales utilizados junto al papel son la mejor combinación en cuanto al aislamiento económico y eficaz que buscan las fábricas de transformadores; el aceite mineral que se utiliza refiriéndose al servicio en términos generales puede durar por más de 15 años, menos en casos en los

que ocurren fallas antes de los 5 años de uso, esto se puede atribuir a malas tecnologías aplicadas en el proceso de refinamiento. (Servelec, 2016a)

El origen de la degradación del aceite y falla de un transformador se le atribuye a cambios térmicos, ambientales, eléctricos y mecánicos los cuales intervienen de manera concurrente en el aislamiento logrando que se produzca un efecto de correlación negativa lo cual es muy perjudicial. La temperatura juega un papel muy importante en la degradación acelerada de los sistemas de aislamiento (papel y aceite); el Dr. Bruce Pahlavanpour sostiene que: “un transformador podría soportar más de 400 años de servicio si trabajara a una temperatura inferior a  $+40^{\circ}\text{C}$ , mientras que para una temperatura de operación de  $+95^{\circ}\text{C}$  la esperanza de vida sería inferior a 20 años, y para  $+103^{\circ}\text{C}$  de operación tan sólo sería de 8 años. Obviamente, este análisis corresponde a un único parámetro o causa de falla, sin considerar el efecto simultáneo de los demás”. (Servelec, 2016a)

## CAPÍTULO 4

### BIFENILOS POLICLORADOS (PCB's)

#### 4.1 Definición

Los PCB's son compuestos químicos orgánicos presentando una fórmula resumida a  $C_{12}H_{10-n}Cl_n$  (en la cual el número de átomos de cloro se representa mediante la n) dando lugar a que sean líquidos grasos, resinosos o sólidos. Este tipo de compuesto tiene una gran estabilidad y resistencia a la degradación térmica, mecánica, química; es por ello que son clasificados como compuestos orgánicos constantes en el ambiente. (Studylib, 2011)

#### 4.2 Orígenes de los PCB's

Los orígenes de los PCB's se remontan al siglo diecinueve, siendo en el año 1927, cuando se dio su primera aplicación industrial. Al inicio fueron considerados una gran alternativa en los aceites minerales por ser definidos como no inflamables logrando que se difundiera su utilización a gran escala en nivel industrial, esto se dio por la falta de estudios y pruebas se confirmaran su fiabilidad. (RAPAL, 2011)

Luego de un incidente en los Estados Unidos en los años 70, en el cual aceites con PCB's entraron en contacto con el agua, aire y suelo, se decretó su prohibición, ya que estudios exhaustivos demostraron que los PCB's tenían gran biorresistencia lo que induce graves efectos acumulativos en los seres vivos.

A partir del año 1977 Estados Unidos cesó la fabricación de esta sustancia y desde 1983 Alemania siguió el ejemplo. Debido a su alto grado de toxicidad, los PCB's están considerados en la lista de unas de las doce sustancias químicas más peligrosas; la mayoría de las sustancias que

conforman esta lista fueron determinados durante la Convención de Estocolmo señalando su prohibición inmediata.

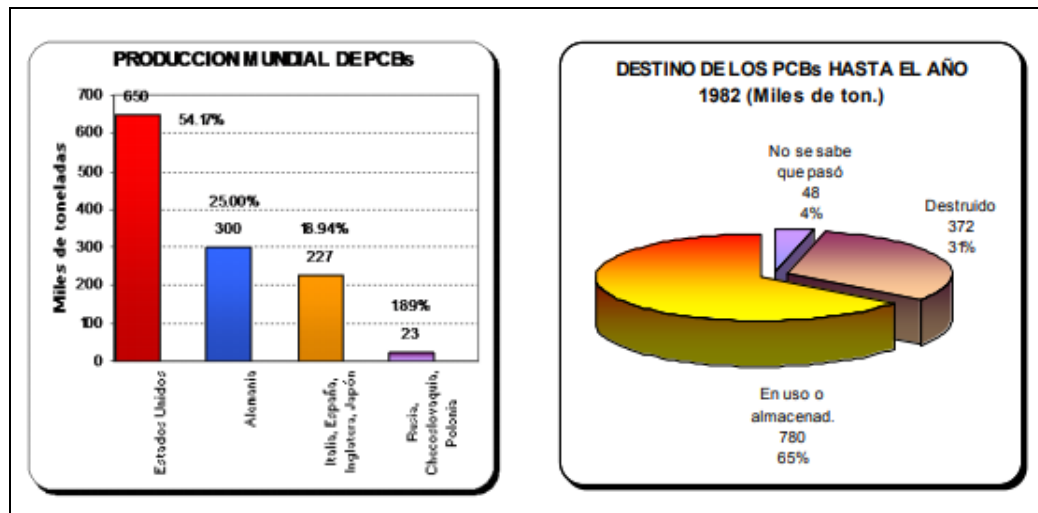


Figura. 4.1 Producción mundial de PCBs.  
Fuente: (MAE, 2011c)

En la Fig. 4.1 se observa los países con la mayor producción por toneladas de PCB's, siendo Estados Unidos el país con la mayor producción, además del destino que tuvieron las toneladas producidas de PCB's.

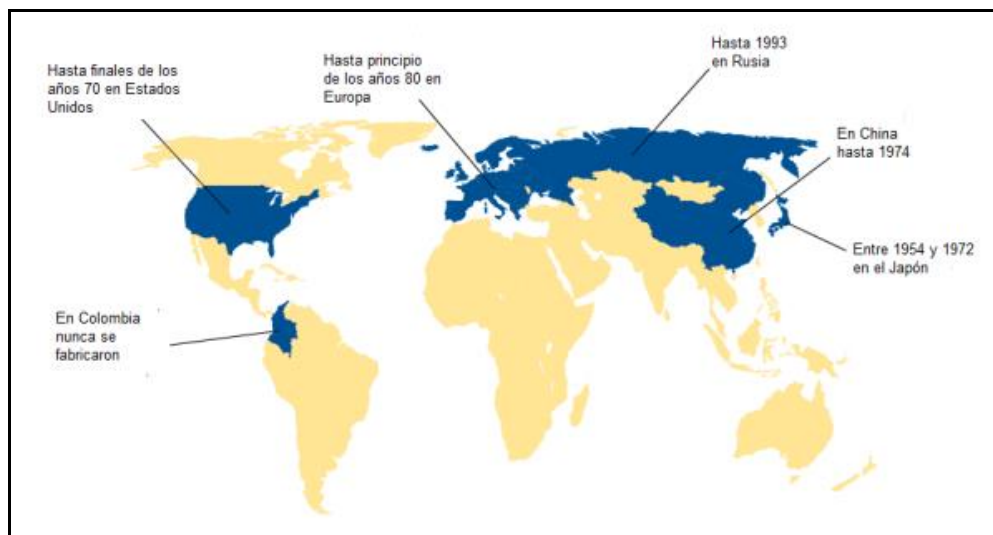


Figura. 4.2 Fecha máxima de fabricación de los PCB's en el mundo  
Fuente: (Gutiérrez & González, 2010)

En la Fig. 4.2 se muestran los países productores de PCB's y los años en los que dejaron de producirlos, siendo Rusia y algunos países de Europa los últimos en detener la producción.

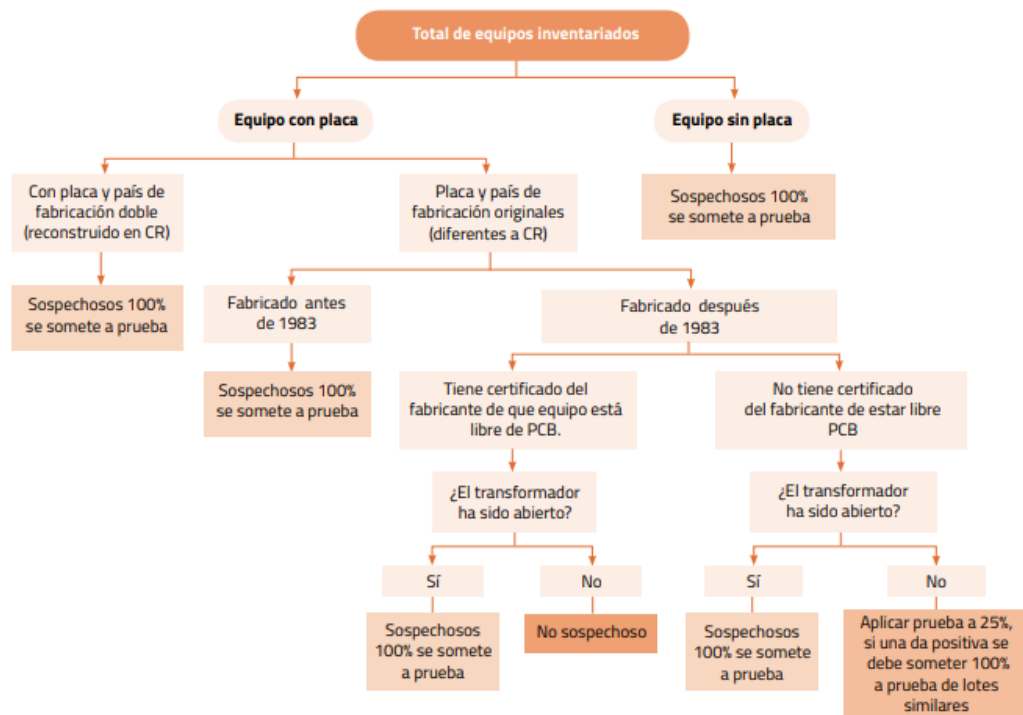


Figura. 4.3 Transformadores sometidos a prueba dependiendo de su año de fabricación Fuente: (Ortiz, 2015)

En la Fig. 4.3 Se observa un cuadro donde se describen las acciones que han sido tomadas para los equipos eléctricos que poseen placa y los que no; teniendo que los producidos antes de 1983 son 100% posibles con PCB's mientras que los que tienen una fecha de fabricación después de ese año dependerán de la certificación que emita su fabricante y si han sido abierto.

Ya que los PCB's se encuentran presentes en equipos que aún se mantienen en uso existe un Programa Ambiental establecido por la Naciones Unidas, en el cual se considera de vital importancia el control de maniobra de los equipos y proceder a reemplazarlos paulatinamente antes del año 2025.

En nuestro país se revalidó el Convenio de Estocolmo en junio 7 de 2004, con el objetivo de asegurar la protección del medio ambiente y la salud humana y lograr su eliminación hasta el año 2020, luego de que el inventario Preliminar del año 2003 mostrara la presencia de 382.452,64 galones de aceite contaminado con PCB's. (MAE, 2011a)



### **4.3 Función de los PCB's en el aceite aislante**

Los PCB's debido a su alto contenido de cloro mostraron ser compuestos eficaces al momento de realizar aceites aislantes, ya que elevaba las características anti- inflamables de los mismos, es por ello que la mayoría de los transformadores de gran potencial que se encuentran contaminados son utilizados en áreas industriales donde existe mayor riesgo de incendio. (Revista EI, 2014)

### **4.4 Clasificación de PCB's por concentraciones límites.**

La existencia de una clasificación de los PCB'S de acuerdo a su concentración limite en el aceite es de gran importancia ya que mediante esta se determinará las medidas necesarias para realizar su eliminación. Algunos de los países desarrollados han expuesto que los transformadores que contienen 50ppm de PCB's son la referencia que debe tomarse al momento de emitir reglamentaciones para estos productos; en el caso de los transformadores que han llegado a superar los 50ppm de PCB's en la composición de su aceite se tomar medidas que abarquen tratamiento, disposición final y almacenamiento, así como el mantenimiento a los equipos que se encuentran contaminados y aun operando. (Zambrano, 2015)

De acuerdo a las partes por millón encontradas en el aceite, los PCB's tienen la siguiente clasificación:

- > 500 ppm = La sustancia es considera como pura de PCB's.
- Si la sustancia presenta de 50 a 500 ppm, es considerada como contaminada con PCB's.
- Si presenta de 5 a 50 ppm, es una sustancia que posiblemente esté contaminada.
- Al tener < 5 ppm, la sustancia es considerada sin PCB's.

Gracias a esta clasificación los transformadores de aceite aislante que contengan menos de 50 ppm en muchos casos son tratados como materiales libres de PCB's, aunque a pesar de ser catalogados de esa manera no dejan de ser residuos gravemente peligrosos. (Zambrano, 2015)

Debido a que en Ecuador la normativa nacional no establece una norma para indicar las concentraciones de PCB's en los aceites aislantes, se utiliza la norma EPA de los Estados Unidos, que establece lo antes mencionado. (Orellana, 2014)

#### **4.5 Daños causados por PCB's en el ecosistema y la salud humana**

Los daños ocasionados por los PCB's tienen origen desde que inició su manufactura, uso y disposición mediante derrames accidentales al momento de transportarlos o por incendios de productos que en su composición presentaban PCB's. (ATSDR, 2013)

Cuando los PCB's se derraman en ríos o lagos se adhieren a los sedimentos, quedando enterrados durante algún tiempo para luego liberarse y contaminar a los animales que viven en los ríos y que en muchos casos son consumidos por los pobladores. (Green Facts, 2014)

En la Fig. 4.4 Se muestra el proceso de Bioacumulación de PCB's presente en los ríos, ya que fábricas cercanas los utilizan como vertederos de desechos que contienen mercurio, en donde las algas que se encargan de la oxigenación del agua lo absorben y estas a su vez son el alimento de los insectos que habitan allí, los cuales son el alimento de los peces; estos peces al contener mercurio se tornan tóxicos para quien los consuma.



Figura. 4.4 Proceso de Bioacumulación en los ríos  
Fuente: (Varela, 2013)

Gracias a las altas temperaturas que experimenta el país específicamente, los PCB's logran llegar a la atmosfera mediante la evaporación la cual es mayor en el suelo que en el agua, aunque esto varía en función al tipo de suelo, para convertirse en pequeñas partículas a manera de aerosol y disiparse en el aire. (Hutzinger & Zito, 2010) . Estudios han demostrado que en zonas rurales y remotas los niveles de PCB's en el aire son menores que en la ciudad ya que en esta se encuentra la mayor cantidad de industrias. (Green Facts, 2014)

Ya que los PCB's no son sustancias biodegradables pueden afectar a los animales tanto acuáticos como mamíferos con el tiempo situándose en su tejido adiposo provocando en muchos casos afecciones en sus órganos y en otros dependiendo del tipo de PCB los pueden alterar o convertir dentro de su cuerpo. Estas afecciones en los animales tienen repercusión en la cadena alimenticia del ser humano. (Green Facts, 2014)

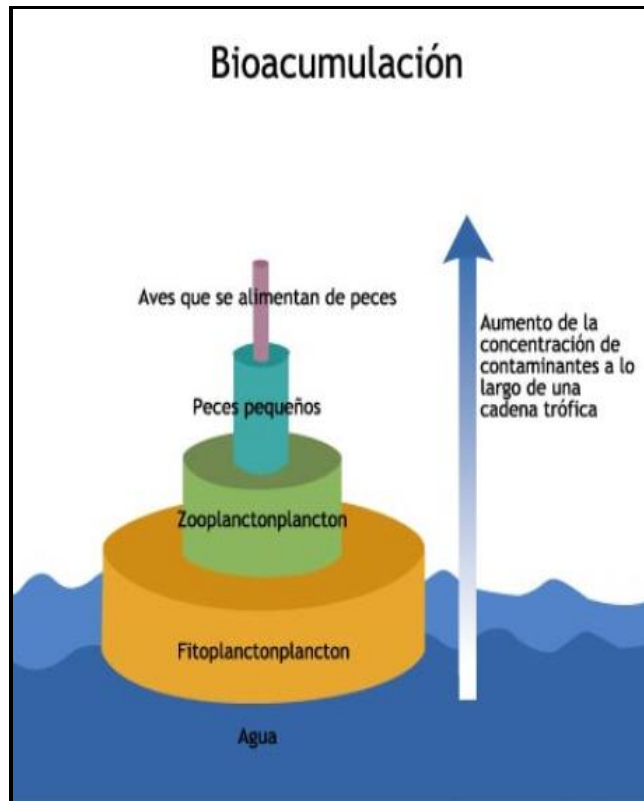


Figura. 4.5 Aumento en la concentración de PCB's  
Fuente: (Varela, 2013)

En la Fig. 4.5 se muestra el aumento progresivo de la concentración de PCB's a lo largo de la cadena trófica, ya que la contaminación por PCB's inicia en el agua y los niveles aumentan en cada animal que se contamina, aunque varios son capaces de eliminar las toxinas de su cuerpo.

