



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES
CARRERA INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

Tema de tesis

**PROPUESTA TÉCNICA PARA EL MANEJO ADECUADO DE LOS
TRANSFORMADORES QUE CONTIENEN BIFENILOS POLICLORADOS (PCBs),
EN LA CABECERA CANTONAL DE SARAGURO.**

**Tesis previa a la obtención
del título de Ingeniero en
Gestión Ambiental**

Autor: Hugo Armando Espinoza Mora

Director: Ing. Fausto López Rodríguez.

LOJA – ECUADOR

2010

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Loja, 05 de agosto de 2010.

Ingeniero
Fausto López R.
DOCENTE INVESTIGADOR DE LA UTPL

CERTIFICO:

Que el trabajo de tesis denominado: *Propuesta Técnica para el Manejo adecuado de los transformadores que contienen Bifenilos Policlorados (PCBs), en la Cabecera Cantonal de Saraguro*, presentado por el Sr. Hugo Armando Espinoza Mora, ha sido dirigido, revisado y discutido en todas sus partes. Por lo cual autorizo la presentación, sustentación y defensa del mismo.

Ing. Fausto López R.
DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA:

Las ideas, opiniones, criterios y recomendaciones plasmadas en el presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor (a).

Hugo A. Espinoza Mora
Autor

CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Hugo Armando Espinoza Mora, declaro ser autor del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y sus representantes locales de posibles reclamos y acciones legales.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad.

Hugo A. Espinoza Mora
Autor

DEDICATORIA

Éste trabajo está dedicado a las personas que más quiero y que siempre me apoyaron incondicionalmente durante el transcurso de mi vida.

- A mis padres Livia Mora E. y Víctor H. Espinoza, que siempre me apoyaron y me brindaron lo mejor para poder emprender el camino de mi vida hacia el éxito.
- A mis hermanitos Diana, José Luis, Karina y Víctor Alejandro, que han sido mi fortaleza a través de los años brindándome su amistad, cariño y comprensión.
- A mi familia por confiar en mí y apoyarme cuando lo necesité.
- A mis amigos Jas, Eli, RR, por ser quienes estuvieron en todo momento a mi lado y me impulsaron a concretar ésta etapa de mi vida.

Hugo A. Espinoza Mora

AGRADECIMIENTO:

Dejo testimonio de agradecimiento a:

- A la Escuela de Ciencias Biológicas y Ambientales, Carrera de Gestión Ambiental de la Universidad Técnica Particular de Loja.
- A los señores profesores de la escuela, por haberme brindado sus conocimientos con responsabilidad y buena voluntad.
- Al Ing. Fausto López R, quien en calidad de Director me supo orientar a lo largo del desarrollo de mi Tesis.
- A la Empresa Eléctrica Regional de Sur S.A., en la persona del Ing. Guillermo Ulloa, por haberme brindado su apoyo y la apertura para la realización del trabajo de Tesis.
- Al personal de la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A., del Cantón Saraguro por facilitarme su colaboración durante el desarrollo del proyecto.

El Autor.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Certificación del Director de Tesis	ii
Autoría	iii
Cesión de Derechos	iv
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Índice de Contenidos	vii
Resumen	viii

I. INTRODUCCIÓN

II. OBJETIVOS

III. MARCO TEÓRICO

3. Generalidades.

3.1. Los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs).

3.1.1. Características de los COPs.

3.1.2. Clasificación de los COPs.

3.2. Bifenilos Policlorados (PCBs).

3.2.1. Historia de los PCBs.

3.2.2. Características físicas y químicas de los PCBs.

3.3. Usos de los PCBs.

3.3.1. Usos cerrados.

3.3.2. Usos parcialmente cerrados.

3.3.3. Usos abiertos.

3.4. Producción de PCBs.

3.4.1. Fabricantes y marcas.

3.5. Efectos de los PCBs.

3.5.1. Efectos en el medio ambiente.

3.5.2. Efectos en la salud humana.

3.6. Mecanismos de dispersión de los PCBs.

3.6.1. Agua.

3.6.2. Aire.

3.6.3. Otros medios.

4. Política ambiental y marco legal general en el Ecuador.

4.1. Instrumentos legales.

4.2. Convenio de Estocolmo.

4.3. Convenio de Basilea.

4.4. Convenio de Róterdam.

4.5. Plan nacional de implementación para la gestión de contaminantes orgánicos persistentes.

5. Identificación de transformadores con PCBs.

5.1. Placa de identificación del fabricante.

- 5.2. Identificación de aceites con PCBs.
- 5.3. Clasificación de los PCBs por concentraciones.
- 5.4. Pruebas para determinar la presencia de PCBs.

6. Almacenamiento de PCBs.

- 6.1. Características de una instalación de almacenamiento.

7. Eliminación de PCBs.

- 7.1. Incineración.
- 7.2. Decloración.

IV. ÁREA DE ESTUDIO.

V. METODOLOGIA.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

VII. CONCLUSIONES.

VIII. RECOMENDACIONES.

IX. BIBLIOGRAFÍA.

X. GLOSARIO.

XI. ANEXOS.

Resumen.

La presente investigación se la realizó con la finalidad de realizar una Propuesta Técnica para el Manejo Adecuado de los Transformadores que contienen Bifenilos Policlorados (PCBs), en la Cabecera Cantonal de Saraguro; y estuvo orientada al estudio de estos compuestos químicos que forman parte de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs), catalogados dentro de “La docena sucia” un listado de los doce contaminantes más peligrosos del mundo designado por Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Estos compuestos han sido utilizados en aplicaciones industriales principalmente como aislante eléctrico dentro de transformadores ya que presentan características de baja conductibilidad eléctrica, no son inflamables y actúan como refrigerante; estos compuestos son muy contaminantes y causan daños al ambiente ya que presentan características de persistencia, bioacumulación, bioconcentración y pueden transportarse varias distancias por el ambiente.

Esta investigación está destinada a realizar un muestreo de los aceites que se encuentran contenidos en los transformadores de distribución y que son parte del área de concesión de la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A (EERSSA), con esto mantener una base de datos de cuáles y cuántos son los transformadores que presentan niveles de contaminación superiores a los permisibles, con la finalidad de darles un manejo especial una vez que estos han culminado su vida útil. Además se diseña un manual de manipulación y prevención de riesgos ambientales y humanos que ayude a un buen manejo de los mismos.

I. INTRODUCCIÓN

A medida que la población ha ido aumentando, de igual manera la contaminación y degradación del medio ambiente ha alcanzado niveles críticos. Una de las causas principales de la contaminación son los procesos industriales que se realizan sin tomar las medidas adecuadas de control de emisiones al ambiente.

La energía eléctrica ha sido el motor de varias actividades desde hace mucho tiempo, pero esta actividad también causa daños al ambiente. Los transformadores que se encargan de distribuir la energía eléctrica, llevan en su interior un aceite que contiene partículas de Bifenilos Policlorados (PCBs), compuestos químicos que forman parte de los Compuestos Orgánicos Persistentes (COPs), catalogados dentro de “La docena sucia” un listado de los doce contaminantes más peligrosos del mundo designado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (Santamarta, 2000).