Las personas se exponen a los PCB's mediante los alimentos, el aire y el agua potable, al ser absorbidos por el cuerpo los PCB's se abren paso a través de las membranas celulares para alcanzar los vasos sanguíneos y el sistema linfático logrando así una alta concentración en el hígado, tejido graso, cerebro y piel, además de encontrarse en la sangre. (Ambiente, 2010)

En la Fig. 4.6 la cual se muestra a continuación se observan las maneras en las que una persona puede estar en contacto con partículas de PCB's siendo la inhalación y la ingestión las formas más frecuentes.

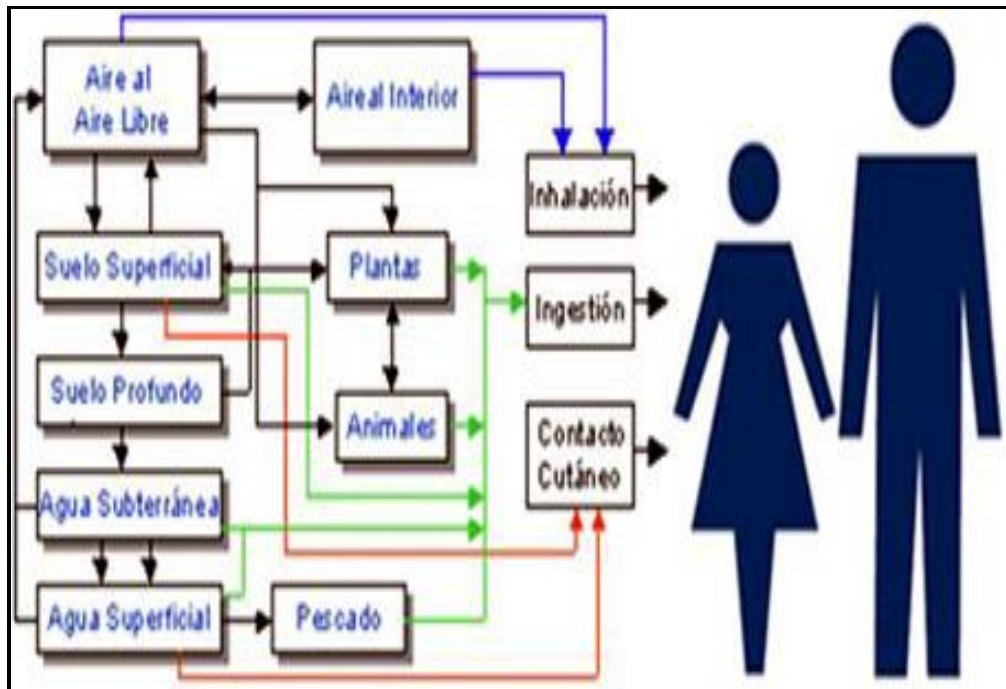


Figura. 4.6 Contaminación del ser humano con PCB's  
Fuente: (Eduerne, 2010)

Entre los peligros a la salud por PCB's se encuentran afecciones a la piel, vista y sistema respiratorio y debido al alto grado de toxicidad de estas sustancias pueden llegar a ser mortales. Se conoce que pueden llegar a causar varios tipos de cáncer como de mama, cerebro, melanomas malignos, linfomas y sarcomas; afectaciones en el sistema inmunológico, así como la disminución de hormonas sexuales, los niños que han sido expuestos a estos compuestos químicos presentan problemas en su crecimiento, hígado y piel, además de hiperpigmentación en uñas y piel. (Eduerne, 2010)

Un ejemplo claro de los daños de los PCB's en niños es el incidente ocurrido en Japón donde se contaminó aceite de arroz con PCB's, las mujeres embarazadas que lo consumieron dieron a luz niños con pigmentación oscura, bajo peso al nacer, párpados hinchados y aparición temprana de los dientes. En Taiwán y Estados Unidos mujeres que comieron pescado contaminado dieron a luz niños con mala memoria y bajo coeficiente intelectual. (Molina, 2011)

En la Tabla 4.1 mostrada a continuación se observa las consecuencias en que trae consigo la presencia de PCB's en el ambiente de acuerdo a su concentración en las personas.

Tabla 4.1. Consecuencias de los PCB's en el organismo

<b>Concentración PCB</b>	<b>Consecuencias</b>
9 ng.kg <sup>-1</sup>	Pueden dañar sistemas inmunológicos
13 ng.kg <sup>-1</sup>	Disminuyen las hormonas sexuales en los hombres
47 ng.kg <sup>-1</sup>	Se observa disminución en el crecimiento de los niños

Fuente: (Naula, 2013)

## **CAPÍTULO 5**

### **NORMATIVA AMBIENTAL DEL ECUADOR**

#### **5.1 Marco Legal establecido**

En la Carta Magna del Ecuador se han establecido disposiciones relacionadas con el tema ambiental, a fin de que en nuestro país se establezca el Derecho Constitucional Ambiental. A más de las disposiciones establecidas en la Constitución, el Ministerio del Ambiente también se ha encargado del desarrollo de diferentes leyes y ordenanzas que mantienen relación con los convenios internacionales a los cuales el país está sujeto para el cuidado y preservación del ambiente como los son el transporte, tratamiento, exportación o importación de residuos tóxicos. (Zambrano, 2015)

Dentro de las leyes y reglamentos establecidos por el país para la protección del ambiente, se encuentra la reforma a la Carta Magna de 1998 en la cual se definió como uno de los deberes fundamentales del Estado la protección del ambiente y la defensa del patrimonio nacional y cultural del país, así como la protección del derecho de la población a vivir en ambiente sano y equilibrado lo cual les asegure un desarrollo sustentable, además de las sanciones a personas ya sean naturales, jurídicas, nacionales o extranjeras que ocasionen daños en el ambiente. (Zambrano, 2015)

Con el fin de disminuir la utilización de productos químicos que resulten peligrosos para el ambiente y para las personas encargadas de su manipulación, se ha emitido un listado de los productos severamente restringidos, estos son controlados y monitoreados por el Ministerio del Ambiente. (Zambrano, 2015)

Ya que el sector eléctrico en un foco de contaminación visual y ambiental, se han establecido las siguientes ordenanzas:

- Ordenanza que regula la recaudación, transporte y disposición final de aceites usados: esta ordenanza fue anunciada el 17 de septiembre de 2003, en la cual se establecen normas para el correcto manejo de los aceites aislantes que estén libres de contaminación por PCB's. (Zambrano, 2015)
- Ley de Régimen de Sector Eléctrico, R.O. S43 de octubre 10 de 1996 y el Reglamento que sustituye el Reglamento general de la ley del Sector Eléctrico, R.O. S-182 de octubre 28 de 1997, Capítulo III: Por medio de esta ley, el CONELEC es escogido ente regulador que se encargará de decretar las normas así como el cumplimiento de las mismas y el plan ambiental que deben presentar cada uno de los proyectos de energía eléctrica que conlleven un impacto ambiental significativo. (Zambrano, 2015)
- Reglamento Ambiental para Actividades Eléctricas, R.O. No.396 de agosto 23 de 2001: Comprende la imposición de la presentación del Estudio de Impacto Ambiental y el Plan de manejo Ambiental de los proyectos eléctricos del país, así como cada uno de los criterios a tomarse en cuenta en la elaboración de un estudio ambiental. (Zambrano, 2015)

## **5.2 Convenios Internacionales para la eliminación de PCB's**

### **5.2.1 Convenio de Estocolmo**

Convenio creado como herramienta internacional legal para la regulación en el tratamiento de sustancias con alto grado de toxicidad, avalado por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Este convenio tiene como objetivo primordial la protección de la salud humana y el ambiente mediante medidas y acciones que los países miembros deberán instaurar. (Orellana, 2014)



La meta principal de este convenio es la eliminación de sustancias orgánicas contaminantes persistentes en el ambiente, como lo son:

- Plaguicidas, entre los cuales se incluye: Aldrina, dieldrina, endrina, clordano, alfa hexacloro ciclo hexano, dicloro difenil tricloro etano (DDT), heptacloro, beta hexacloro ciclo hexano, clordecona, endosulfan, mirex, toxafeno, lindano, hexacloro benceno (HCB). (Orellana, 2014)
- Sustancias industriales: Éter, hexabromo bifenilo, tetra bromo bifenil éter o penta bromo bifenil éter, fluoruro de sulfonil perfluoro octano PFOS, PCB, hexabromo bifenilo, pentacloro benceno. (Orellana, 2014)
- Subproductos no intencionales: Dibenzo para dioxinas poli cloradas, dibenzo furanos policlorados. (Orellana, 2014)

En el Convenio de Estocolmo se establece los pasos a seguir para la eliminación de los COP's:

- Asegurar que no se elaboren nuevos productos químicos que tengan propiedades contaminantes y nocivas para la salud, así como también de que no se abran nuevas instalaciones o laboratorios donde se elaboren y liberen COP's de manera no intencional. (Orellana, 2014)
- Impidiendo que se liberen COP's al ambiente, el convenio se centra en la eliminación paulatina de esto, así como las fuentes que existen. (Orellana, 2014)

Para los países participantes de este convenio, está establecido que hasta el año 2025 deben tomar medidas para la eliminación de los equipos que se encuentren instalados y contaminados; y para el año 2028 se debe realizar la destrucción y eliminación total de los PCB's. (Orellana, 2014)

Debido a la contaminación, el 23 de mayo de 2001 el convenio fue adoptado de manera oficial en Estocolmo, Suecia. De los 151 países firmantes, hasta el día 19 de agosto de 2004 76 países lo han ratificado; este convenio entro en vigor y es mandato legal desde el 17 de mayo de 2004 luego de que en 18 de febrero de 2004 Francia se convirtiera en el país número 50 en ratificar. (Orellana, 2014)

Ecuador asumió la responsabilidad de eliminar los contaminantes orgánicos persistentes cuando ratifico el convenio el 7 de junio de 2004. (Orellana, 2014)

### **5.2.2 Convenio de Basilea**

En este convenio suscrito el 22 de marzo de 1989, establece los procedimientos que se llevaran a cabo para el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su respectiva eliminación, instaurando que cada país miembro debe tomar las medidas que considerase necesarias. (Orellana, 2014)

Sus principales objetivos son:

- La reducción de los movimientos transfronterizos de desechos con alto grado de toxicidad y otros que fueron sometidos al Convenio de Basilea a un mínimo de compatibilidad con su manejo ambiental racional. (Orellana, 2014)
- Hacer el respectivo proceso de tratamiento y eliminación de los desechos potencialmente peligrosos, así como de otros desechos lo más cercano posible al su lugar de generación de una manera ecológicamente amigable. (Orellana, 2014)
- Disminuir la producción de desechos tóxicos al mínimo, teniendo en cuenta la cantidad y potencial peligro. (Orellana, 2014)

- Establecer prohibiciones para transportar desechos peligrosos a países desprovistos de medidas jurídicas, administrativas y técnicas para manejarlos y eliminarlos de manera adecuada y evitar perjudicar el ambiente. (Orellana, 2014)
- Brindar ayuda a países en vías de desarrollo y de situación económica precaria a manejar sistemáticamente de una manera racional los desechos que producen. (Orellana, 2014)

Este convenio fue la contestación de Basilea a la sociedad internacional para frenar los problemas ocasionados por la producción desmedida de desechos peligrosos tanto para el hombre como para el ambiente debido a su alto grado de toxicidad y características explosivas, corrosivas, inflamables o infecciosas. (Orellana, 2014)

### **5.2.3 Convenio de Róterdam**

Se trata de un acuerdo multilateral, que tiene como principal objetivo inculcar la responsabilidad compartida, así como los esfuerzos conjuntos de las partes que comercian algunos de los productos químicos tóxicos, con la finalidad de salvaguardar la salud humana y el ambiente de los futuros daños además de contribuir en la utilización adecuada para que sea amigable con el ambiente, mediante el intercambio de información de características, así como la adopción de normas para una correcta importación y exportación. (Orellana, 2014)

Gracias a este convenio se puede inspeccionar el comercio de ciertas sustancias químicas peligrosas en la comunidad internacional. La aprobación de este convenio fue el 10 de septiembre de 1998, suscribiéndose Ecuador el 11 de septiembre del mismo año. El convenio entro en vigor el 24 de febrero de 2004. (Orellana, 2014)

### **5.3 Acuerdo ministerial N° 146**

Este Acuerdo tiene como objeto establecer procesos que permitan gestionar de forma íntegra y ambientalmente racional la eliminación de PCB's con la finalidad de vivir en un lugar libre de contaminación. Mediante este acuerdo se puede sancionar a todas las personas sin importar su lugar de origen o razón social. (*Ver Anexo 1*)

## **CAPÍTULO 6**

### **TRANSFORMADORES CONTAMINADOS EN EL ECUADOR**

#### **6.1 Empresas eléctricas del Ecuador.**

En el Ecuador son las empresas eléctricas las que poseen la mayor cantidad de transformadores en uso, por eso son consideradas focos primordiales en la existencia de PCB's.

Ya que el país es miembro de los diferentes Convenios que existen en pro de la eliminación definitiva de los PCB's, desde el año 2004 se ha exigido que se lleve un inventario de los transformadores que se encuentran en uso mediante el cual se permita tener información veraz para poder llevar a cabo los planes de acción respectivos.

Actualmente, el ARCONEL desarrollo el Sistema Nacional de Inventario y Seguimiento de PCB's (SNIS PCB's), con la finalidad de que las Unidades de Negocio de CNEL EP puedan mantener actualizado el inventario de transformadores.

#### **6.2 Inventario de transformadores**

Todos los países Latinoamericanos que pertenecen al Convenio de Estocolmo se han dado la tarea de inventariar los equipos con PCB'S que mantengan relación con el sector eléctrico; mediante estos inventarios se ha podido constatar que las concentraciones de PCB's varían de acuerdo a su fuente de generación, siendo Latinoamérica el mayor foco de contaminación por PCB's. (MAE, 2011a)

A continuación, se muestra la Tabla 6.1 la cual desglosa las novedades encontradas en los inventarios realizados en varios países latinoamericanos.

Tabla 6.1 Inventarios de varios países Latinoamericanos

País	Año	Inventario preliminar de transformadores	Total (Toneladas de aceite)
Colombia	2009	Transformadores con PCB en uso y en desuso	Aprox. 957
Perú	2006	Transformadores contaminados con PCB en uso (44.839 no confirmados con PCB)	10.083 potencialmente contaminadas
Argentina	2010	---	8.727
Chile	2005	Transformadores en uso y desuso	38.820

Fuente: (MAE, 2011a)

En Ecuador desde el año 2004 se desarrolló un Inventario Preliminar de PCB con el objetivo de lograr determinar la cantidad de PCB que se manejaba en el país; para obtener la información preliminar se procedió a realizar un muestreo de algunos de los equipos utilizados en las empresas eléctricas, las muestras logradas fueron analizadas mediante el equipo DEXSIL L2000DX con el fin de obtener los datos a nivel nacional.

En el año 2011 se extendió un registro de los transformadores de potencia y de distribución que se encontraban operativos en las diferentes Unidades de Negocio.

En la Tabla 6.2 se visualiza el inventario nacional de transformadores de potencia y distribución hasta el año 2011, teniendo que en la Empresa Eléctrica Quito existe la mayor cantidad de transformadores de distribución, exactamente 33.313 y de potencia con 51.

Tabla 6.2 Inventario de transformadores de las Unidades de Negocio

ITEM	EMPRESA DISTRIBUIDORA	TRANSFORMADORES DISTRIBUCIÓN	TRANSFORMADORES POTENCIA
1	CNEL-BOLÍVAR	647	7
2	CNEL-EL CRO	9.064	24
3	CNEL-ESMERALDAS	5.218	17
4	CNEL-GUAYAS LOS RÍOS	34.87	26
5	CNEL-LOS RÍOS	5.493	8
6	CNEL-MANABÍ	20.705	34
7	CNEL-MILAGRO	6.733	14
8	CNEL-STA ELENA	5.335	15
9	CNEL-STO. DOMINGO	11.449	15
10	CNEL-SUCUMBIÓS	3.988	22
11	EE AMBATO	11.238	24
12	EE AZOGUES	1.427	1
13	EE CENTRO SUR	16.002	21
14	EE COTOPAXI	5.132	18
15	EE GALÁPAGOS	562	23
16	EE NORTE	13.44	27
17	EE QUITO	33.313	51
18	EE RIOBAMBA	8.531	20
19	EE SUR	12.112	22
20	ELÉCTRICA DE GUAYAQUIL	30.32	47
<b>Total Transformadores</b>		<b>230.361</b>	<b>436</b>

Fuente: (MAE, 2011b)

Con la información proporcionada por el registro realizado, se ha llegado a considerar que cerca del 20 al 25% de los equipos eléctricos se encuentran contaminados por PCB's. Un inventario global se realizó en el año 2014, con el cual se determinó que existen 257.689 transformadores a nivel nacional incluidos los que están en operación y en desuso y de ellos han sido sometidos a análisis tan solo 39.748 equipos.

A continuación en la Fig. 6.1 se muestra un pastel estadístico con el porcentaje de los transformadores que no han sido analizados, que han sido analizados en uso y analizados en desuso de acuerdo a la información entregada por las empresas eléctricas del país.

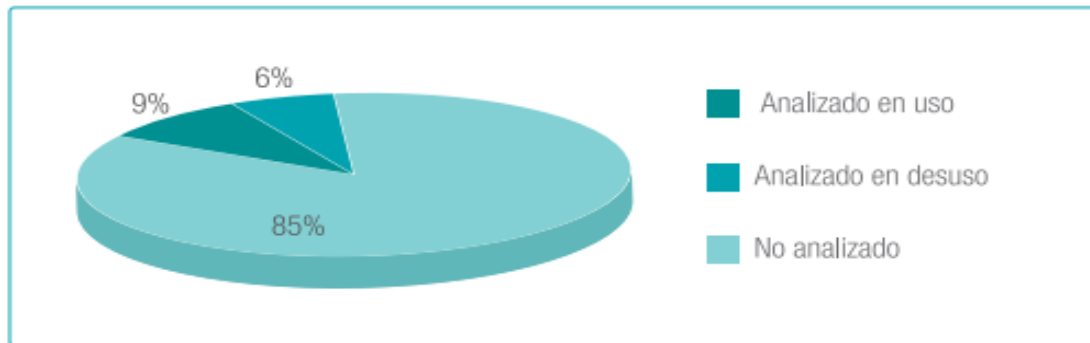


Figura. 6.1 Análisis del inventario de PCB's en transformadores  
Fuente: (MAE, 2011a)

### 6.3 Normativa del Ministerio del Ambiente.

El Ministerio del Ambiente del Ecuador ha establecido un Guía Técnica para la Gestión Ambientalmente Racional de PCB para que, en conjunto con el Fondo para el Medio Ambiente Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, realicen un trabajo que ayude a la disminución de inconvenientes para una correcta gestión de los PCB y se puedan producir ayudas significativas para el ambiente y la salud. (MAE, 2011a)

Mediante esta guía, el Ministerio del Ambiente busca afianzar los conocimientos del personal involucrado en la manipulación de equipos, aceites dieléctricos y desechos contaminados con PCB; así como ofrecer información a la ciudadanía en general acerca de la existencia de estas sustancias químicas mediante una explicación de lo que son los PCB y cómo afecta negativamente a los seres vivos. (MAE, 2011a)



## PARTE II APORTACIONES

### CAPÍTULO 7

#### PRUEBAS DE DETECCIÓN DE PCB'S

##### 7.1 Pruebas de detección colorimétricas.

Las empresas eléctricas del país con el fin de obtener resultados rápidos que permitan tomar decisiones respecto a los transformadores que tienen trabajando, han optado por la utilización de kits colorimétricos, los cuales permiten realizar pruebas de presencia de PCB's en los aceites de los transformadores en campo. (Servelec, 2016b)

Estos kits se los puede encontrar en el mercado con el nombre de Clor-N-Oil 50 (PCB Screening Kit) y presentan las siguientes ventajas:

- Son fáciles de utilizar, por lo tanto, la prueba es fácil de realizar.
- Alrededor de 10 minutos se demora la prueba en mostrar los resultados.

La prueba se lleva a cabo gracias a un compuesto de sodio-naftaleno, ya que la muestra tomada rompe sus moléculas de PCB's en hidrocarburos y cloruros logrando que de esta reacción sea factible la extracción de la fase acuosa donde se puede detectar la contaminación del aceite, tal como se muestra en la Fig. 7.1.

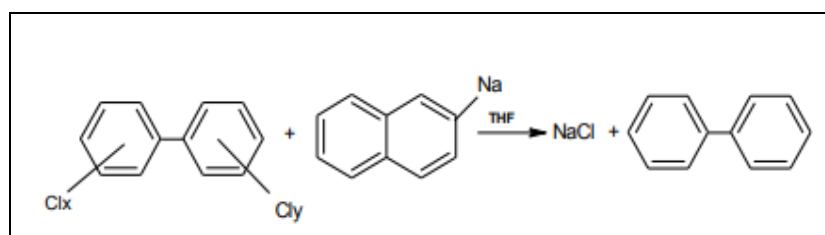


Figura.7.1 Reacción del PCB'S con sodio – naftaleno.  
Fuente: (Gutiérrez & González, 2010)

Normalmente esta prueba es confiable, pero en algunos casos puede arrojar falsos positivos o falsos negativos, es por ello que del universo de muestras es necesario tomar algunas para realizar un análisis mediante cromatografía de gases y de esta manera asegurar la veracidad de las pruebas colorimétricas.

## **7.2 Norma ASTM D 4059.**

Se trata de un método de prueba estándar para realizar el análisis de Bifenilos Policlorados en Líquidos Aislantes mediante la cromatografía de gases. Mediante este método descriptivo se determina en forma cuantitativa la concentración de PCB's existentes en los líquidos aislantes mediante la cromatografía de gases.

## **7.3 Análisis por cromatografía de gases.**

La cromatografía de gases una técnica muy utilizada en el análisis de contaminantes como lo son los PCB's. En esta prueba se utiliza un flujo de fase móvil de gas inerte lo cual permitirá el transporte de las moléculas de la muestra por medio de la columna, esto facilitara la absorción diferencial en la superficie solida logrando la base para la separación de moléculas en la cromatografía.

El equipo utilizado para esta prueba es un cromatógrafo de gases el cual consta de gas portador, un regulador de presión, regulador de flujo, rotámetro, divisor de flujo, sistema de inyección de muestra, columna y detector y las partes del control electrónico como registrador, electrómetro o puente, DAC y ordenador, tal como se muestra en el esquema de la Fig. 7.2.

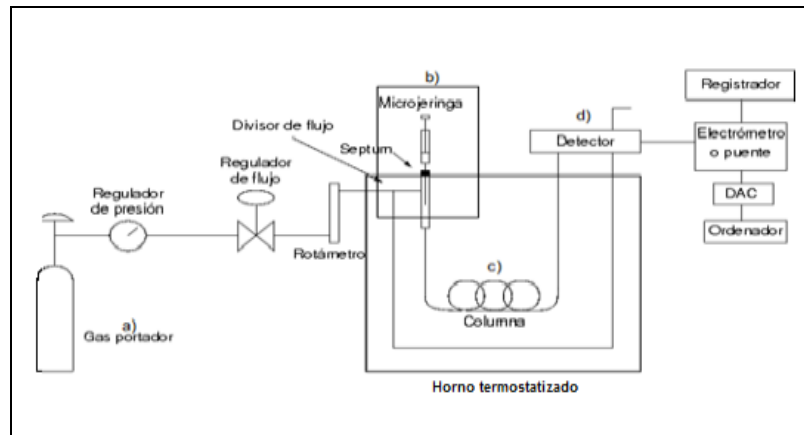


Figura. 7.2 Esquema general de un cromatógrafo de gases  
Fuente: (Gutiérrez & González, 2010)

Tabla 7.1 Análisis comparativo de los métodos y su alcance.

Método de determinación de PCB's	Aplicabilidad medio que puede analizar	Resultado de análisis: cuantitativo o cualitativo	Facilidad técnica de uso	Costo	Sensibilidad (límites de detección)	Limitaciones
Métodos colorimétricos con Kit	Acete dieléctrico, suelo	Cualitativo, es método de "barrido"	Muy fácil, puede realizarse en el campo	Bajo	Baja, por lo tanto solamente puede analizar una muestra con un ensayo	Es una prueba que solamente indica si hay o no presencia de cloro en concentraciones mayores o menores de 50 ppm
Cromatografía de gases de alta resolución	Acete dieléctrico, agua, suelos, superficies sólidas, aire	Cuantitativo, es un método de "confirmación"	Alta	Alto	Alto, puede analizar hasta 10 muestras combinadas durante una prueba.	Mide la concentración exacta de Arocloros, homólogos y/o congéneres.

Fuente: (Gutiérrez & González, 2010)

En la Tabla 7.1 se aprecia el análisis comparativo de los diferentes métodos que son utilizados en el país para la identificación de transformadores con aceite contaminado, confirmando que la más confiable es la cromatografía de gases.

#### 7.4 Etiquetado de equipo identificado como contaminado.

En el Acuerdo Ministerial 146 se establece que todo equipo que utilice aceite dieléctrico con o sin contenidos de PCB, que se encuentre o no en funcionamiento debe estar correctamente etiquetado según lo estipulado en

este acuerdo bajo la Norma INEN para el Transporte, Almacenamiento y Manejo de Materiales peligrosos y la Norma INEN para Símbolos, Gráficos, Colores y Señales de Seguridad.

Una vez se encuentre determinada la presencia o no de PCB's todos los equipos deben contar con su respectiva etiqueta de acuerdo al siguiente criterio:

- Los equipos que contengan en su aceite 50 ppm o más deben tener una etiqueta que lo considere como "Contiene Bifenilos Policlorados (PCB)".
- Los equipos que contengan en su aceite menos de 50 ppm deben tener una etiqueta que lo considere como "Libre de PCB".



Figura. 7.3 Etiquetas utilizadas en los equipos eléctricos  
Fuente: (Orellana, 2014)

En la Fig. 7.3 se muestran las etiquetas que deben utilizarse para identificar los transformadores que ya han sido evaluados, las etiquetas deben tener los números telefónicos de los departamentos de seguridad

industrial y gestión ambiental e instrucciones en caso de contacto o explosión en las etiquetas de transformadores contaminados.

Algunos equipos no cuentan con placa de información técnica la cual permita saber sin necesidad de prueba si contiene o no PCB, es por ello que estos son considerados inmediatamente como equipos contaminados hasta que se realice una prueba rápida con el kit colorimétrico o un análisis mediante cromatografía.

## CAPÍTULO 8

### METODOLOGÍA DE PRUEBAS PARA PCB's

#### 8.1 Toma de muestras.

El Ministerio de Electricidad y el Ministerio del Ambiente en conjunto con las diferentes Unidades de Negocio de CNEL EP, con el fin de eliminar para el año 2020 los transformadores y equipos eléctricos que contengan PCB's, están llevando a cabo un contrato de muestreo y verificación rápida de la presencia o no de PCB's en los aceites de los transformadores inventariados en cada Unidad de Negocio.

Las Unidades de Negocio proveen el catastro de los transformadores que se encuentran en uso a los responsables del contrato. La toma de muestras la realiza un liniero con el debido equipo de protección eléctrica ya que se lo efectúa en los transformadores en funcionamiento, extrayendo la muestra de aceite mediante una jeringuilla colocada en la válvula de alivio del transformador (Fig. 8.1) para luego ser recibida por el técnico encargado de realizar la prueba (Fig. 8.2). Cabe recalcar que este contrato solo aplica a los transformadores públicos más no a los privados.



Figura. 8.1 Extracción de aceite de un transformador.  
Fuente: ("CNEL EP LRS", 2017)

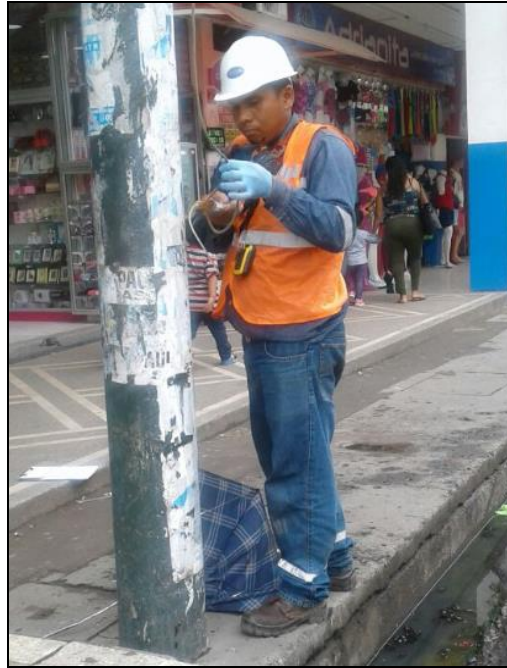


Figura. 8.2 Muestra de aceite extraída  
Fuente: ("CNEL EP LRS", 2017)

## 8.2 Manejo del kit de prueba rápida CLOR-N-OIL-50.

Luego de la toma de la muestra, un técnico está a cargo de realizar la prueba colorimétrica. Cada kit de prueba rápida contiene:

- Un tubo de ensayo plástico, el cual tiene una tapa dispensadora color negro y dentro de este se encuentran 2 ampollas, una incolora y una azul que contienen los reactivos para originar la reacción exotérmica, tal como se muestra en la Fig.8.3.