La fabricación de estos productos comenzó en 1929, utilizándose principalmente como aislante eléctrico en transformadores, ya que presenta características de baja conductibilidad eléctrica, no son inflamables, actúa como refrigerante. Además es utilizado en muchos otros procesos industriales (Abó, 2006).

En Mayo de 1979 se emitieron las primeras leyes que prohíben la fabricación, comercialización y regulan su manejo. En la actualidad, el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs), firmado en Mayo del 2001 en Suecia, tiene como objetivo principal eliminar y regular estas sustancias, las mismas que causan graves daños al ambiente y al ser humano si no son manipulados correctamente. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2006)

En el Ecuador se elaboró el Plan Nacional de Implementación (PNI), para la Gestión de los COPs en el Ecuador dentro del cual se han implementado políticas, regulaciones, acciones institucionales para reducir o eliminar las emisiones de COPs, lo cual permitirá al país cumplir con las obligaciones establecidas en el Convenio de Estocolmo. Uno de los objetivos del PNI es la de eliminar totalmente los PCBs en el Ecuador hasta el 2020. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2006)

El PNI plantea realizar el inventario preliminar de fuentes de los Bifenilos Policlorados en el Ecuador, sus formas de uso, la cantidad que se encuentra en uso y almacenada, y las

condiciones de almacenamiento en que se encuentran. Con lo cual ya se está trabajando en este proceso a fin de establecer una base de datos y determinar los puntos graves de contaminación a fin de tomar las medidas necesarias de manipulación de contaminantes. (COALDES, 2003)

Ante esta problemática, el presente proyecto tiene como finalidad realizar una propuesta para el manejo adecuado de los transformadores que contiene Bifenilos Policlorados, además del análisis de la presencia de PCBs en los transformadores de distribución en la Cabecera Cantonal de Saraguro, con lo cual se determinará el nivel de contaminación que presentan los mismos, y de esta manera tomar las medidas de seguridad necesarias durante los procesos de manipulación realizados por el personal de la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A (EERSSA).

Con los resultados obtenidos de esta investigación se diseñará un manual de manipulación y manejo, con el que se dará a conocer las normas de seguridad necesarias que se tienen que tomar en cuenta al trabajar con PCBs y de esta manera evitar accidentes.

II. OBJETIVOS

General:

- Elaborar una propuesta técnica, para el manejo adecuado de los transformadores que contiene Bifenilos Policlorados (PCBs) en la Cabecera Cantonal de Saraguro.

Específicos:

- Establecer el nivel de contaminación que presentan los transformadores mediante los análisis de laboratorio.
- Elaborar un manual para el manejo y prevención de riesgos ambientales y humanos que ayude a una buena manipulación de los PCBs.

III. MARCO TEÓRICO

3. GENERALIDADES

3.1. Los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs)

Los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) son sustancias químicas tóxicas, persistentes y bioacumulables en los organismos y el medio ambiente, causando efectos diversos en la salud humana y el ecosistema.

Estas sustancias están consideradas como las más peligrosas, dadas sus características de alta estabilidad, se desplazan a largas distancias, circulan a todo el mundo a través de repetidos procesos de evaporación, condensación y precipitación mundial conocido como efecto saltamontes.

Los COPs son dañinos para la salud humana, causan diversos efectos adversos genéticos, muertes y enfermedades, causan alteraciones del sistema reproductivo de los seres expuestos y sus descendientes, cáncer, endometriosis, perturbación en el sistema inmunológico y afectaciones del sistema nervioso central y periférico, se acumulan en los tejidos vivos (tejidos grasos de los seres humanos y animales), y en su proceso de bioacumulación alcanzan niveles de 70,000 veces superiores a los del entorno. Los más afectados son los seres que están en los más alto de la cadena alimenticia (White, 1999).

3.1.1. Características de los COPs

Los COPs poseen las siguientes características:

Características	Descripción
Toxicidad	Produce efectos adversos en los organismos vivos.
Persistencia	Permanecen en el ambiente por largos periodos de tiempo, resistentes a la degradación biológica
Bioacumulación	Se acumulan en los tejidos grasos. Se biomagnifican (aumentan su concentración en cientos hasta millones de veces a medida que van subiendo en las cadenas alimenticias).
Semivolatilidad	Se transportan en concentraciones bajas mediante cursos de agua, aire o especies migratorias, hasta área remotas.

(ATSDR, 1997).

3.1.2. Clasificación de los COPs

Los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs), se agrupan en tres categorías:

CATEGORIAS	PRODUCTOS
PLAGUICIDAS	Hexaclorobenceno (HCB), Toxáfeno, Clordano, Heptacloro, DDT, Endrín, Aldrín, Dieldrín y Mirex.
SUSTANCIAS QUÍMICAS INDUSTRIALES	Bifenilos Policlorados (PCBs), Hexaclorobenceno (HCB).
PRODUCTOS SECUNDARIOS	Dioxinas y Furanos. No tienen uso comercial, resulta de la producción de otras sustancias químicas como: plaguicidas y otros solventes.

(PNUMA, 2004). (a)

3.2 Bifenilos Policlorados (PCBs)

3.2.1. Historia de los PCBs

Los Bifenilos Policlorados hacen referencia a una clase de compuestos químicos orgánicos de síntesis que se caracterizan por ser químicamente inertes. Constituyen una subserie de los hidrocarburos clorados. Su fórmula química es $C_{12}H_{(10-n)}Cl_n$, en la que n representa el número de átomos de cloro que puede variar entre 1 y 10. Esta clave incluye a todos los compuestos que tienen la estructura de bifenilo, es decir dos anillos de benceno enlazados entre si, y que están clorados en grados diversos. Existen 209 combinaciones posibles. (COALDES, 2003)

Los PCBs son considerados como un desecho histórico ya que han sido usados industrialmente a través del siglo XX. Incluso hoy, aquellos PCBs cuya producción y venta está prohibida continúan en uso en equipos aún en funcionamiento y con un tiempo de vida limitado. Los PCBs fueron inicialmente identificados en el siglo XIX y su producción a escala industrial comenzó en 1929. (Convenio de Basilea, 2003)

Son compuestos de elevada toxicidad, persistentes en el ambiente y de escasa biodegradabilidad, lo que los hace susceptibles de bioacumulación. (COALDES, 2003)

3.2.2. Características físicas y químicas de los PCBs

Las características físico-químicas de los PCBs están determinadas por la cloración alrededor del anillo fenil. Mientras mayor es el contenido de cloro dentro del aceite, mayor es su toxicidad. Los PCBs se consideran altamente peligrosos cuando su concentración supera las 50 partes por millón (ppm). Algunas de las propiedades más importantes de los PCBs son:

- Peso específico superior al agua ($d = 1,56\text{g/ml}$).
- Térmicamente estables.
- Alta tensión superficial, baja volatilidad.
- Difícil oxidación y reducción.
- Prácticamente insolubles en el agua.
- Excelentes aislantes eléctricos (elevada constante dieléctrica).
- No combustibles.
- No biodegradables.
- Bioacumulativos. (TRECA, 2006)

Persistencia

Los PCBs poseen la capacidad de mantenerse inalterados en el medio ambiente por largos periodos de tiempo, de ahí que una vez liberados al ambiente pueden propagarse ampliamente como resultado de procesos naturales en los que interviene el suelo, el agua y el aire.

La persistencia se describe generalmente en términos de vida media en un determinado sitio (aire, agua, suelo o sedimento). El Convenio de Estocolmo considera que un compuesto puede ser clasificado como COP, si su vida media en agua es superior a 2 meses, en suelo superior a 6 meses, en sedimentos superior a 6 meses. (UNEP CHEMICALS. CONAMA, 2004)

Bioacumulación

Es el proceso mediante el cual los organismos vivos, especialmente aquellos que viven en el agua, pueden tomar y concentrar sustancias químicas desde el medio ambiente circundante e indirectamente desde sus alimentos.

Un caso de bioacumulación es la biomagnificación, en la cual la concentración de la sustancia en el organismo de interés es mayor que la concentración de los otros organismos de los que se alimenta y que su incremento continúa a través de varios niveles tróficos. Por esto es posible esperar encontrar concentraciones mayores en animales predadores (aves de rapiña, focas y ballenas) que en organismos menores en la cadena alimenticia (peces). (UNEP CHEMICALS. CONAMA, 2004)

Bioconcentración

Es el proceso por el cual los organismos vivos, especialmente aquellos que viven en el agua, pueden coleccionar y concentrar sustancias químicas desde el medio ambiente que los rodea. Incluye el efecto de la concentración interna de un organismo como resultado de su captación de una sustancia química (ingestión), su movimiento interno (distribución), su cambio (metabolismo) y su retorno hacia el medio ambiente (eliminación). (UNEP CHEMICALS. CONAMA, 2004)

Transporte transfronterizo

Los PCBs son semivolátiles, lo que les permite vaporizarse o ser adsorbidos sobre partículas atmosféricas, dando lugar al transporte a largas distancias por aire y agua desde regiones cálidas y frías del planeta. Este es un mecanismo a través del cual es posible distribuir los efectos de persistencia, bioacumulación y bioconcentración a través del planeta por medio acuoso y atmosférico. (UNEP CHEMICALS. CONAMA, 2004)

3.3. Usos de los PCBs

Los PCBs se utilizaron en una variedad muy amplia de aplicaciones industriales y de consumo. Los usos o aplicaciones de los PCBs se clasifican según su presencia en sistemas cerrados, parcialmente cerrados y abiertos. Generalmente los sistemas cerrados y parcialmente cerrados contienen PCBs en aceites o fluidos. (Ulloa, 2007)

3.3.1 Usos cerrados

En esta aplicación los PCBs se mantienen dentro del equipo sin ser expuestos al usuario o al ambiente; sin embargo, pueden ocurrir emisiones de PCBs durante la etapa de

mantenimiento o reparación. A continuación se indican ejemplos de aplicaciones cerradas: (Ulloa, 2007)

- Fluidos dieléctricos
- Transformadores
- Interruptores
- Reguladores de tensión
- Condensadores
- Balastos para equipos de iluminación. (Ulloa, 2007)

Transformadores



Foto 1. Transformador de distribución.

El transformador es un componente muy importante en los circuitos eléctricos, desde circuitos electrónicos de baja señal hasta sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica, su estructura principal consiste en una o más bobinas eléctricas unidas magnéticamente por un circuito magnético o núcleo. En muchos transformadores, la unidad completa es llenada con un fluido dieléctrico (a menudo un aceite que puede contener PCBs) para aumentar el aislamiento entre las bobinas eléctricas y enfriarlas. Así, cualquier daño en la carcasa del transformador puede resultar en una fuga de fluido de PCB. (UNEP CHEMICALS. CONAMA, 2004)

En los sistemas de transporte de energía eléctrica, los transformadores están destinados a elevar el voltaje que produce una central generadora de electricidad a un nivel de voltaje de transmisión, o bien, a bajar el voltaje desde el nivel de transmisión al de distribución. En los sistemas de distribución, los transformadores utilizados son de tamaño menor y su función es bajar el voltaje para el uso doméstico o industrial. (UNEP CHEMICALS. CONAMA, 2004).

Condensadores

Es un dispositivo que acumula y libera una carga de electricidad. Su estructura principal consiste en superficies conductoras de electricidad separadas por un material dieléctrico, el cual puede o no contener PCBs. (UNEP CHEMICALS. CONAMA, 2004).

3.3.2. Usos parcialmente cerrados

En estas aplicaciones el aceite de PCBs no está directamente expuesto al ambiente, pero puede llegar a estarlo durante su uso. Estos usos también pueden liberar PCBs a través del aire o por descarga al agua.

Usos de sistemas parcialmente cerrados:

- Fluidos de transferencia de calor y refinerías de petróleo
- Fluidos hidráulicos
- Bombas de vacío
- Interruptores
- Reguladores de voltaje
- Cables eléctricos (UNEP CHEMICALS. CONAMA, 2004)

3.3.3. Usos abiertos

Son aplicaciones en las cuales los PCBs se encuentran en contacto directo con lo que los rodea y así pueden ser fácilmente transferidos al ambiente. En este caso el contacto directo de los PCBs con el medio ambiente es de mayor importancia que los usos cerrados. Los plastificantes son el mayor grupo de aplicaciones abiertas y son usados en PCV (policloruro de vinilo), neopeno y otras gomas cloradas.

Las aplicaciones abiertas de los PCBs son las siguientes:

- Lubricantes
- Cobertores superficiales
- Ceras
- Plastificantes, tintas
- Adhesivos, materiales aislantes
- Pesticidas (UNEP CHEMICALS. CONAMA, 2004)

3.4. Producción de PCBs

Los PCBs es empezaron a fabricar a escala industrial en 1929 en Monsanto, EE.UU. y se utilizaron intensamente entre los años de 1930 a 1989 a nivel mundial.

- En 1970, la EPA (Environmental Protection Agency) inicia estudios sobre los PCBs.
- En 1976 se prohíbe la producción comercial de todos los PCBs en los EE.UU.
- Entre 1929 y 1977 se calcula que se produjeron aproximadamente 555,000 toneladas de PCBs, solo en los EE.UU. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, 1999).

3.4.1. Fabricantes y marcas

Los fluidos dieléctricos con contenidos de PCBs fueron fabricados en diversos países por varias industrias, a los que se ha dado diferentes nombres comerciales. Las mismas que a continuación se describen:

Tabla 1. Marcas comerciales y fabricantes de PCBs.