Figura. 8.3 Tubo de ensayo y ampollas para reacción exotérmica.  
Fuente: ("CNEL EP LRS", 2017)

- En la Fig. 8.4 se observa un tubo de ensayo de plástico con tapa blanca, que contiene 5 ml de cloro, 2 ampollas una transparente con punto verde y una de color amarillo, lo cual permita observar el cambio de color en el aceite.



Figura. 8.4 Tubo de ensayo con cloro y ampollas para reacción colorimétrica.  
Fuente: ("CNEL EP LRS", 2017)

- En la Fig. 8.5 se visualiza una pipeta de plástico con la cual se tomarán los 5 ml de aceite que se utilizaran de muestra.



Figura. 8.5 Pipeta plástica  
Fuente: ("CNEL EP LRS", 2017)

- Una ampolla de vidrio la cual es mostrada en la Fig. 8.6 que permitirá la eliminación de mercurio del aceite.



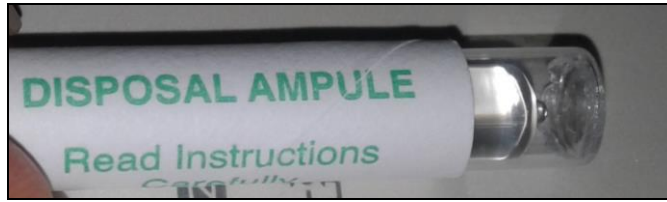


Fig. 8.6 Ampolla para la eliminación de mercurio.  
Fuente: ("CNEL EP LRS", 2017)

Entre los pasos para obtener un resultado, se tienen los siguientes:

- Sacar el contenido de la caja de CLOR-N-OIL 50 para verificar que el mismo este completo e intacto. Colocar ambos tubos en el soporte de la parte delantera de la caja.
- Acto seguido, se destapa el tubo de dispensador color negro, con ayuda de la pipeta se coloca exactamente 5 ml de aceite de transformador (Fig. 8.7). Tape nuevamente el tubo de manera segura.



Figura. 8.7 Muestra de aceite colocada en el tubo dispensador  
Fuente: ("CNEL EP LRS", 2017)

- Se procede a romper la ampolla incolora inferior dentro del tubo, comprimiendo los lados del tubo, se agita el tubo durante 10 segundos para obtener una mezcla homogénea con el reactivo (Fig. 8.8), se

rompe la segunda ampolla de reactivo y vuelva a agitar durante 20 segundos más para completar la reacción. (Fig. 8.9)



Figura. 8.8 Ruptura de la ampolla incolora del tubo  
Fuente: ("CNEL EP LRS", 2017)



Figura. 8.9 Ruptura de la ampolla azul del tubo  
Fuente: ("CNEL EP LRS", 2017)

- Se retiran las tapas de ambos tubos, vertiendo la solución de cloro en el tubo que tiene la muestra de aceite como se muestra en la Fig.

8.10, tapando nuevamente con la tapa dispensadora, se procede a agitar el contenido durante 10 segundos, seguido de ello se debe ventilar el tubo desenroscando levemente la tapa por unos cuantos segundos, para luego asegurarla y volver a agitar durante 10 segundos, se ventila nuevamente y se coloca el tubo sobre su tapa como se muestra en la Fig. 8.11, esperando que el aceite se encuentre por encima de la solución de cloro colocada anteriormente (Fig. 8.12), si esto no sucede se detiene la prueba, ya que la muestra tomada contiene un alto grado de partículas de PCBS.



Figura. 8.10 Introducir la solución de cloro con la muestra de aceite.  
Fuente: ("CNEL EP LRS", 2017)



Figura. 8.11 Mezcla de aceite con la solución de cloro.  
Fuente: ("CNEL EP LRS", 2017)



Figura. 8.12 Aceite por encima de la solución de cloro  
Fuente: ("CNEL EP LRS", 2017)

- Ya que en esta prueba, la muestra de aceite obtenida quedó por encima de la solución de cloro se puede continuar procediendo a tomar el tubo en el cual se encontraba el cloro utilizado para colocar el tubo de aceite y abrir la tapa dispensadora; vaciando 5 ml de la solución transparente obtenida anteriormente (Fig. 8.13), una vez realizado, se rompe la ampolla transparente que se encontraba en el tubo y se agita durante 10 segundos (Fig. 8.14), para luego romper la segunda ampolla y nuevamente agitar durante 10 segundos. (Fig. 8.15).



Figura. 8.13 Vaciado de la solución transparente  
Fuente: ("CNEL EP LRS", 2017)



Figura. 8.14 Ruptura de la ampolla transparente del tubo  
Fuente: ("CNEL EP LRS", 2017)



Figura. 8.15 Ruptura de la ampolla amarilla del tubo  
Fuente: ("CNEL EP LRS", 2017)

- Una vez se rompe la ampolla amarilla se empieza a observar el color de manera inmediata (Fig. 8.16), por tanto se compara en la tabla de colores que trae el kit para determinar si la muestra de aceite contiene menos de 50 ppm de PCBS o más de 50 ppm de PCBS (Fig. 8.17); en

la prueba el aceite se tornó morado, lo cual en la tabla de colores indica que contiene menos de 50 ppm (Fig. 8.18).



Figura. 8.16 Observación del color inmediata.  
Fuente: ("CNEL EP LRS", 2017)

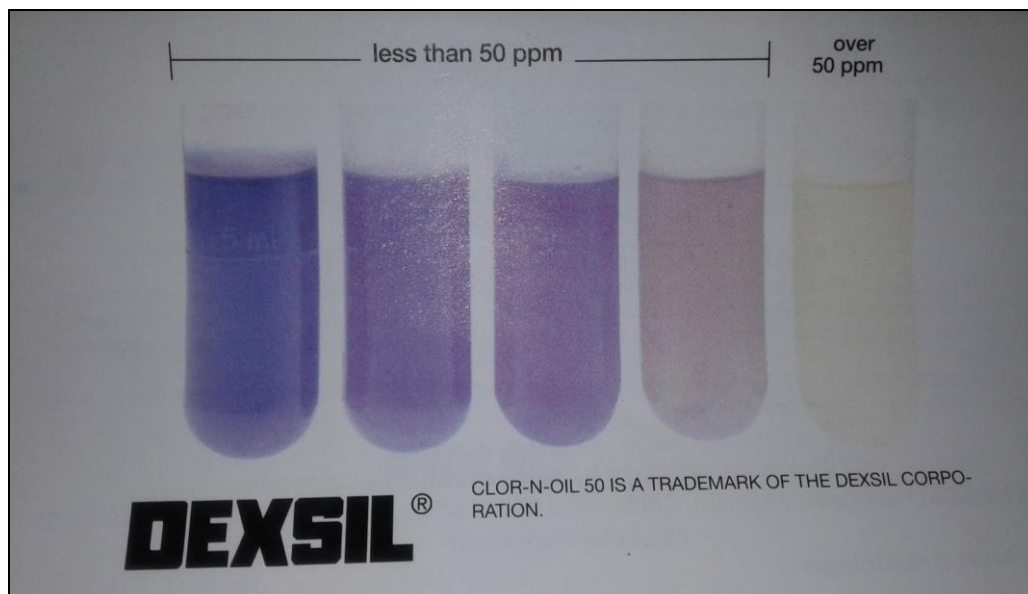


Figura. 8.17 Tabla de colores proporcionada por el kit.  
Fuente: ("DEXSIL", 2017)



Figura. 8.18 Comparación con la tabla de colores.  
Fuente: ("CNEL EP LRS", 2017)

- Una vez realizada la prueba colorimétrica se retira la ampolla de eliminación de mercurio de su empaque para ser insertada en el tubo (Fig. 8.19), esta se rompe y se agita el contenido durante 5 segundos. La ampolla tiene como función la inmovilización del mercurio contenido y poder eliminar los desechos de forma correcta.



Figura. 8.19 Inserción de la ampolla de eliminación.  
Fuente: ("CNEL EP LRS", 2017)

Las muestras tomadas pertenecen a aceites de transformadores de la provincia de Los Ríos, específicamente en la ciudad de Babahoyo y la parroquia Caracol. (Ver anexo2)

### **8.3 Determinación del nivel de concentración de los PCB`s**

El Ministerio del Ambiente en conjunto con el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables y la Corporación Nacional de Electricidad, mantienen un contrato con la Escuela Politécnica de Chimborazo mediante contratación pública. El Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental es el encargado de recibir las muestras de aceites de transformadores tomadas en las diversas provincias en las cuales se está llevando a cabo el proyecto; las Unidades de Negocio de CNEL EP envían un porcentaje de su espacio muestral libre de PCB's (5%) o menores a 50 ppm y contaminado con PCB's (100%) para que se realice la respectiva cromatografía de gases y mediante un análisis cuantitativo se pueda contrastar las muestras tomadas anteriormente y tomar las medidas necesarias para la eliminación o confinamiento del aceite.

En las reformas realizadas por parte del Ministerio del Ambiente, todo aceite que pase de las 50 ppm (10 ug de PCB/100 cm<sup>2</sup>) es considerado contaminado. La cromatografía de gases se realiza solo para cerciorarse de que no ocurran falsos negativos o positivos. Aunque dependiendo de la clasificación del aceite dieléctrico de acuerdo a su contenido de PCB'S, se tiene la siguiente determinación:

- a) Si el resultado del aceite es igual o mayor a 500 ppm se denominará como: Sustancia pura de PCB.
- b) Si el resultado del aceite es igual o mayor a 50 y menor a 500 ppm: Sustancia contaminada con PCB.
- c) Si el resultado del aceite es igual o mayor a 5 y menor a 50 ppm: Sustancia no contaminada con PCB.
- d) Si el resultado es menor a 5 ppm: Sin PCB.



#### **8.4 Pasos para realizar la eliminación del aceite contaminado**

Con las reformas al Acuerdo Ministerial 146, se estableció que los equipos con aceites contaminados de PCB's o que puedan contener deberán ser almacenados en un lugar que brinde seguridad y sea adecuado, deberán contar con señalización la cual indique los peligros estipulados en el Acuerdo, es por ello que se recomienda la construcción de una bodega especial para el almacenamiento de los desechos de PCB's; el almacenamiento de estos desechos durará aproximadamente un año, luego de esto serán enviados a un gestor calificado para que se encargue de su destrucción en calderas a altas temperaturas a fin de eliminar las partículas más pequeñas de estos contaminantes, en caso de que en el país no se cuente con un gestor calificado tanto para la destrucción o tratamiento de estos desechos, se autorizará la exportación de los mismos fundamentándose en el Convenio de Basilea. (MAE, 2015)

Cuando se realice mantenimientos a equipos que tengan concentraciones menores a las 50ppm, se debe utilizar fluidos que sean libres de PCB's y llevar un registro de cada mantenimiento e inspección realizado. En caso de existir equipos con más de 50ppm de PCB's en línea y que deban ser dados de baja por cualquier circunstancia no deberán ser sujetos a mantenimientos, ni ser instalados nuevamente. (MAE, 2015)

La fecha máxima para la destrucción o tratamiento de los aceites y equipos contaminados con PCB's es el 31 de diciembre del 2025, lo cual se encuentra estipulado en este Acuerdo. (MAE, 2015)

## CAPÍTULO 9

### PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL DE PCB's

#### 9.1 Medidas de seguridad

Ya que los PCB son sustancias con un alto grado tóxico es importante que el personal encargado del análisis, transporte y eliminación de los mismos cumpla con las medidas de seguridad respectivas para proteger su integridad física. El operador técnico o liniero realiza la toma de muestras de aceite aislante en equipos que se encuentran energizados es por ello que debe utilizar el respectivo equipo de protección personal que incluye zapatos y guantes dieléctricos, gafas, casco y ropa de trabajo tal como se muestra en la Fig. 9.1.



Figura. 9.1 Equipo de protección personal para liniero  
Fuente: (Fierros Ediciones, 2013)

No debe utilizar anillos o cualquier objeto metálico que pueda ser conductor; evitar tener contacto con el equipo eléctrico en condiciones de

lluvia o humedad y mantener la debida distancia entre las fases conductoras para evitar la aparición de un arco eléctrico. (MAE, 2011a)

El técnico a cargo de realizar la prueba que determine la presencia de PCB's en el aceite corre el riesgo de absorber partículas de PCB's de forma cutánea, por tanto es imprescindible la elección adecuada del EPP ya que los PCB's pueden penetrar la mayoría de materiales, por ello utilizan un overol de elastómeros fluorados que es a prueba de productos químicos, guantes de nitrilo, mascarilla con un filtro especial de partículas, gafas de seguridad y zapatos dieléctricos tal como se muestra en la Fig. 9.2. (MAE, 2011a)



Figura. 9.2 Equipo de protección personal para técnico.  
Fuente: (Pinilla, 2015)

## 9.2 Retiro del equipo contaminado

Para el retiro de los equipos contaminados, en este caso transformadores se debe seguir los siguientes pasos:

- **Desconexión:** Se debe verificar que el interruptor de energía se encuentra apagado para ambos voltajes, las líneas de entrada y salida

permanezcan cortocircuitadas y que el acceso al transformador no sea riesgoso.

- Señalización del área de trabajo: Esto debe realizarse para evitar el acceso de personas no autorizadas; además se debe tener un extintor en caso de cualquier emergencia que pudiese surgir.
- Preparación: Todo equipo que vaya a ser retirado debe ser inspeccionado para realizar una evaluación de daños y posibles fugas para evitar la contaminación y lograr sellar el origen de la misma.
- Preparativo para el drenado: Es de vital importancia evitar derrames de aceite aislante con PCB al momento de retirar los equipos contaminados, por ello es preferible realizar el drenado en el mismo lugar de una manera planificada con todos los materiales necesarios. Además realizar el drenado en el mismo lugar de ubicación del transformador reduce el peso del mismo durante el proceso de transporte.
- Proceso de drenado: Para drenar los aceites contaminados se debe realizar mediante bombeo ya que esto minimizará los riesgos de derrame. La manera correcta de realizar el drenado es por medio de un sistema cerrado con filtro de carbón activado que ayude al almacenamiento del fluido contaminado.

### **9.3 Prevención y control de derrames.**

Cada Unidad de Negocio de CNEL EP, a fin de evitar incidentes con PCB's debe aplicar sistemas de retención por debajo de cada transformador en caso de no ser transformadores de postes o en caso de ser transformadores en mantenimiento, en el caso de los talleres donde se realice el mantenimiento estos deben tener revestimiento de epoxi que brinde facilidades de descontaminación, además todo el personal encargado de la manipulación de PCB's debe tener conocimiento del plan de emergencia que debe aplicarse.

En caso de que se presenten derrames poco significativos, es indispensable contar con el llamado kit de contención, el cual está constituido por elementos desechables que se detallan a continuación:

- Equipo de protección personal
- Pala metálica
- Material absorbente
- Bolsas gruesas y de buen tamaño, junto con tachos con tapa y de bastante capacidad.
- Etiquetas para colocar a las bolsas y tachos.
- Químico solvente.
- Objetos que ayuden a delimitar el derrame.

#### **9.4 Almacenamiento de PCB's**

CNEL EP tiene la obligación de dar un correcto almacenamiento a todo equipo y aceite que se encuentre contaminado con el respectivo inventario de los mismos. El aceite contaminado que se encuentre dentro de un transformador no puede ser drenado, se debe conservar dentro del equipo mientras este no presente fugas o humedad; en el caso de los aceites que hayan sido drenados serán almacenados en contenedores metálicos de máximo 55 galones, herméticamente sellados y con su respectiva etiqueta.