NOMBRE COMERCIAL	COMPANÍA MANUFACTURERA	PAÍS
Clophen	Bayer	Alemania Occ.
Inclor	Caffaro	Italia
Apirolio	Caffaro	Italia
Aroclor o Aroclor B	Monsanto	Reino Unido y EE.UU.
Pyroclor	P.R.Mallory	Europa
Pyralene	Prodelec	Francia
Sovol, Sovtol, Soviol	Sovol	Rusia
Asbestol	American	EE.UU.
Diachlor o Diachlor	Sangamo Electric	EE.UU.
No Flamol	Wagner Electric	EE.UU.
Askarel		EE.UU.
Montar		EE.UU.
Inerteen	Westinghouse	Canadá y EE.UU.
Pyranol	General Electric	Canadá y EE.UU.
Kanechlor	Kanegafichi	Japón
Santotherm	Mitsubishi	Japón
Aceclor	Acec	Bélgica
Elemex	McGraw Edison	EE.UU.
Eucarel	Electrical U	EE.UU.

(COALDES, 2003)

3.5. Efectos de los PCBs

3.5.1. Efectos en el medio ambiente

Muchas de las características de los PCBs que lo hacen ideal para la industria, lo hacen crear problemas en el ambiente cuando se descarga. Cuando hay un derrame de PCBs, estos pueden migrar al suelo, al agua subterránea y al aire, siendo arrastrados a otras regiones, países o continentes, contaminando grandes extensiones. (Ulloa, 2007)

En el agua se sabe que un litro de Bifenilos Policlorados crea una capa superficial de más de 8000 m² y contamina aproximadamente un millón de litros de agua en los lagos, lagunas, ríos y mares afectando a la fauna presente y biomagnificándose en la cadena alimenticia. (COALDES, 2003)

Cuando existe un incendio de equipos con PCBs se producen dioxinas y furanos, que son mucho más tóxicos. Las dioxinas son las sustancias más dañinas; son cinco millones más tóxicas que el cianuro y se ha comprobado que son cancerígenas. (Ulloa, 2007)

3.5.2. Efectos en la salud humana

Los PCBs se encuentran ampliamente distribuidos en el medio ambiente de todo el mundo, son persistentes y se acumulan en la cadena alimenticia. La exposición humana a estas sustancias se debe fundamentalmente al consumo de alimentos contaminados, pero también a la inhalación y absorción cutánea en los lugares de trabajo. (PNUMA, 2004) (b)

Estudios realizados en seres humanos demuestran que los envenenamientos comienzan entre 800 y 1000 ppm, y los primeros síntomas inician en la piel y los ojos. Las maneras de exponerse a los PCBs son por ingestión, inhalación y absorción cutánea (a través de la piel). (Ulloa, 2007)

Según la Environmental Protection Agency (EPA) de los Estados Unidos, los PCBs son altamente cancerígenos, tendiendo a producir tumores y pueden causar defectos de nacimiento. Hasta el momento se han descubierto otros problemas de salud que resultan de la exposición a PCBs. (TRECA, 2006).

3.6. Mecanismos de dispersión de los PCBs

La aparición de PCBs en la naturaleza se debe principalmente al manejo inapropiado que les dan las empresas públicas y privadas de los sectores energético e industrial a los equipos y aceites contaminados. Esto puede suceder durante el proceso de mantenimiento de los transformadores, por ello es indispensable una supervisión estricta. De igual manera es importante tener en consideración que cualquier equipo que entre en contacto con PCBs, incluyendo mangueras, baldes, embudos, vestimenta, etc., quedará contaminado. (TRECA, 2006)

Por estos y otros medios, los PCBs han llegado hasta nuestros hogares en forma de leche y productos lácteos, pollo, carne roja, huevo, pescado y moluscos, empaques contaminados, etc. De las 1,054,800 toneladas de PCBs producidas antes de su prohibición, se calcula que por lo menos 120,000 se encuentran dispersas en el medio ambiente. Esta es la cifra inventariada y hecha pública por organismos gubernamentales. (TRECA, 2006)

Los PCBs pueden permanecer en el medio ambiente por varios canales:

3.6.1. Agua

A pesar de ser insolubles en el agua, los PCBs se transportan en ella. Es posible que los PCBs se derramen accidentalmente al llevar a cabo tareas de mantenimiento de los equipos eléctricos, así como filtrados frecuentes de las sustancias. (TRECA, 2006)

Otra forma de contaminación del agua son los derrames y lixiviaciones de equipos y contenedores inadecuadamente confinados o enterrados por periodos indefinidos de tiempo sin tomar las debidas precauciones y brindarles protección contra los elementos de la naturaleza. (TRECA, 2006)

3.6.2. Aire

Parte de la contaminación atmosférica por PCBs se produce por el calentamiento de los equipos. No obstante debido a la baja volatilidad de estos contaminantes, es común su evaporación e integración a las corrientes de viento. (TRECA, 2006)

3.6.3. Otros medios

El uso de los PCBs en algunas formulaciones de plaguicidas con la finalidad de reducir su volatilidad provoca la dispersión constante y regular sobre cosechas para consumo humano y animal.

Uso de los PCBs como molusquicida en los cascos de los barcos para prevenir el desarrollo de algunos moluscos; estos tienden a acumularse en el fondo del agua, donde posteriormente son ingeridos por especies de mayor tamaño que comúnmente constituyen la base alimenticia de poblaciones costeras. (TRECA, 2006)

Una tercera causa de contaminación es el papel de copia sin carbón. La afinidad de los PCBs con las grasas y compuestos no polares, permite que la piel los absorba, y se acumulen en el hígado, los riñones y otros tejidos. (TRECA, 2006)

Una fuente adicional de contaminación por PCBs es la incineración, así como la combustión de los desechos al aire libre. Esta práctica es extremadamente peligrosa por cuanto la incineración en sistemas abiertos libera grandes cantidades de dioxinas y furanos, dos compuestos todavía más nocivos que los PCBs. Su inhalación puede resultar en la muerte instantánea. (TRECA, 2006)

4. Política ambiental y marco legal general en el Ecuador

El Ecuador cuenta con una serie de instrumentos jurídicos y normativas para la gestión de las sustancias químicas, las que en su mayoría no se cumplen; el control y la prevención se han limitado únicamente a la emisión de leyes, reglamentos y ordenanzas, que no se han acatado debido a la falta de los recursos necesarios y a la voluntad de cumplir y hacer cumplir. (Ulloa, 2007)

La política ambiental del Ecuador está definida en la Ley de Gestión Ambiental, la que establece que el Ministerio del Ambiente es la autoridad ambiental nacional, encargada de coordinar y regular el sistema nacional descentralizado de Gestión Ambiental, sin perjuicio de las atribuciones que en el ámbito de sus competencias y acorde a las leyes que regulan, ejercen otras instituciones del Ecuador. (Ulloa, 2007)

En la Constitución Política de Ecuador, en su Art. 15 determina que se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, transporte, almacenamiento de Contaminantes Orgánicos Persistentes altamente tóxicos y otros productos químicos internacionalmente prohibidos, que atenten contra la salud humana y los ecosistemas. (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008)

La aplicación de las regulaciones existentes en el campo de las sustancias químicas es de carácter multisectorial, la responsabilidad está distribuida en diferentes ministerios y gobiernos locales en base al nivel de su competencia.