Estas sustancias tóxicas no pueden ser almacenadas en lugares donde también se encuentren alimentos, además se debe evitar todo riesgo de incendio alejándolos de cualquier sustancia o agente explosivo, inflamable o corrosivo.

## CAPÍTULO 10

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 10.1 Conclusiones

Los bifenilos policlorados son excelentes aditivos en el aceite de transformador debido a sus propiedades químicas evitando la degradación temprana del mismo; sin embargo esto los convierte en unas de las sustancias más tóxicas tanto para la salud humana como para el ambiente.

Las personas que resultan más afectadas por estas sustancias son aquellas que trabajan en su manipulación.

Para disminuir o evitar incidentes relacionados con PCB's, el Ecuador ha instaurado leyes y normativas que guíen a la correcta eliminación o almacenamiento de estas sustancias.

Con el fin de cumplir con lo establecido en el Convenio de Estocolmo el cual ratificó el país en el año 2004, se ha realizado un proyecto de identificación, almacenamiento y futura eliminación en las diferentes Unidades de Negocio de CNEL EP.

El método de detección por colorimetría tiene un costo bajo, pero no es del todo confiable el resultado que se obtiene por lo tanto se debe recurrir a métodos de análisis más costosos como lo es la cromatografía de gases.

En el país no existe un inventario confiable de los transformadores de cada Unidad de Negocio, ya que se encuentran mal enrutados por ende la ubicación de los mismos se dificulta.

El Ministerio del Ambiente ni el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables poseen un análisis ambiental que permita conocer a la población

en qué grado su salud está siendo afectada a causa de las partículas de PCB's.

## **10.2 Recomendaciones**

Para futuros contratos de identificación o mantenimiento de transformadores es importante que las empresas eléctricas tengan un inventario completamente actualizado de los transformadores que están operativos, de manera que se brinde facilidades al personal técnico y puedan realizar las pruebas a la mayoría de equipos que lo requieren.

Este tipo de proyectos debería realizarse a todos los transformadores existentes en el país, sin importar si pertenecen al sector público o privado con el objetivo de tener información veraz y permita realizar un análisis comparativo con respecto al avance en la identificación y eliminación de equipos contaminados.

Los organismos de regulación de la gestión de PCB's deben tomar en cuenta que estas sustancias no se degradan y por ende con el pasar del tiempo sus niveles de concentración de toxinas aumenta, es por ello que al realizar una cromatografía de gases con una muestra tomada varios meses atrás en muchos casos el resultado porcentual es mucho más elevado.

Deberían existir capacitaciones para todos los ciudadanos, en las cuales se les explique los peligros de estas sustancias y la manera correcta de aseo en caso de tener contacto con ellas.

## ANEXOS

Anexo 1. Acuerdo Ministerial N° 146 de PCB

# REGISTRO OFICIAL


Administración del Sr. Ec. Rafael Correa Delgado  
Presidente Constitucional de la República

## EDICIÓN ESPECIAL

Año III - N° 456

Quito, martes 5 de  
enero de 2016





TECNOLOGIA AL SERVICIO DEL DERECHO

**LEY DE PROPIEDAD INTELECTUAL**

Art. 10.- El derecho de autor protege también la forma de expresión mediante la cual las ideas del autor son descritas explicadas, ilustradas o incorporadas a las obras.

No son objeto de protección:

- a) Las ideas contenidas en las obras, los procedimientos, métodos de operación o conceptos matemáticos en sí; los sistemas o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas, ni su aprovechamiento industrial o comercial; y,
- b) Las disposiciones legales y reglamentarias, las resoluciones judiciales y los actos, acuerdos, deliberaciones y dictámenes de los organismos públicos, así como sus traducciones oficiales.

\*REGISTRO OFICIAL ORGANO DEL GOBIERNO DEL ECUADOR\* es marca registrada de la Corte Constitucional de la República del Ecuador.

**MINISTERIO DEL  
AMBIENTE**

**ACUERDO MINISTERIAL N°  
146**

**EXPÍDENSE LOS PROCEDIMIENTOS  
PARA LA GESTIÓN INTEGRAL  
Y AMBIENTALMENTE  
RACIONAL DE  
LOS BIFENILOS POLICLORADOS  
(PCB) EN EL ECUADOR**



## CAPÍTULO II

### DE LOS LINEAMIENTOS GENERALES SOBRE LA GESTIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS CON CONTENIDO DE BIFENILOS POLICLORADOS

**Art. 5.-** Se considerará como “contaminado con PCB” a los desechos, sustancias y equipos que contienen, están constituidos o contaminados con bifenilos policlorados (PCB), en una concentración igual o superior a 50 mg/kg (50 ppm). (Categoría A3180 del Anexo III-Lista A del Convenio de Basilea).

La clasificación del aceite dieléctrico, equipos y desechos de acuerdo a su contenido (concentración) de PCB, es la siguiente:

1. Igual o mayor a 500 ppm (100 ug/100 cm<sup>2</sup>) se denominará como: Sustancia pura de PCB
2. Igual o mayor a 50 ppm (10 ug/100 cm<sup>2</sup>) y menor a 500 ppm (100 ug/100 cm<sup>2</sup>): Sustancia contaminada con PCB
3. Igual o mayor a 5 (1 ug/100 cm<sup>2</sup>) y menor a 50 (10 ug/100 cm<sup>2</sup>) ppm: Sustancia no contaminada con PCB
4. Menor a 5 (1 ug/100 cm<sup>2</sup>) ppm: Sin PCB

El aceite que contiene entre 5 y 50 ppm de PCB se considera como no contaminado con PCB para lo cual se etiquetará “Libre”, sin embargo, es un desecho peligroso que debe ser gestionado como tal. En todos los casos si se trata de aceite en desuso será considerado como desecho peligroso.

**Art. 6.-** El método aceptado en Ecuador para la determinación de concentración de PCB es el análisis cuantitativo por cromatografía de gases, siempre y cuando los laboratorios que los realicen sean reconocidos como válidos una vez que los Organismos de Evaluación de la Conformidad (OECs) cumplan con los estándares y disposiciones que el SAE exigen para su acreditación, designación y reconocimiento. Se aceptarán otros métodos de análisis siempre que sean aprobados por el SAE o el que le reemplace.

Además, como ensayo cualitativo, para la determinación de la ausencia o posible presencia de PCB en aceite, se acepta el uso del kit colorimétrico y equipos de campo con electrodos de ion específico.

**Art. 7.-** El uso de métodos cualitativos únicamente permiten la determinación de la presencia de PCB y puede arrojar falsos positivos; por lo que el método cuantitativo será usado para la corroboración de los resultados del análisis cualitativo. El cien por ciento (100%) de las muestras con resultados mayores a 50 ppm con el método cualitativo tendrá que ser analizado por métodos cuantitativos, mismos que deberán contar con la acreditación respectiva.

**Art. 8.-** Para los desechos contaminados con PCB (guaipes, aserrín, trapos, entre otros), el generador debe proceder con el almacenamiento y la disposición final de acuerdo a lo estipulado en los capítulos V y VII del presente Acuerdo Ministerial.

**Art. 9.-** La Autoridad Ambiental Competente, periódicamente, cuando sea necesario y sin necesidad de autorización, realizarán inspecciones de vigilancia y control de la gestión de PCB, así como la verificación de la información en cualquiera de las etapas de su gestión. Los sujetos de control, se encuentran obligados a prestar todas

las facilidades, y de ser necesario se coordinará con las autoridades competentes de la fuerza pública para recibir el apoyo del caso.

**Art. 10.-** Toda persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera que se encuentre en tenencia o posesión de equipos con contenido de aceite dieléctrico, sea que estén en desuso o en funcionamiento, tiene la obligación de proceder a caracterizar los mencionados equipos, de acuerdo a los artículos 6 y 7 del presente Acuerdo Ministerial, con el fin de determinar presencia y concentración de PCB.

**Art. 11.-** Para el caso de equipos del sector eléctrico el muestreo para la caracterización cualitativa y/o cuantitativa de aceite dieléctrico debe ser realizado por personal capacitado en toma de muestras y mantenimiento de transformadores.

## Registro Oficial - Edición Especial N° 456

Para el caso de equipos de poseedores y/o generadores particulares, el muestreo debe ser realizado por personal capacitado de empresas contratistas o laboratorios que deberán demostrar su competencia con trabajos similares o por personal capacitado procedente de una empresa eléctrica, en lo posible de aquella que le presta el servicio de distribución de energía.

**Art. 12.-** Las empresas eléctricas prestadoras del servicio de distribución de energía eléctrica, están facultadas para proceder con la caracterización de equipos de propiedad particular en cualquier momento, con el fin de determinar la presencia de PCB bajo los procedimientos y las condiciones técnicas de seguridad y salud ocupacional establecidas en el presente Acuerdo Ministerial (Ver Anexo I), en los casos en que dichos equipos no hayan sido debidamente caracterizados previamente por sus propietarios, lo cual se acreditará con los documentos de respaldo de caracterización actualizados correspondientes.

Para la caracterización de equipos de propiedad particular por parte de las empresas eléctricas, el propietario deberá prestar la colaboración y facilidades a las mismas, brindando la ayuda, acceso e información necesaria. Deberá también proceder con el pago correspondiente por la caracterización realizada. El incumplimiento de estas obligaciones, especialmente la colaboración y ocultamiento de información necesaria, será sancionado conforme a las sanciones administrativas, civiles o penales a que haya lugar.

**Art. 13.-** Los poseedores y/o generadores particulares están obligados a entregar la información del muestreo y caracterización de sus equipos a la empresa que les brinda el servicio de distribución eléctrica, quien a su vez reportará a la ARCONEL, o la entidad que lo reemplace, la información consolidada de su área de concesión, por primera vez dentro de los 6 primeros meses de entrada en vigor de este Acuerdo Ministerial y como plazos máximos los establecidos en la disposición transitoria tercera de este documento.

El incumplimiento de este artículo llevará a la aplicación de sanciones administrativas, civiles o penales a que haya lugar.

**Art. 14.-** El sujeto de control debe tomar en cuenta las medidas de salud ocupacional y seguridad industrial en la toma de muestras y manejo de aceites dieléctricos por parte del personal involucrado en la gestión de PCB establecidas en el Anexo J.

**Art. 15.-** Para el caso de equipos en funcionamiento en los que la concentración de PCB en el aceite dieléctrico indique que se trata de los tipos (1) o (2) del artículo 5 del presente instrumento, estos serán:

1. Retirados del sistema eléctrico de manera inmediata en el caso en el que presenten alguna fuga o que se detecte que el equipo no es estanco y almacenarlos adecuadamente en bodegas destinadas para ello.
2. Mantenedos en operación hasta la fecha establecida en la disposición transitoria segunda, siempre y cuando cumpla con las condiciones establecidas en la misma disposición transitoria.

Martes 5 de enero de 2015 - 9

3. En el caso de equipos de poseedores y/o generadores particulares se aplicará los mismos criterios que en los literales "1" y "2", siendo responsabilidad del poseedor y/o generador particular el cubrir los costos de análisis, mantenimiento, retiro, reposición, almacenamiento temporal, tratamiento y disposición final y siendo responsabilidad de la empresa de distribución eléctrica que le brinda el servicio, el realizar y reportar a la ARCONEL el resultado del análisis de equipos con PCB.

El informe de estado de operatividad de equipos con PCB deberá ser presentado por el poseedor y/o generador particular a la empresa eléctrica de distribución que le brinde el servicio, considerando lo expresado en el Anexo G del presente documento, al año de entrada en vigor de este Acuerdo Ministerial y posteriormente de forma anual o cuando se verifiquen cambios en las condiciones de estos equipos con PCB; pudiendo llegar a ser retirados si en algún momento presentan fugas o humedad. Estos informes recopilados por las empresas de distribución eléctrica deberán ser remitidos a la ARCONEL o al que lo sustituya.

**Art. 16.-** Para el caso de equipos en funcionamiento cuya concentración de PCB en el aceite dieléctrico indique que se trata del tipo (3) y (4) del artículo 5 del presente instrumento, éstos no están sujetos a retiro inmediato, a menos que las condiciones de su funcionamiento lo indiquen, en todo caso al momento que sea descartado se considerará en desuso y por lo tanto como desecho peligroso por lo que su gestión deberá realizarse con gestores que cuentan con el permiso ambiental para el efecto.

**Art. 17.-** La persona natural o jurídica poseedora y/o generadora de PCB se registrará a lo establecido en el Acuerdo Ministerial No. 061 que reforma el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, o el que lo reemplace, debe contar con el respectivo Registro de Generador de Desechos Peligrosos y/o Especiales conforme a la normativa ambiental aplicable, en el cual se declaren todos los desechos peligrosos y especiales generados, lo cual incluye equipos en desuso con contenido de sustancia pura de PCB o contaminados por éstos, o por cualquier tipo de fluido dieléctrico, información que será parte del inventario de PCB.

**Art. 18.-** Conforme a lo establecido en el artículo precedente, el generador registrado debe realizar la declaración anual acompañada de la documentación complementaria (manifiestos únicos, bitácora, certificados de destrucción o eliminación) que respalda la gestión de sus desechos peligrosos lo cual incluye la gestión de equipos en desuso con contenido de sustancia pura de PCB o contaminados por éstos, información que será parte del inventario de PCB.

**Art. 19.-** El generador de desechos peligrosos debe llevar una bitácora del control de los movimientos de desechos peligrosos dentro y fuera del sitio de almacenamiento temporal de los mismos, de acuerdo a lo estipulado en el Acuerdo Ministerial 061, o el que le reemplace, y que debe incluir a los desechos con PCB y como mínimo:

10 - Martes 5 de enero de 2015

- a) Fechas de entrada y salida de la bodega de almacenamiento temporal de desechos peligrosos: aceites, equipos y desechos con PCB.
- b) Cantidad total de aceites, equipos y desechos con PCB, correspondientes a cada fecha de entrada y salida registrada.
- c) Indicar el destino de cada cantidad registrada de aceites, equipos y desechos en la fecha correspondiente.

**Art. 20.-** Con el fin de verificar que ningún lote de aceite dieléctrico o equipos importados puedan estar contaminados con PCB, el importador o consignatario de la carga debe poseer certificados de fábrica que garanticen la ausencia de PCB, además, en el caso de equipos eléctricos y del aceite dieléctrico, se debe proceder a realizar la caracterización correspondiente por cromatografía a través de laboratorios acreditados, designados y/o reconocidos en el Ecuador, de al menos el 5% de cada lote importado, esto se debe realizar a pesar de que el cargamento cuente con certificados del proveedor de estar libres de PCB. En caso de encontrarse contaminación de aceite dieléctrico con PCB, el cargamento debe ser reembarcado y los costos por almacenamiento o reexportación deben ser cubiertos por el importador o consignatario de la carga.

El sujeto de control que presente información falsa, será sujeto de sanciones administrativas, civiles o penales a que haya lugar.

En caso de que con su incumplimiento, la persona que produzca daños graves a la biodiversidad y recursos naturales, será sujeto de sanciones administrativas, civiles o penales a que haya lugar.