En el campo de los PCBs no existe una normativa específica a nivel nacional, pues la gestión de estos contaminantes aún no se ha definido con claridad, teniendo para su desarrollo como base principal los convenios internacionales y el “Plan Nacional de Implementación para la Gestión de los Contaminantes Orgánicos Persistentes en el Ecuador”. (Ulloa, 2007)

4.1. Instrumentos legales

Dentro de los Instrumentos Legales disponibles para la gestión de sustancias químicas, en orden de importancia se tienen los siguientes:

- Convenios Internacionales: (Convenio de Estocolmo, Convenio de Basilea, Convenio de Róterdam, Convenio de Viena, Protocolo de Montreal, Convenio de Biodiversidad, Protocolo de Kyoto).
- Constitución Política de la República del Ecuador.
- Código Penal, Código de la Salud, Código del trabajo y Código e Procedimiento Civil.
- Ley Orgánica de Aduanas.
- Ley Orgánica de Defensa al Consumidor.
- Ley de Régimen Municipal.
- Ley de Gestión Ambiental,
- Ley de Hidrocarburos.
- Ley de Aguas.
- Ley de sustancias Estupefacientes y Psicotrópicas.
- Ley de Minería.

- Ley de Electrificación.
- Ley de Plaguicidas.
- Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria.
- Reglamento de Desechos Sólidos en los Establecimientos de Salud de la Republica del Ecuador.
- Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo.
- Ley de Régimen del Sector Eléctrico.
- Reglamento Ambiental para Actividades Eléctricas.
- Reglamento Ambiental para Actividades Mineras en la República del Ecuador.
- Reglamento General Sustitutivo al Reglamento General de la Ley de Minería.
- Decreto Ejecutivo 1802 que expide las Políticas Básicas Ambientales del Ecuador.
- Decreto Ejecutivo 212 que crea el Régimen Nacional para la Gestión de Productos Químicos Peligrosos.
- Acuerdo 120 que expide el Reglamento para otorgar el Registro Unificado Plaguicidas y Productos de Uso Veterinario.
- Ordenanzas Municipales. (Ulloa, 2007)

4.2. Convenio de Estocolmo

El Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, es el instrumento internacional legal que regula el tratamiento de las sustancias tóxicas, auspiciado por el Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). El convenio fue adoptado oficialmente el 23 de mayo de 2001 en Estocolmo, Suecia. (Ulloa, 2007)

El 17 de mayo de 2004 entro en vigor y se convirtió en un mandato legal; Ecuador ratificó este Convenio el 07 de junio de 2004, con lo cual asumió la responsabilidad de la eliminación de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs), entre los que se encuentran los PCBs. Para el cumplimiento del Convenio, el Ministerio del Ambiente

elaboró el “Plan Nacional de Implementación para la Gestión de los Contaminantes Orgánicos Persistentes en el Ecuador”. (Ulloa, 2007)

Objetivos del Convenio

El objetivo del convenio sobre los COPs establece que “Teniendo presente el principio de precaución consagrado en el artículo 15 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, el objeto del presente Convenio es proteger la Salud Humana y el Medio Ambiente frente a los Contaminantes Orgánicos Persistentes”. (UNEP CHEMICALS. CONAMA, 2004)

A través de este convenio, las partes se comprometen a:

- Establecer medidas de control para reducir o eliminar las liberaciones derivadas de la producción intencional de COPs (plaguicidas y productos industriales). Prohibir y/o adoptar las medidas jurídicas y administrativas para eliminar la producción, utilización, importación y exportación de: Aldrín, Clordano, Dieldrín, Endrín, Heptacloro, Hexaclorobenceno, Mirex, Toxáfeno, Bifenilos Policlorados.
- Adoptar prioridades a fin de eliminar a más tardar el año 2025, el uso de los PCBs en equipos (transformadores, condensadores u otros recipientes que contengan existencias de líquidos residuales). Así mismo, realizar: esfuerzos para gestionar de manera ambientalmente racional los desechos de los líquidos y los equipos que contengan PCBs, a más tardar el año 2028.
- Restringir la producción y utilización del DDT.
- Establecer medidas para reducir o eliminar las liberaciones derivadas de la producción no intencional de COPs.
- Establecer medidas para reducir o eliminar las liberaciones derivadas de las existencias y desechos de COPs, en conjunto con las directrices del Convenio de Basilea.
- Elaborar un Plan Nacional de aplicación y planes de acción respecto de los COPs.
- Enviar propuestas para la inclusión de nuevos COPs al Convenio y proporcionar información para la elaboración del perfil de riesgos y sobre

consideraciones socioeconómicas de las medidas de control para la reducción del riesgo, los efectos positivos y negativos de la aplicación de dichas medidas y sobre los desechos y su eliminación.

- Facilitar el intercambio de información y la información del público.
- Promover las actividades de investigación, desarrollo, vigilancia y cooperación sobre COPs.
- Informar a la Conferencia de las Partes las medidas adoptadas para cumplir con el Convenio.
- Proporcionar a la Secretaría datos sobre producción, importación y exportación de COPs.
- El Convenio establece mecanismos de evaluación de la eficacia de las medidas aplicadas por cada Parte.
- El Convenio establece mecanismos para determinar el incumplimiento y las soluciones de controversias. (UNEP CHEMICALS. CONAMA, 2004).

4.3. Convenio de Basilea

Suscrito el 22 de marzo de 1989, en el que se establecen los procedimientos para el Control de los Movimientos Transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, estableciendo que cada país miembro debe tomar las medidas necesarias. Fue adoptado por la Conferencia Diplomática en Basilea (Suiza) el 22 de marzo de 1989, elaborado bajo los auspicios del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y entró en vigencia el 5 de mayo de 1992. El convenio de Basilea entró en vigor en el país en mayo de 1994. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2009)

Objetivos del Convenio

- Reducir los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y otros desechos sometidos al Convenio de Basilea a un mínimo compatible con su manejo ambientalmente racional.
- Tratar de eliminar los desechos peligrosos lo mas cerca como sea posible de su fuente de generación.
- Reducir la producción de desechos peligrosos al mínimo desde el punto de vista de la cantidad y peligros potenciales.

- Asegura el control estricto de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos en los puntos fronterizos, así como prevenir el tráfico ilícito de desechos peligrosos.
- Prohibir los transportes de desechos peligrosos hacia países carentes de capacidades jurídicas, administrativas y técnicas para manejarlos y eliminarlos de manera ambientalmente racional.
- Ayudar a los países en desarrollo y de economías en transición a manejar de manera ambientalmente racional los desechos que producen. (UNEP CHEMICALS. CONAMA, 2004).

4.4. Convenio de Róterdam

Este Convenio se aprobó en la conferencia de Plenipotenciarios celebrada en Róterdam el 10 de septiembre de 1998 y entró en vigor el 24 de febrero de 2004. El Ecuador suscribió el Convenio el 11 de septiembre de 1998, con lo cual permite controlar la importación de ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos, de esta manera evitar los posibles accidentes y daños ambientales por ellos generados.