**Art. 21.-** Previo al ingreso al sistema de distribución eléctrica y energización de algún equipo con contenido de aceite dieléctrico, la empresa eléctrica que provee el servicio debe verificar que éste no se encuentre contaminado con PCB, se debe contar con el sustento de los certificados de fabricación del equipo o los resultados de la determinación de PCB por análisis cualitativos o cuantitativos de acuerdo a lo indicado en los artículos 6 y 7 del presente instrumento. En caso de identificar que algún equipo se encuentre contaminado con PCB, el equipo no debe ingresar al sistema eléctrico y debe ser devuelto al proveedor y/o almacenado adecuadamente como se indica en el Capítulo 5 del presente Acuerdo, hasta que la devolución al proveedor se haga efectiva.

**Art. 22.-** ARCONEL aceptará, para los casos en que el poseedor y/o generador lo considere beneficioso, el vaciado y relleno de transformadores de potencia en los cuales se haya determinado una contaminación menor a 500ppm. El relleno se realizará con aceites dieléctricos libre de PCB. Ésta operación se realizará de acuerdo a lo establecido en el Anexo C del presente Acuerdo Ministerial.

**Art 23.-** El poseedor y/o generador de transformadores de potencia con contenido de PCB y que requiera realizar el relleno del mismo con aceite sin PCB sea por factores de vida útil, costo, eficiencia y disponibilidad de reemplazo

### Edición Especial Nº 456 - Registro Oficial

para su reuso, previo a proceder con esta acción, debe obtener la aprobación de la ARCONEL a través de la presentación de un informe que justifique el mencionado requerimiento, el cual contendrá un cronograma que especifique fechas, medios de verificación para monitoreo de concentración de PCB en el aceite entre otros aspectos contemplados en el Anexo C de este instrumento.

**Art. 24.-** Para el caso especial de la Provincia Galápagos, el relleno no se considera una práctica aceptable, está prohibido bajo pena de las sanciones administrativas, civiles o penales a que haya lugar.

**Art. 25.-** Se prohíbe toda importación, fabricación, instalación, compra, venta o transferencia, con o sin costo, de PCB y equipos eléctricos que contengan PCB o materiales contaminados con PCB, a excepción de los estándares analíticos con fines de análisis, investigación y validación de métodos. En la venta de todo edificio o infraestructura en el cual existan equipos que contengan PCB, el vendedor debe informar al comprador al respecto.

Además, sin perjuicio a las demás prohibiciones estipuladas en la normativa ambiental vigente, se prohíbe:

- 1) Bajo cualquier fin la importación de desechos peligrosos, incluyendo a los desechos con PCB;
- 2) Utilizar el aceite que contiene cualquier concentración de PCB, para completar o rellenar el nivel de aceite en los equipos;
- 3) La importación, desaduanización y nacionalización de aceite dieléctrico y equipos que contengan aceite dieléctrico contaminado con PCB en cualquier concentración;
- 4) La disposición final en celdas de seguridad, de equipos, desechos y aceites con contenido de PCB;
- 5) El vertido a las vías públicas, canales de riego y drenaje o sistemas de recolección de aguas lluvias, aguas subterráneas y al suelo;
- 6) La quema directa bajo condiciones no controladas y no autorizadas para eliminar aceite que contiene PCB;
- 7) Usar tecnologías no autorizadas por la Autoridad Ambiental Nacional;
- 8) Reusar desechos con PCB;
- 9) La comercialización de equipos y aceites usados con contenido de PCB.

### CAPÍTULO III DEL

### INVENTARIO DE BIFENILOS POLICLORADOS

**Art. 26.-** Las empresas eléctricas, que deben estar registradas como generadoras de desechos peligrosos y/o especiales de acuerdo a la normativa ambiental aplicable,

## Registro Oficial - Edición Especial Nº 456

deben ingresar al Sistema Nacional de Inventario y Seguimiento de PCB (SNIS-PCB), aplicación informática que se encuentra habilitada en la Web institucional de la ARCONEL, de acuerdo al instructivo que la Autoridad Ambiental Nacional expida para el efecto. La Autoridad Ambiental Nacional utilizará la información del Portal Web, como herramienta para formular, implementar y dar seguimiento a las políticas y regulaciones relacionadas con la gestión ambientalmente racional de PCB.

**Art. 27.-** El usuario habilitado en el SNIS-PCB debe reportar el avance semestral del inventario de PCB de su área de concesión, a partir de la puesta en marcha y de acuerdo a la información requerida en la aplicación informática. Para estos fines se entiende que la información consignada es de total responsabilidad y veracidad del representante legal tanto de las generadoras, distribuidoras y transmisoras del sector eléctrico como del poseedor y/o generador particular razón por la cual, en caso de omisión o falsedad de la misma, se procederá a la aplicación de sanciones administrativas, civiles o penales a que haya lugar.

**Art. 28.-** El reporte semestral del inventario debe realizarse durante los primeros 15 días del mes siguiente al semestre de reporte, es decir el reporte de enero a junio debe realizarse como máximo hasta el 15 de julio de cada año. El incumplimiento de este artículo llevará a la aplicación de sanciones administrativas, civiles o penales a que haya lugar.

**Art. 29.-** Los poseedores y/o generadores particulares que no cuenten con el permiso ambiental de su actividad otorgado por parte del Ministerio de Ambiente o la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable, debido a que no están obligados a ello, deben realizar el inventario, es decir el muestreo y análisis cualitativo y/o cuantitativo de acuerdo a lo estipulado en este Acuerdo Ministerial y cubrirán los costos de estas actividades. Los datos obtenidos de sus equipos serán cargados al SNIS-PCB por la empresa eléctrica que les suministra el servicio, quien recogerá la información necesaria de acuerdo a lo descrito en el Anexo E de este Acuerdo Ministerial.

**Art. 30.-** La Autoridad Ambiental Nacional en conjunto con el ARCONEL, o el que lo reemplace, administrará la información del SNIS-PCB y será la encargada de crear manuales de uso, reportes y divulgación de la información. El ARCONEL a través del Subcomité Técnico de PCB, creado mediante Oficio CONELEC Circular No. DE-10-0431 del 01 de Abril del 2010, en el plazo de 30 días a partir de presentada la información, será el encargado de verificar la calidad de la información entregada por el poseedor y/o generador, en caso de inconsistencias u otras observaciones estas serán indicadas al poseedor y/o generador, quien tendrá un plazo de 15 días contados a partir de la notificación respectiva para dar respuesta a las mismas.

**Art. 31.-** El Ministerio del Ambiente, podrá solicitar al poseedor y/o generador información ampliada o complementaria al inventario sobre aceite, desechos y equipos con contenidos de PCB, si así lo requiere, quien debe presentar la información requerida en un término

Martes 5 de enero de 2015 - 11

máximo de 15 días, bajo prevención de la aplicación de sanciones administrativas, civiles o penales a que haya lugar.

**Art. 32.-** El propietario de PCB puede solicitar la cancelación de su registro en el SNIS-PCB mediante comunicación escrita a la ARCONEL, o el que lo reemplace, solamente cuando acredite que sus existencias de PCB han sido gestionadas adecuadamente, haya entregado de forma completa y aceptada el Manifiesto Único a la Autoridad Ambiental Nacional y certifique su disposición final de acuerdo al marco normativo en desechos peligrosos existente en el país. La ARCONEL dará trámite a la solicitud de cancelación, sólo cuando la Autoridad Ambiental Nacional certifique que el propietario de PCB ya no posea existencias de PCB.

## CAPÍTULO IV

### DEL ETIQUETADO Y MERCADO

**Art. 33.-** Los equipos que utilicen aceite dieléctrico con o sin contenido de PCB, tanto en funcionamiento como los que están fuera de uso, deben estar etiquetados de acuerdo al formato establecido en el Anexo B de este instrumento, el cual se basa en los lineamientos de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2266:2013. Segunda Revisión. Transporte, Almacenamiento y Manejo de Materiales Peligrosos. Requisitos., norma obligatoria de acuerdo al RTE INEN 078:2013, así como en los requisitos en la Norma Técnica NTE INEN-ISO 3864-1:2013 Símbolos Gráficos, Colores de Seguridad y Señales de Seguridad' o las que las reemplacen.

**Art. 34.-** El etiquetado de equipos debe realizarse una vez determinada la presencia de PCB bajo o sobre los 50 ppm, no contaminado y contaminado respectivamente, mediante la utilización de métodos cualitativos, la etiqueta podrá ser sustituida por otra que indique lo contrario solamente cuando se realice un análisis cuantitativo por cromatografía de gases, realizado por laboratorios acreditados, designados y/o reconocidos por el ente rector del sistema de calidad, en el marco del siguiente criterio:

- 1) Concentración igual o mayor a 50 ppm se debe colocar la etiqueta correspondiente considerándolo como "Contiene Bifenilos Policlorados (PCB)".
- 2) Concentración menor a 50 ppm se debe colocar la etiqueta correspondiente considerándolo como "Libre de PCB".

**Art. 35.-** Los equipos que no tengan una placa identificativa, serán considerados como equipos con PCB (concentración mayor a 500 ppm) a menos que mediante un análisis cromatográfico se demuestre que su concentración es menor a 50 ppm, en cuyo caso se lo identificará con la etiqueta correspondiente de acuerdo al artículo anterior.

**Art. 36.-** Los demás tipos de desechos peligrosos contaminados con PCB deben ser envasados y etiquetados de acuerdo a lo establecido en la normativa INEN 2266 o la que la reemplace.

**CAPÍTULO V**

**DEL ALMACENAMIENTO DE DESECHOS  
PELIGROSOS CON CONTENIDO DE BIFENILOS  
POLICLORADOS**

**Art. 37.-** Todo equipo contaminado con PCB, aceite con PCB y cualquier desecho contaminado con PCB, deben ser almacenados en un sitio seguro y adecuado como se detalla en el presente Acuerdo, ya sean estos equipos o desechos propiedad de empresas eléctricas, empresas públicas o particulares.

**Art. 38.-** En caso de que el generador y/o poseedor particular por sus propios medios no tenga infraestructura autorizada para realizar el almacenamiento temporal de los equipos o desechos con PCB, podrá contratar el servicio de almacenamiento únicamente de gestores ambientales cuyo permiso ambiental otorgado por la Autoridad Ambiental Competente, establezca en su alcance el almacenamiento de este tipo de desechos. Las empresas eléctricas de distribución que cuenten con un permiso ambiental en cuyos documentos habilitantes se haya considerado el manejo de sus propios equipos o desechos con PCB, podrán prestar el servicio de almacenamiento a poseedores y/o generadores particulares y a empresas eléctricas que no cuenten con sitios adecuados de almacenamiento.

Considerando lo anterior, de ninguna manera, el generador y/o poseedor pierde la propiedad y responsabilidad sobre los equipos o desechos con PCB y por lo tanto el gestor no puede disponer de los mismos ni transferirlos a terceros. El incumplimiento a este artículo se someterá a la aplicación de las sanciones administrativas y penales a las que haya lugar.

**Art. 39.-** Las empresas eléctricas y poseedores particulares de PCB deberán aplicar lo establecido en el presente Acuerdo Ministerial en cuanto a la gestión de aceites, equipos y desechos con PCB.

Los poseedores particulares de equipos deben contar con un Plan de Gestión de Desechos de acuerdo a lo establecido en el permiso ambiental otorgado para su actividad. El Plan de Gestión de Desechos debe incluir a equipos, aceite y desechos con PCB y debe constar de los siguientes puntos: la capacitación al personal, adecuación de un sitio de mantenimiento de equipos, control sobre nuevos equipos a ser instalados y su contenido de aceite, adquisición de EPP, adecuación de instalaciones para almacenamiento temporal de equipos, aceite y desechos con PCB, inventario de equipos, acciones cronograma y costos aproximados para implementación del plan.

Los poseedores particulares que no cuenten con el permiso ambiental de su actividad, por no necesitarla, atenderán la disposición transitoria cuarta.

**Art. 40.-** Los sitios de almacenamiento deben estar correctamente señalizados, indicando los peligros de acuerdo a lo estipulado en el presente Acuerdo Ministerial, normas INEN 2266, normas nacionales e internacionales aplicables como los Convenios de Estocolmo y Basilea,

**Edición Especial Nº 456 - Registro Oficial**

evitando el almacenamiento incompatible de desechos y el contacto de los contenedores de PCB con los recursos agua y suelo. Las condiciones técnicas recomendadas para el diseño y construcción de una bodega de almacenamiento de aceite, equipos y desechos con PCB están detalladas en el Anexo F.

**Art. 41.-** El período máximo de almacenamiento en las bodegas de aceites dieléctricos, equipos y desechos con PCB será de un año, pasado dicho periodo se deben enviar los desechos a un gestor ambiental autorizado para el tratamiento por la Autoridad Ambiental Competente. Sin embargo, se podrán almacenar, de acuerdo a la normativa ambiental vigente, por un periodo superior mientras no exista un gestor autorizado.

**Art. 42.-** El aceite contaminado con PCB que se encuentre dentro de un equipo debe ser almacenado dentro del mismo equipo, siempre y cuando éste no presente problemas de fugas, corrosión o humedad. El aceite, fluidos y otros desechos con PCB y que no estén contenidos dentro de un equipo o que estén en un equipo que presenta fugas o corrosión, deben ser almacenados en recipientes metálicos de máximo 55 galones (ver Anexo D), cerrados y debidamente etiquetados (ver Anexo B).

**Art. 43.-** El poseedor y/o generador de PCB (aceites con PCB, equipos que los contengan, residuos de PCB y pasivos con PCB) y poseedores particulares, adoptarán las medidas de precaución necesarias para evitar todo riesgo de incendio, almacenándolos alejados de cualquier producto inflamable, explosivos, agentes oxidantes, productos corrosivos. Además, todos estos desechos deben estar almacenados lejos de productos alimenticios.

**Art. 44.-** La instalación de almacenamiento de desechos peligrosos, en donde se encuentren envasados los desechos con PCB, sea como prestador de servicio (Gestor) o como parte de la infraestructura del generador, debe contar con planes de contingencias, mitigación y remediación los cuales son componentes del Plan de Manejo Ambiental aprobado de acuerdo al permiso ambiental otorgado, y por lo tanto deben contar con el personal capacitado, el equipo de protección personal así como el equipamiento para atender contingencias sean derrames, incendio, entre otros.

**Art. 45.-** En caso de ocurrir un accidente (ruptura, derrame, explosión, incendio, etc.) se debe ejecutar el plan de contingencias el cual debe estar aprobado por la Autoridad Ambiental Competente. Además, el sujeto de control (poseedores y/o generadores de PCB), debe informar dentro de las primeras 24 horas de ocurrido el accidente a la Autoridad Ambiental Competente de su jurisdicción mediante un informe preliminar, lo cual no exime de la aplicación del plan de contingencias correspondiente. Luego de 3 días de ocurridos los hechos tendrá que ratificar a la Autoridad Ambiental Competente, con un informe en el que se reporte las medidas correctivas tomadas para enfrentar la contingencia y en caso de que aplique, el procedimiento para la remediación y/o reparación del daño ocasionado.

La Autoridad Ambiental Competente podrá requerir que se realicen los análisis necesarios para determinar la

## Registro Oficial - Edición Especial Nº 456

extensión de la contaminación por PCB en las instalaciones y el ambiente, o, cuando corresponda, la contaminación provocada por los productos de descomposición. A la luz de los resultados de dichos análisis a costo de los propietarios de los equipos, los servicios técnicos de la Autoridad Ambiental Competente podrán requerir que el propietario realice cualquier trabajo que sea necesario para la descontaminación de las áreas involucradas a su costo.

Tanto las empresas eléctricas como el poseedor y/o generador particular deben mantener a la Autoridad Ambiental Competente informada del progreso de los trabajos y de otras medidas requeridas. Se deberán almacenar temporalmente los escombros, tierra y todo otro material contaminado fruto del accidente, con gestores autorizados. Como referencia se detalla en el Anexo H de este Acuerdo, lo recomendado en cuanto a contaminación fría y caliente con PCB.

**Art. 46.-** Las zonas de almacenamiento de aceites, equipos y desechos con PCB, tanto de empresas del sector eléctrico como de gestores ambientales que brinden el servicio de almacenamiento, deben ubicarse alejadas a las zonas urbanas. Cuando el sitio de almacenamiento se haya construido con anterioridad a la publicación de este Acuerdo Ministerial y se localice en zonas densamente pobladas, cercanas a escuelas, hospitales u otros receptores sensibles, se debe adoptar todas las medidas razonables de protección contra cualquier contingencia, derrame o posible incendio y deberán prever en su planificación la reubicación de estas zonas de almacenamiento a un área adecuada hasta el 2020.

### CAPÍTULO VI

#### DEL TRANSPORTE

**Art. 47.-** Quien realice el transporte de desechos con PCB, sean equipos, tanques u otro tipo de desecho, debe contar con el respectivo permiso ambiental para el efecto, solamente se exime de este requerimiento a las empresas eléctricas que:

- 1) Vayan a realizar el transporte de equipos y desechos con PCB, cuyo destino sea el sitio de mantenimiento o sitio de almacenamiento de la propia empresa eléctrica,
- 2) Vayan a realizar el transporte de aceite o desechos con una concentración menor a 50 ppm (10 ug de PCB/ 100 cm<sup>2</sup>) de PCB, como lo indica el artículo 5 del presente instrumento, siempre y cuando el destino final de estos desechos sean las bodegas, lugares de instalación o sitios de almacenamiento de la propia empresa eléctrica y esta actividad cuente con su respectivo plan de contingencia aprobado por la Autoridad Ambiental Competente.
- 3) Para el caso del numeral 1) del presente artículo, el transporte se debe contar con una cadena de custodia básica, de acuerdo a lo descrito en el Anexo I del presente Acuerdo Ministerial, que asegure que el contenido de desechos o equipos transportados sea el mismo que llegue al destino final.

Martes 5 de enero de 2015 - 13

Las empresas eléctricas realizarán continua capacitación sobre el plan de contingencias para el transporte de desechos, equipos y tanques con PCB.

**Art. 48.-** El gestor de transporte de desechos peligrosos que incluya desechos con PCB debe contar con el respectivo permiso ambiental, con planes de contingencias, atención de emergencias, mitigación y remediación los cuales son componentes del Plan de Manejo Ambiental aprobado de acuerdo al permiso ambiental otorgado, y por lo tanto deben contar con el personal capacitado, el equipo de protección personal así como el equipamiento para atender contingencias sean derrames, incendio, entre otros.

**Art. 49.-** En el caso de accidentes o incidentes que involucren a desechos con PCB durante el transporte, el gestor de transporte de desechos peligrosos o las empresas eléctricas eximidas de acuerdo al artículo 47 del presente instrumento, deben acogerse a lo especificado en el plan de contingencia del plan de manejo ambiental aprobado y cumplir con la normativa ambiental aplicable.

**Art. 50.-** En caso de ser necesario la exportación de desechos con PCB, se debe minimizar los riesgos de transporte transfronterizo cumpliendo la normativa ambiental vigente, las especificaciones de los convenios internacionales firmados (Convenio de Basilea) sobre transporte transfronterizo y de acuerdo a lo explicado en los Anexos A, B y D de este Acuerdo Ministerial.

### CAPÍTULO VII

#### DEL MANTENIMIENTO, DISPOSICIÓN FINAL DE ACEITE, EQUIPOS Y DESECHOS CON PCB

**Art. 51.-** Durante la realización de mantenimientos de equipos no contaminados se deben utilizar fluidos libres de PCB. Se debe mantener los documentos y registros de las actividades de inspección, mantenimiento y limpieza que se realicen a los equipos, estos documentos deben estar disponibles para su verificación cuando la Autoridad Ambiental Competente lo requiera.

**Art. 52.-** Los equipos con más de 50 ppm de PCB que se encuentran en línea y que por cualquier causa salgan de operación, no deben ser sujetos a mantenimiento, no podrán ser nuevamente instalados o energizados y serán almacenados en sitios adecuados de acuerdo a lo estipulado en este Acuerdo Ministerial.

**Art. 53.-** Cualquier tecnología o procedimiento de eliminación o disposición final de desechos peligrosos con contenido de PCB deben ser autorizados por la Autoridad Ambiental Nacional a través del permiso ambiental correspondiente conforme las disposiciones del presente instrumento y a la normativa ambiental vigente.

**Art. 54.-** Para la exportación con fines de eliminación de equipos, aceites dieléctricos o desechos con PCB, se aplicará las disposiciones del Acuerdo Ministerial No. 061 o el que lo reemplace y el procedimiento en el marco del Convenio de Basilea para movimientos transfronterizos conforme con el Anexo A y el Anexo D del presente Acuerdo Ministerial.

**Art. 55.-** Uno de los requisitos necesarios para la exportación de desechos es la caracterización que indica la concentración de PCB, conforme lo previsto en el artículo 5 de este instrumento normativo.

**Art. 56.-** Todo sujeto de control, presentará periódicamente a la Autoridad Ambiental Competente un informe de monitoreo de calidad del suelo conforme lo estipulado en el Anexo II del Libro VI del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente o el que lo reemplace. La periodicidad y el plan de muestreo deben ser establecidos en el Plan de Manejo Ambiental del proyecto. Además, todo sujeto de control debe cumplir con todos los límites para PCB, establecidos en el Anexo I y Anexo II del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente o el que lo reemplace.

**Art. 57.-** El suelo contaminado con PCB con concentraciones mayores a las estipuladas en el Anexo II del Libro VI del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente o el que lo reemplace, deben ser tratados por un gestor autorizado por la Autoridad Ambiental Nacional hasta alcanzar los Criterios de Remediación, especificados en la Tabla 2, Anexo II del Libro VI del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente o el que lo reemplace, o deberán almacenarse de acuerdo a lo estipulado en el Capítulo 5 del presente Acuerdo Ministerial hasta que pueda ser gestionado de manera adecuada a nivel local o exportado para su tratamiento adecuado en el exterior.

**Art. 58.-** Los equipos que en su interior lleven aceite dieléctrico, que se construyan en Ecuador, deben utilizar aceite libre de PCB. Se demostrará que el aceite es libre de PCB mediante certificado(s) provistos por los proveedores del aceite que así lo acrediten y resultados de análisis cromatográficos realizados por laboratorios acreditados, designados y/o reconocidos por el SAE o el que le reemplace.

**Art. 59.-** Los fluidos dieléctricos, que mediante el resultado del análisis cromatográfico en un laboratorio acreditado, designado y/o reconocido por el SAE o el que lo reemplace, se determine que su concentración de PCB sea menor a 50 ppm, deben ser tratados como desechos peligrosos y se deben enviar a un gestor de desechos peligrosos autorizado para el coprocesamiento u otra tecnología autorizada para el efecto bajo el respectivo permiso ambiental. Únicamente si la capacidad nacional no abastece el tratamiento de estos aceites con esta concentración de PCB, se analizará y autorizará la alternativa de exportación.

En cuanto a otros componentes metálicos como carcasa y de otros materiales que estuvieron en contacto con aceite dieléctrico, se debe proceder de la siguiente manera:

a) Si el aceite que el equipo o contenedor poseía, tenía una concentración igual o superior a 50 ppm o, el contenedor o equipo tiene una concentración mayor a 10ug de PCB / 100cm<sup>2</sup>, este deberá ser tratado o destruido adecuadamente por un gestor con el permiso para el efecto o podrá ser exportado para su destrucción si en el país no existe la tecnología adecuada.

b) Si el aceite que el equipo o contenedor poseía, tenía una concentración menor a 50 ppm o el contenedor o equipo tiene una concentración menor a 10ug de PCB / 100cm<sup>2</sup>, este podrá ser destinado únicamente a fundición siempre y cuando se encuentre libre de restos de aceite por completo.

Los gestores que realicen reciclaje y fundición de materiales metálicos, deben contar con el permiso ambiental cuyo alcance o documentos habilitantes indiquen el manejo de este tipo de desechos peligrosos, lo cual implica que cuentan con la infraestructura y las condiciones técnicas para que las emisiones procedentes de la actividad sean tratadas conforme a lo establecido en la normativa ambiental nacional aplicable, o en su defecto normativa internacionalmente aceptada.

**Art. 60.-** Los fluidos dieléctricos, equipos y desechos que contienen PCB, que mediante el resultado del análisis cromatográfico en un laboratorio acreditado, designado y/o reconocido por el SAE o el que lo reemplace, se determine que su concentración es igual o mayor a 50 ppm (10 ug de PCB/100 cm<sup>2</sup>), deben ser tratados como desechos peligrosos. Si la tecnología de tratamiento o destrucción ya se encuentra instalada en el país, no se autorizará la exportación de estos desechos, únicamente, si la capacidad nacional de tratamiento o destrucción no es adecuada o no abastece el tratamiento de estos desechos, se autorizará la exportación en el marco del Convenio de Basilea, luego del análisis de la justificación técnica correspondiente.

**Art. 61.-** La destrucción o tratamiento de aceite, equipos y desechos con PCB (mayor a 50 ppm de PCB o 10 ug/100 cm<sup>2</sup>) debe ser realizada como máximo hasta el 31 de diciembre del 2025, de acuerdo a lo estipulado en la Disposición Transitoria Quinta de este Acuerdo Ministerial.

**Art. 62.-** En caso de exportación de aceite, equipos y desechos con PCB se debe envasar, empacar y etiquetar cada uno de estos desechos de acuerdo a la normativa internacional aplicable.

## ANEXO

### ETIQUETADO Y MARCADO DE EQUIPOS ELECTRICOS Y CONTENEDORES DE ACEITE

Luego de realizada la prueba cualitativa de determinación de presencia de PCB o la prueba cuantitativa para determinar la concentración de PCB, se procederá a colocar un adhesivo en una parte visible del equipo o contenedor, de acuerdo a lo indicado en los siguientes modelos:

Las dimensiones normalizadas para las etiquetas "Contienen PCB" son:

Largo: 30 cm

Ancho: 10 cm

Las dimensiones normalizadas para la etiqueta "Libre" son:

Largo: 20 cm

Ancho: 8 cm

Se sugiere colocar los teléfonos de emergencia que podrían ser de las áreas que manejan planes de emergencia y contingencia en las empresas.



**NOTA:** Es importante mencionar en el caso de las etiquetas para material con PCB, el Número de Identificación **ID.N. 2315** corresponde a fluidos con PCB, en el caso de contenedores con sólidos contaminados con PCB el Número de Identificación que debe ir en la etiqueta es **ID. N. 3432**.



# ADVERTENCIA

## CONTIENE Bifenilos Policlorados (PCB's) ID N. 2315



### Bifenilos Policlorados (PCB's)

#### Atención

**AGENTE TÓXICO:** Contaminante  
**NOCIVO SI ES INHALADO**  
**INGERIDO:** Usar solamente con ventilación adecuada y protección personal.

**CAUSA IRRITACIÓN:** Evitar contacto con los ojos, la piel y la ropa.

#### Instrucciones En Caso De Contacto o Exposición

**OJOS:** Enjuagar inmediatamente con abundante agua por lo menos durante 15 minutos.

**PIEL:** Lavar con abundante agua tibia y jabón neutro. (Lavar la ropa antes de un nuevo uso).

**INHALACIÓN:** Trasladar al afectado a un sitio aireado y si es necesario aplicar oxígeno.

**INGESTIÓN:** Inducir al vómito a la persona afectada, introduciendo el dedo hasta el fondo de la garganta.

**LLAMAR AL MÉDICO INMEDIATAMENTE EN CUALQUIERA DE LOS CASOS**

#### EN CASO DE EMERGENCIA LLAMAR A:

**UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL**

**39647XX ext. 2738**

**DPTO. DE SEGURIDAD INDUSTRIAL**

**25083XX ext. 5304**

## ANEXO

### CONDICIONES TÉCNICAS RECOMENDADAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA BODEGA DE ALMACENAMIENTO DE ACEITE, EQUIPOS Y DESECHOS CON PCB

Las características mínimas del almacenamiento de los desechos peligrosos, incluidos los que contienen PCB están establecidas y especificadas en la normativa aplicable (INEN 2266, entre otras). Las condiciones técnicas recomendadas para el diseño y construcción de una bodega de almacenamiento de aceite, equipos y desechos con PCB son:

- a) Contar con una cerca de seguridad alrededor de la bodega.
- b) Muros de concreto, de estructura sólida, incombustible y colocar un techo liviano.
- c) Piso de concreto que no tenga drenaje sin grietas y juntas de expansión entre lozas, deberá pintarse el piso con pintura epóxica.
- d) Colocar una baranda de concreto alrededor del perímetro de la bodega. e)

Contar con una rampa de acceso.

- f) Todos los productos almacenados deben estar a una distancia de 1 metro de los muros perimetrales. g)

Deberá tener ventilación suficiente para evitar concentración de vapores.

- h) El personal que trabaje en la bodega será capacitado para la manipulación de desechos peligrosos. i)

La bodega no almacenará desechos peligrosos junto a sustancias químicas peligrosas

- j) La bodega debe contar con extintores de capacidad de 10 lb de tipo polvo químico seco, CO<sub>2</sub>, rocío de agua o espuma regular, k)

La bodega debe contar con sistema de detección automático de incendio.

- l) El local será de una sola planta y contará con pasillos interiores apropiados para el transporte.

- m) La cubierta de la bodega será apropiada, con el fin de evitar la incidencia directa de la radiación solar y el ingreso de agua sobre los sistemas almacenados.





- n) El piso contará con canaletas colectoras alrededor de su perímetro interno y con la pendiente necesaria hacia un reservorio. El reservorio deberá tener una capacidad de contención de al menos el 25% del total del volumen de aceite que se pueda almacenar en la bodega.

- o) En caso de equipos en funcionamiento, que no se encuentran almacenados debe contar con un cubeto capaz de almacenar al menos el 110% del volumen del aceite dieléctrico.

- p) En la bodega se construirá un cuarto de vestuario que cuente con instalación sanitaria, ducha y lavajos en caso de emergencia, armarios para la ubicación de los elementos de protección personal, material absorbente y ropa desechable para los trabajadores que realicen tareas en el lugar.

- q) Los desechos peligrosos serán almacenados considerando los criterios de compatibilidad, de acuerdo a lo establecido en las normas técnicas emitidas por la Autoridad Ambiental Nacional o la Autoridad Nacional de Normalización y las normas internacionales aplicables.