Objetivo del Convenio

Promover la responsabilidad compartida y los esfuerzos conjuntos de las Partes en la esfera del comercio internacional de ciertos productos químicos peligrosos, a fin de proteger la salud humana y el medio ambiente frente a posibles daños y contribuir a su utilización ambientalmente racional, estableciendo el intercambio de información acerca de sus características, estableciendo un proceso nacional de adopción de decisiones sobre su importancia y exportación y difundiendo esas decisiones a las Partes. (FAO/UNEP, 1998)

4.5. Plan Nacional de Implementación para la gestión de contaminantes orgánicos persistentes (PNI).

Luego que el Ecuador ratificó el Convenio de Estocolmo el 07 de junio de 2004, adquirió el compromiso de darle un tratamiento especial a los Contaminantes Orgánicos Persistentes, por lo que el Ministerio de Ambiente coordinó el desarrollo del “Plan Nacional de Implementación para la Gestión de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (PNI)”. Previo a la elaboración de este Plan, el 12 de julio de 2002 se

suscribió el Memorando de Entendimiento entre el Ministerio del Ambiente y el GEF/PNUMA, como parte de la ayuda a 12 países en el fortalecimiento de las capacidades para el manejo de los COPs y el cumplimiento de las obligaciones contempladas en el Convenio de Estocolmo. (Ulloa, 2007)

Objetivos del PNI.

El objetivo general del PNI es la protección de la salud humana y el medio ambiente, frente a los impactos de los COPs, teniendo como objetivos específicos los siguientes:

- Eliminar el total de PCBs hasta el año 2020 (el Convenio de Estocolmo hasta el año 2028)
- Eliminar totalmente el uso de plaguicidas COPs hasta el año 2007.
- Reducir al 50% la liberación de emisiones derivadas de la producción no intencional de dioxinas y furanos hasta el año 2020.

Para cumplir con los objetivos propuestos es necesario actualizar la normativa insertando el tema COPs y mantener un programa permanente de información y participación ciudadana. (Ulloa, 2007)

Prioridades nacionales

Las prioridades nacionales relacionadas con las diferentes categorías de COPs, fueron definidas en los talleres desarrollados para la elaboración del PNI, en donde se establecieron las siguientes prioridades.

Prioridad 1: Manejo de PCBs contenidos en aceites dieléctricos, señalando que del inventario preliminar da como resultado la existencia de 6000 toneladas de aceite contaminado.

Prioridad 2: Emisiones de dioxinas y furanos, siendo la mayor fuente de emisión de estos compuestos los procesos de combustión no controlados.

Prioridad 3: Plaguicidas COPs, señalando que en el Ecuador se ha eliminado el uso de la mayoría de estos compuestos. (Ulloa, 2007)

Plan de acción de PCBs

Este Plan de Acción fue elaborado con la participación de representantes de las empresas eléctricas, del Fondo de Solidaridad, el CONELEC y el Ministerio de Ambiente, teniendo como objetivo proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los impactos de los PCBs, fijando como meta la eliminación total de PCBs en el Ecuador hasta el año 2020.

Los objetivos específicos en la ejecución del Plan de Acción de PCBs son los siguientes:

- Actualizar la Normativa sobre PCBs.
- Identificación y disposición final de PCBs.
- Informar y sensibilizar a la sociedad sobre los riesgos, el adecuado manejo y gestión de eliminación de PCBs. (Ulloa, 2007)

El Plan de Acción para la eliminación de los PCBs en el Ecuador establece varias actividades, las que deben ser cumplidas principalmente por el Ministerio de Ambiente, el CONELEC, las Empresas Eléctricas. Entre las principales actividades se establecen las siguientes.

- Preparación del inventario definitivo de equipos y aceites dieléctricos contaminados con PCBs.
- Elaboración de Planes de Manejo de PCBs en cada Empresa Eléctrica que incluye: análisis, etiquetado, remoción, transporte, almacenamiento y disposición final.
- Eliminación final de las existencias de aceites y equipos contaminados con PCBs.
- Elaboración de normativa y regulaciones específicas para PCBs. (Ulloa, 2007)

5. Identificación de transformadores con PCBs

Al elaborar las directrices para la identificación de transformadores con PCBs, una de las dificultades es que se han fabricado y vendido muchos transformadores de distintos tipos, que ahora se utilizan en todo el mundo. (PNUMA, 2002)

Por desgracia no existe ningún método absolutamente seguro para identificar por fuera a los transformadores que contienen PCBs. Sin embargo, además de la placa original con el nombre del fabricante, algunos detalles de construcción pueden ser de gran utilidad para la identificación. (PNUMA, 2002)

5.1. Placa de identificación del fabricante

Una de las formas para determinar si un equipo contiene PCBs es mediante la placa de identificación que se encuentra colocada por el fabricante, ya que en parte de esta se indica el tipo y/o características del aceite dieléctrico utilizado, con lo cual se podrá saber si contiene o no este compuesto, así como el peso y volumen del dieléctrico. Además será de utilidad obtener todos los datos de la placa. (Ulloa, 2007)

Varios fabricantes de transformadores tienen en la placa de identificación la indicación que no contienen PCBs; pero si el transformador es antiguo es probable que el aceite haya sido cambiado o rellenado con otro que contiene PCBs. Además existen transformadores sin placa de identificación que determine el tipo de aceite que contiene. En ambos casos, se debe partir del supuesto que contiene PCBs hasta que se demuestre lo contrario, por lo que se deben tomar las precauciones correspondientes. (Ulloa, 2007)

5.2. Identificación de aceites con PCBs

Es importante identificar correctamente los líquidos de PCB en transformadores. Una vez obtenidas las muestras del transformador, es ideal someterlas rápidamente a una prueba para determinar su nivel de contaminación. (PNUMA, 2002)

5.3. Clasificación de los PCBs por concentraciones

Se han desarrollado sistemas de clasificación de fluidos y materiales que contienen PCBs. A continuación se presentan dos tipos de clasificación, el “Sistema de partes por millón (ppm)” basado en las regulaciones de los Estados Unidos y el “Sistema de porcentaje en peso” basado en las regulaciones de Suecia. (UNEP – IOMC, 1999)

En la Legislación Ambiental Ecuatoriana, no se ha encontrado una norma o estándar para concentraciones de PCBs en aceite dieléctrico en transformadores. Para este caso se coloca como referencia la norma de la EPA: (COALDES, 2003)

Sistema de partes por millón (ppm)

- > 500 ppm = Reglamentada como sustancia “pura de PCBs”.
- 50 a 500 ppm = Reglamentada como sustancia contaminada con PCBs.
- 5 a 50 ppm = Posiblemente reglamentada como contaminada con PCBs
- < 5 ppm = Sin PCBs. (COALDES,2003)

Sistema de Porcentaje en peso

- 0,1 % en peso = contaminación por PCB regulada

Las regulaciones sobre PCBs generalmente se aplican a los equipos que contienen:

- > 500 litros de > 0,1 % en peso de fluido PCB; o
- > 0,5 kgs de fluido PCB 100%

Nota: 0,1% en peso = 1000 ppm (UNEP – IOMC, 1999)