## Anexo 2. Fichas técnicas de pruebas realizadas

		CODIGO Y NUMERO DE MUESTRA	
		NM-CC-T S/N	
CNEL CORP			
BITACORA DE MUESTRA DE ACEITE DIELECTRICO PARA ANALISIS DE PCB' s			
RESPONSABLE TOMA DE MUESTRA:		GERAT NARANJO	
FECHA:	2017-11-30	HORA:	9:53
UBICACIÓN DEL EQUIPO			
PROVINCIA	LOS RIOS		
CANTON	BABAHOYO		
PARROQUIA	CARACOL		
DIRECCION	CAÑAVERAL DE ADENTRO		
COORDENADA X	667582		
COORDENADA Y	9804350		
SUB ESTACIÓN	NELSON MERA		
ALIMENTADOR	CARACOL		
Nro. POSTE	S/N		
DATOS DEL EQUIPO			
Nro. EMPRESA	S/N		
Nro. SERIE	92401		
MARCA	MAGNETRON		
KVA	10		
TIPO DE TRANSFORMADOR	TRANSFORMADOR PAUDMOUNTED MONOFASICO		
Nro. FASES	1		
AÑO DE FABRICACION	2003		
PAIS DE ORIGEN	Colombia		
TIPO DE ACEITE	MINERAL		
LITROS DE ACEITE	25		
PESO NETO (KG)	98		
KG/KVA	2,00		
ETIQUETA COLOCADA	LIBRE DE PCB' S	<input type="radio"/>	CONTIENE PCB' s
FOTO DEL POSTE		FOTO DE PLACA DEL TRANSFORMADOR	
			
		FOTO DEL TRANSFORMADOR ETIQUETADO	
			
Observaciones			



CODIGO Y NUMERO DE MUESTRA

LRS-001

**CNEL LOS RIOS**

**BITACORA MUESTRAS DE ACEITE DIELECTRICO PARA ANALISIS DE PCB`s**

RESPONSABLE TOMA MUESTRA: CARLOS ESPINOZA

FECHA: 27-JUNIO-2017

HORA: 11:45

**UBICACIÓN DEL EQUIPO**

PROVINCIA	LOS RIOS
CANTON	BABAHOYO
PARROQUIA	BABAHOYO
DIRECCION	JUAN X MARCOS Y ANTOLETO
COORDENADA EN X	0664419
COORDENADA EN Y	9800610
Nro. POSTE	
Nro. ALIMENTADOR	S/E: TERMINAL TERRESTRE CIRCUITO: JUAN X MARCOS

**DATOS DEL EQUIPO (PLACA)**

Nro. SERIE	M070452YKMA
Nro. EMPRESA	065053
MARCA	GENERAL ELECTRIC
KVA	10
TIPO TRANSFORMADOR	AUTOPROTEGIDO
Nro. FASES	1
AÑO FABRICACION	
PAIS ORIGEN	USA
TIPO DE ACEITE	MINERAL
KG/KVA	
LITROS DE ACEITE	
TRANSFORMADOR ETIQUETA CONTIENE PCB	SI NO X

FOTO PLACA TRANSFORMADOR



FOTO DEL TRANSFORMADOR



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ambiente, M. (2010, marzo 16). Medio Ambiente: TOXICOLOGÍA DE LOS PCBs. Recuperado el 9 de enero de 2018, a partir de <http://www.pilarmori.blogspot.com/2010/03/monografia-toxicologia-de-los-pcb-s.html>

ATSDR. (2013). Bifenilos policlorados (BPCs). Recuperado el 9 de enero de 2018, a partir de [https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts17.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts17.html)

BBCLubricantes Soluciones en lubricación. (2015). Aceites Aislantes. Recuperado el 9 de enero de 2018, a partir de <http://www.bbclubricantes.com.ar/blog/385>

Comisión Federal de Electricidad. (2014). FLUIDOS AISLANTES. Recuperado el 9 de enero de 2018, a partir de <http://gama.fime.uanl.mx/~omeza/pro/LASE/CAP14.pdf>

Concha, P. (2011). Tipos y aplicaciones de transformadores. Recuperado el 24 de enero de 2018, a partir de [http://patricioconcha.ubb.cl/transformadores/gral\\_tipos\\_y\\_aplicaciones.htm](http://patricioconcha.ubb.cl/transformadores/gral_tipos_y_aplicaciones.htm)

Definicion.de. (2012). Transformador. Recuperado el 2 de febrero de 2018, a partir de <https://definicion.de/transformador/>

Ecuatran. (2014). Catálogo de transformadores. Recuperado el 24 de enero de 2018, a partir de [http://www.ecuatran.com/wp-content/uploads/2017/02/brochure\\_distribucion.pdf](http://www.ecuatran.com/wp-content/uploads/2017/02/brochure_distribucion.pdf)

EcuRed. (2015). Aceite aislante. Recuperado el 9 de enero de 2018, a partir de [https://www.ecured.cu/Aceite\\_aislante](https://www.ecured.cu/Aceite_aislante)

Eduerne, F. (2010). Muertes por PCB, un drama con el que muchos conviven a diario. Recuperado el 9 de enero de 2018, a partir de <http://www.anred.org/spip.php?article1551>

EspacioMarketing.com. (2012). ¿Cómo funcionan los Transformadores Eléctricos? Recuperado el 23 de enero de 2018, a partir de <http://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-electricas-y-accesorios/transformadores-electricos>

Fierros Ediciones. (2013). La dotacion de un electricista. Recuperado el 16 de febrero de 2018, a partir de <http://fierros.com.co/revista/ediciones2009/edicion-7/dotacion/la-dotacion-de-un-electricista.htm>

Gil, I. (2017). *Tutoriales Lubricación Módulo 8: Transformadores*. Madrid, España. Recuperado a partir de <https://www.brettis.com/Tutorial/08Transformadores.pdf>

Granero, A. (2015, agosto 18). Ingeniería de Máquinas y Sistemas Eléctricos: Incidencias y averías en la explotación de Transformadores de Distribución. Recuperado el 4 de enero de 2018, a partir de <http://imseingenieria.blogspot.com/2015/08/incidencias-y-averias-en-la-explotacion.html>

Green Facts. (2014). Consenso Científico sobre los PCB Bifenilos Policlorados. Recuperado el 9 de enero de 2018, a partir de <https://www.greenfacts.org/es/pcb/>

Gutiérrez, J., & González, M. (2010). Generalidades de los Policloruros de bifenilos. Recuperado el 15 de febrero de 2018, a partir de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2679/628445G984.pdf?sequence=1>

Hutzinger, S., & Zito. (2010). Bifenilos policlorados. Recuperado el 9 de enero de 2018, a partir de <http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/Vol314b.htm>

INATRA. (2015). Transformadores Ecuador. Recuperado el 24 de enero de 2018, a partir de <http://inatra.com/>

Ingenieria en Transformadores. (2012). Aceite Dieléctrico Mineral y Vegetal. Recuperado el 9 de enero de 2018, a partir de <http://www.ingetraf.com/index.php/es/productos/aceite-dielectrico-mineral-y-vegetal>

MAE. Guía PCB FINAL.pdf (2011). Recuperado a partir de [http://www.ec.undp.org/content/dam/ecuador/docs/documentos%20proyectos%20ambiente/pnud\\_ec%20Gu%C3%ADa%20PCB%20FINAL.pdf](http://www.ec.undp.org/content/dam/ecuador/docs/documentos%20proyectos%20ambiente/pnud_ec%20Gu%C3%ADa%20PCB%20FINAL.pdf)

MAE. (2011b). Manual para PCBS. Recuperado el 3 de enero de 2018, a partir de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/03/PCBs.pdf>

MAE. (2011c). *PCBs.pdf*. Recuperado a partir de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/03/PCBs.pdf>

MAE. ACUERDO MINISTERIAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA GESTIÓN AMBIENTALMENTE RACIONAL DE PCB (2015). Recuperado a partir de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/05/ACUERDO-MINISTERIAL-DE-PROCEDIMIENTOS-PARA-LA-GESTI%C3%93N-AMBIENTALMENTE-RACIONAL-DE-PCB.pdf>

- Molina, F. (2011). ¿Qué es el PCB? Recuperado el 9 de enero de 2018, a partir de <http://www.profesormolina.com.ar/electromec/pcb.htm>
- Moreno, L. (2015). Partes del transformador. Recuperado el 23 de enero de 2018, a partir de <https://es.scribd.com/doc/98705484/partes-del-transformador>
- Naula, K. (2013). Determinacion Cuantitativa de Pcb. Recuperado el 14 de febrero de 2018, a partir de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/98434/D-CD102082.pdf>
- Navas, D., Cadavid-Ramírez, H., Echeverry -Ibarra, & Fernando, D. (2012). Application of Dielectric Vegetable Oil in Electrical Transformers. *Ingeniería y Universidad*, 16(1), 201–223.
- Núñez. (2011). Guia para el mantenimiento de transformadores de potencia. Recuperado el 4 de enero de 2018, a partir de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3083/1/5600.pdf>
- NYNAS. (2012). Aceites de transformador. Recuperado el 9 de enero de 2018, a partir de <http://catedra.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/sispot/Libros%202007/libros/cme/vol-03/2apend4/cm-a04d.htm>
- Orellana, M. (2014). Manual para Pcb. Recuperado el 25 de enero de 2018, a partir de <https://maeorellana.files.wordpress.com/2014/05/manual-pcb.pdf>
- Ortiz, A. (2015). Guia Tecnica de Gestion de PCBS. Recuperado el 16 de febrero de 2018, a partir de [http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/documentos/guia\\_tecnica\\_gestion\\_pcb\\_v1\\_2016.pdf](http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/documentos/guia_tecnica_gestion_pcb_v1_2016.pdf)



Pinilla. (2015). Protección de productos químicos. Recuperado el 16 de febrero de 2018, a partir de <http://equiposproteccion.com/proteccion-productos-quimicos/proteccion-productos-quimicos/>

Quimicamiralles. (2013). ACEITES DE TRANSFORMADORES: Aceites para Transformadores, Aceites Industriales. Recuperado el 4 de enero de 2018, a partir de <http://www.quimicamiralles.cl/productos/aceites-industriales/aceites-para-transformadores-1/aceites-de-transformadores>

Ramirez. (2010). *Transformadores Electricos*. Motor. Recuperado a partir de <https://es.slideshare.net/engelfire/transformadores-electricos-presentation>

RAPAL. (2011). PCBs.pdf. Recuperado el 9 de enero de 2018, a partir de <http://www.rapaluruaguay.org/agrotoxicos/COPs/Prensa/PCBs.pdf>

Revista EI. (2014). PCB en transformadores, ¿un contaminantesin rumbo? Recuperado a partir de <http://www.revistaei.cl/columnas/pcb-en-transformadores-un-contaminantesin-rumbo/>

Servelec. (2016a). Degradación del Aceite Aislante Pruebas Iniciales, Mantenimiento y Diagnóstico de Subestaciones Eléctricas. Recuperado el 9 de enero de 2018, a partir de <http://www.servelec.mx/degradacion-del-aceite-aislante.html>

Servelec. (2016b). Prueba Colorimétrica para Detección de BPCs. Pruebas Iniciales, Mantenimiento y Diagnóstico de Subestaciones Eléctricas. Recuperado el 8 de febrero de 2018, a partir de <http://www.servelec.mx/prueba-colorimetrica-para-deteccion-de-bpcs.html>

- Studylib. (2011). Generalidades y conceptos básicos sobre bifenilos policlorados. Recuperado el 9 de enero de 2018, a partir de <http://studylib.es/doc/5190695/generalidades-y-conceptos-b%C3%A1sicos-sobre-bifenilos-policlo...>
- TTESA. (2014). Transformadores de Potencia. Recuperado el 24 de enero de 2018, a partir de <http://www.ttesa.com.ar/transformadoresp.php>
- Turox Urbina. (2012). *Funcionamiento de los transformadores*. Ingeniería. Recuperado a partir de <https://es.slideshare.net/turoxman/funcionamiento-de-los-transformadores>
- Varela, R. (2013). Los PCB's. "Uno de los doce contaminantes más nocivos fabricados por el ser humano". Recuperado el 9 de enero de 2018, a partir de <http://rvfconsultores.blogspot.com/2013/12/los-pcbs-uno-de-los-doce-contaminantes.html>
- Velez, L. (2011). Transformador. Recuperado el 4 de enero de 2018, a partir de <https://luisvelepucha.wordpress.com/2011/01/12/transformador/>
- Zambrano. (2015). Plan de Gestión de manejo de PCBS. Recuperado el 9 de enero de 2018, a partir de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13444/3/zambrano%20garcia.pdf>
- Zúñiga, P. (2012). Instalaciones Eléctricas Residenciales: 5 Tipos de Transformadores de distribución. Recuperado el 4 de enero de 2018, a partir de <http://instalacioneselctricasresidenciales.blogspot.com/2015/11/5-tipos-de-transformadores-de.html>

## **GLOSARIO**

CNEL: Corporación Nacional de Electricidad

LINIERO: Persona encargada de realizar trabajos en las fases y transformadores del servicio eléctrico.

MAE: Ministerio del Ambiente Ecuador

MEER: Ministerio de Electricidad y Energías Renovables

PCB: Policlorobifenilos



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Johanna Cristina Loor Espinoza**, con C.C: # **1207831213** autor/a del trabajo de titulación: **Análisis Del Impacto Ambiental Causado Por Los Bifenilos Policlorados (Pcb'S) En Aceites De Transformadores. Metodología Para Pruebas En Transformadores De Potencia Bajo Norma ASTM D 4059-00** previo a la obtención del título de **Ingeniera Eléctrico Mecánica** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 8 de marzo de 2018

f. \_\_\_\_\_

Nombre: **Loor Espinoza Johanna Cristina**

C.C: **1207831213**



<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>		
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO POR LOS BIFENILOS POLICLORADOS (PCB's) EN ACEITES DE TRANSFORMADORES. METODOLOGÍA PARA PRUEBAS EN TRANSFORMADORES DE POTENCIA BAJO NORMA ASTM D 4059-00	
<b>AUTOR(ES)</b>	Johanna Cristina Loor Espinoza	
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Luis Vicente Vallejo Samaniego	
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil	
<b>FACULTAD:</b>	Facultad De Educación Técnica Para El Desarrollo	
<b>CARRERA:</b>	Carrera De Ingeniería Eléctrico Mecánica	
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniera en Electrico Mecanica	
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	8 de marzo de 2018	<b>No. DE PÁGINAS:</b> 99
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Transformadores, PCB'S, Impacto ambiental	
<b>PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:</b>	Aceite aislante, PCB, Kit colorimétrico, cromatografía de gases, metodología de pruebas.	
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b> Este proyecto se basa en el análisis y confiabilidad que brinda la metodología de las pruebas en aceite de transformador con posible contenido de PCB's realizadas con el Kit colorimétrico CLOR-N-OIL 50, además de las diferentes leyes y normativas establecidas por el MAE y el MEER y en organismos internacionales para la correcta manipulación de las sustancias toxicas con el fin de preservar la salud de los ciudadanos y la protección del entorno en el que vivimos. Este trabajo cuenta de dos partes, la parte teórica y la parte de análisis de acuerdo a las normativas establecidas. La primera parte consiste en las generalidades y definiciones que permitirán un mayor entendimiento de los peligros que ocasionan estas sustancias a la salud y al ambiente y la forma adecuada de eliminación, la parte de aportaciones se basa en el análisis de normas que impactan positivamente en el manejo adecuado de los PCB's, así como la descripción de la metodología de las pruebas mediante experiencias en los lugares donde se encuentra un gran índice de transformadores.		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-959535697	<b>E-mail:</b> johanyc_96@hotmail.es
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre:</b> Philco Asqui, Luis Orlando	
	<b>Teléfono:</b> (04) 2 20933 ext 2007	
	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:Luis.philco@cu.ucsg.edu.ec">Luis.philco@cu.ucsg.edu.ec</a> / <a href="mailto:ute@cu.ucsg.edu.ec">ute@cu.ucsg.edu.ec</a>	
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>		
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>		
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>		
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>		