5.4. Pruebas para determinar la presencia de PCBs

Es importante identificar correctamente los líquidos de PCBs en transformadores y condensadores. Una vez obtenidas las muestras del transformador es necesario realizar las pruebas para determinar si los equipos están contaminados. Para esto existen pruebas cualitativas y cuantitativas que se pueden realizar mediante análisis de campo o de laboratorio. (Ulloa, 2007)

Pruebas Cualitativas

Estas pruebas indicarán la presencia de cloro, sin que necesariamente sea PCBs, pues arrojará los mismos resultados con aceites minerales clorados que se utilizan en transformadores y que no representan el mismo peligro que los PCBs. (Ulloa, 2007)

Pruebas Cuantitativas

Mediante este tipo de pruebas se pueden determinar las concentraciones de PCBs en aceites dieléctricos, agua o suelo. Existen varios métodos dependiendo del grado de precisión los cuales generalmente se realizan en laboratorios. (Ulloa, 2007)

6. Almacenamiento de PCBs

El almacenamiento adecuado es imprescindible en el manejo de material contaminado con PCBs, las instalaciones para el almacenamiento deben ser ubicadas lejos de centros de producción. Los elementos contaminados se deben almacenar después de haber sido empacados; se deben usar tambores fabricados en acero resistente con tapas sellables. Los sólidos y líquidos se deben almacenar en barriles separados. Los tambores deben ser claramente etiquetados y numerados con toda la información pertinente. (TRECA, 2006)

Estos se deben almacenar en un sitio seguro, bajo techo, con buena ventilación y montados sobre una estiba de madera para prevenir la condensación y subsecuente corrosión del metal. El área debe estar aislada de zonas activas del recinto, asegurados de tal manera que se prevenga el derrame accidental en el caso de un terremoto. Las estibas deben ser colocadas sobre una bandeja de acero con capacidad para almacenar un 125% del volumen total del líquido. (TRECA, 2006)

6.1. Características de una instalación de almacenamiento

Estar situada por lo menos a 100 metros de puntos sensibles como cuerpos de agua, acequias, quebradas, alimentos y áreas de preparación de los mismos, escuelas, hospitales, plantas de tratamiento o almacenamiento de agua, etc. (Ulloa, 2007)

Las instalaciones de almacenamiento deben estar ubicadas en terrenos no inundables, apartados de las vías de comunicación o peatonales y lejos de movimientos de maquinaria pesada. Además debe disponer de ventilación suficiente para evitar la acumulación de posibles emisiones de gases contaminantes, protegido del mal tiempo y de los riesgos de incendios; bajo ningún concepto debe haber productos inflamables en el sitio o en los alrededores. Debe disponer de avisos de advertencia y restringir el ingreso al área solamente para personal autorizado y capacitado. (Ulloa, 2007)

En la ciudad de Loja, se han identificado ya varios transformadores que se encuentran contaminados con PCBs, los mismos que se encuentran en funcionamiento y algunos están ya fuera de servicio. Pero hasta el momento no se cuenta con instalaciones específicas para el almacenamiento de líquidos ni materiales contaminados; lo cual es

urgente tomar las medidas para establecer lugares y dispositivos de almacenamiento seguros que contengan los contaminantes.

7. Eliminación de PCBs

Las posibilidades de eliminación de los PCBs dependerán de la concentración de este producto en el material que se trate, constituyendo un tema sobre el que han realizado múltiples investigaciones y que aun sigue en estudio. Algunos países industrializados basan su eliminación mediante procesos de incineración a altas temperaturas, aprovechando que disponen de un número considerable de este tipo de instalaciones. (Ulloa, 2007)

Para la eliminación de PCBs existen numerosas tecnologías que ya se están aplicando a toda una serie de materiales y equipos que los contengan, en particular transformadores, capacitores y aceites. (Ulloa, 2007)

7.1. Incineración

El único método realmente efectivo de destrucción de los PCBs es la incineración en instalaciones altamente especializadas. En estas plantas el 99.999999% del contaminante es destruido sin producir dioxinas ni furanos. Durante la combustión en esta planta se generan productos inofensivos (principalmente CO₂, H₂O y HCl). El ácido clorhídrico es recopilado y utilizado en la industria. (TRECA, 2003)

La incineración es un proceso que requiere grandes cantidades de energía para poder destruir la molécula de PCBs, por lo cual deben emplear combustibles suplementarios, equipos de limpieza y contención de gases, cámaras de combustión especiales, las cuales deben alcanzar una temperatura de 1200 °C para así obtener una eficiencia del 99,999999% según las normas internacionales, además de una cámara de post-combustión. El proceso de incineración debe ser realizado cuidadosamente, pues temperaturas inferiores a los 1200 °C en el horno puede dar lugar a la formación de dibenzodioxinas y dibenzofuranos que pueden ser liberados al medio ambiente, elementos que son perjudiciales para la salud humana y demás seres vivos, debido a que son un millón de veces mas tóxicos que los cianuros. (Ulloa, 2007)

En Ecuador no existen este tipo de instalaciones para la eliminación de PCBs, siendo necesario exportar los desechos a países industrializados que disponen de incineradores con tecnología adecuada. Los precios para la incineración son elevados, pues oscilan entre 2000 y 3000 dólares por tonelada de material contaminado, sin incluir los costos de envío. Todo el proceso de manipulación, embalaje y transporte de PCBs se debe realizar de acuerdo a la normativa internacional, especialmente el Convenio de Basilea, que regula el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos. (Ulloa, 2007)

7.2. Decloración

Con los procesos de decloración se trata de poder utilizar y reciclar el aceite libre de cloro. Es la tecnología mas frecuente y se basa en el uso de sodio metálico para declorar las moléculas de PCBs y dar un aceite que puede reutilizarse, en el transformador o de cualquier otra manera. La tecnología tiene sobre la incineración la ventaja de que no sólo es menos costosa sino que además permite recuperar y reutilizar el aceite. (UNEP CHEMICALS. CONAMA, 2004)

IV. ÁREA DE ESTUDIO.

El presente proyecto se ejecutó en la Cabecera Cantonal de Saraguro. Para lo cual se detalla la siguiente información:

Características Generales:

La ciudad de Saraguro se encuentra a 64 Km de la ciudad de Loja, en el trayecto hacia la ciudad de Cuenca. Está ubicada entre los paralelos 03°40'9" a 03°35'07" de latitud sur y 79°25'84" a 79°15'02" de longitud oeste con una superficie aproximada de 173 ha, ocupada por una población indígena y blanco-mestiza. Limita al norte con la parroquia de San Antonio de Cumbe, al sur con las parroquias de San Lucas y Santiago, al este con la parroquia de Urdaneta y al oeste con la parroquia de Tenta.

La producción de Saraguro se basa en la agricultura, se destaca el cultivo de maíz, trigo, cebada, avena; y posee ganado vacuno y bovino. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2006).

Zonificación y Topografía:

La ciudad de Saraguro está dividida en ocho barrios formados con características comunes, que han tomado su denominación de acuerdo al sitio en el cual se ubican. Actualmente cada barrio tiene su propia directiva.

La topografía es irregular y accidentada, la mayoría de las áreas pobladas presentan calles con pendientes elevadas. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2006).

Altitud y clima.

Saraguro se encuentra a una altitud de 2520 msnm., posee un clima frío debido a su altura, con una temperatura promedio de 12,9°C. La precipitación anual establecida por el Plan Hidráulico es 769,8 mm, con una media mensual de 64,2 mm. Las precipitaciones mayores se registran de febrero a abril, disminuyendo de junio a septiembre, para volver a ascender a partir de octubre. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2006)

A ningún mes del año se lo puede considerar seco, y el mes de marzo es el más lluvioso, con una precipitación de 117,0 mm y el de menor precipitación es el mes de agosto con 35,2 mm. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2006).

Pisos Ecológicos y Zonas de Vida:

En esta parroquia de acuerdo a la clasificación de Holdridge predominan las zonas de vida: *Bosque Húmedo Montano (bh – M)* y *Bosque Seco Premontano (bs – PM)*. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2006)

Población:

La población total es de 7.346 habitantes, ubicándose 3.124 personas en la zona urbana que representa el 42,52 % y en la periferia 4.222 personas que representa el 57,48 %. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2006).

Ubicación Geográfica del Cantón Saraguro:

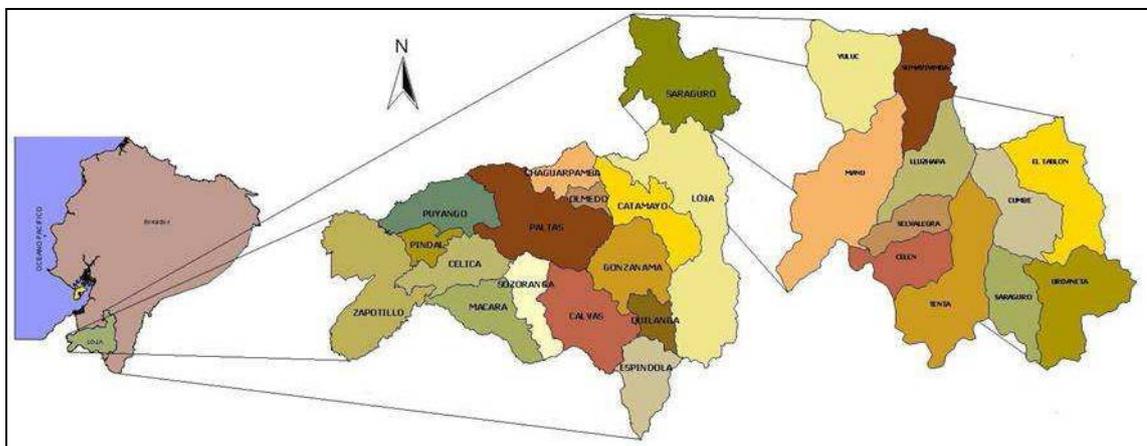


Grafico 1: Mapa de Ubicación Geográfica del Cantón Saraguro. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2006).

V. METODOLOGÍA

1. Selección del área de estudio:

- Selección del área de estudio, para esto se visitó a la EERSSA con la finalidad de determinar el lugar de intervención y delimitar el área a ser investigada.
- Socialización con la EERSSA, acerca del tema de investigación. Aquí se explicó la prioridad que éste representa a nivel sectorial y nacional, posteriormente se obtuvo los permisos de autorización para la intervención y extracción de las muestras de aceite de los transformadores; y el aporte que se logrará al realizar esta investigación.
- Socializar con el personal designado por la EERSSA los trabajos que se realizarán, a fin de preparar al personal y tomar las medidas de seguridad necesarias para evitar accidentes durante los trabajos a realizar posteriormente.
- Contar con el diagrama de ubicación topográfica de los transformadores dentro de la Cabecera Cantonal de Saraguro, con la finalidad de facilitar su ubicación y control de los mismos de acuerdo al plano, los mismos que son en un número de 78 transformadores.
- Visita e inspección al área seleccionada en donde se aplicó la investigación, con la finalidad de comprobar el número de transformadores, las características de los mismos y las facilidades que presta el lugar para ser intervenido.
- Establecer un cronograma de trabajo, conjuntamente con el personal designado para la extracción de las muestras de aceites determinando los días y sectores en los que se realizaron las actividades.

2. Toma de muestras:

Si el transformador ya ha sido identificado mediante su placa como transformador con PCBs, no es necesario tomar las muestras y hacer los análisis de laboratorio. Si el

dieléctrico del transformador aun no ha sido identificado, es necesario extraer una muestra. Cualquier transformador no identificado se presumirá como un transformador con PCBs, hasta que se demuestre lo contrario. La toma de muestras de aceite debe ser realizada por personal capacitado en ésta actividad, utilizando el equipo de seguridad necesario; las muestras deberán colocarse en frascos de vidrio libres de contaminantes que pudieran afectar sus características. (Convenio de Basilea, 2003)

Para realizar la toma de muestras en los transformadores se siguió el siguiente proceso.

- Ubicar en el plano los transformadores, los mismos que están distribuidos de acuerdo a los sectores ya establecidos para la extracción de las muestras de aceite. **Anexo 1.** Plano de Ubicación de los Transformadores
- Informar a los usuarios acerca de las molestias ocasionadas por el corte del servicio, a fin de que se puedan tomar las medidas de seguridad necesarias dentro de sus domicilios y evitar posibles daños en los equipos eléctricos.
- Realizar el muestreo en equipos conectados resulta complicado, por tal razón se requiere de personal totalmente entrenado y capacitado en operación y mantenimiento de líneas de media tensión a fin de prevenir accidentes.



Foto 2. Toma de muestras de aceite en transformadores conectados.

Para el caso de transformadores monofásicos y que disponen de válvula de sobrepresión, el aceite puede ser extraído sacando la tapa de la válvula e insertando un tubo delgado acoplado a una jeringuilla, evitando de esta forma la desenergización del equipo y por consiguiente la suspensión del servicio eléctrico. Este proceso requiere de precauciones necesarias por cuanto el transformador se encuentra energizado, existiendo el riesgo de accidentes para el personal que realiza la actividad.

- Desenergizar los transformadores, si se considera necesario; de acuerdo a los sectores establecidos para facilitar la toma de muestras y evitar los riesgos de accidentes con el personal de la EERSSA.
- Limpiar la superficie del transformador antes de abrirlo para evitar el ingreso de partículas extrañas dentro del mismo (polvo, agua, humedad) y ocasionar un daño posterior en el funcionamiento del mismo.
- Cuando los transformadores no disponen de válvula de sobrepresión, para la toma de muestras se debe desenergizar y abrir la tapa superior para tomar la muestra, utilizando las herramientas adecuadas, y previa revisión de que estas estén totalmente aisladas a fin de evitar accidentes con el personal y al equipo.



Foto 3. Transformador sin válvula, extracción de aceite a través de la tapa superior.

- Extraer la muestra de aceite del transformador (20ml) cuidadosamente con una pipeta, evitando derramarlo y provocar daños tanto ambientales como al personal al estar en contacto directo con el aceite.



Foto 4. Válvula de sobrepresión para extraer el aceite.



Foto 5. Extracción del aceite dieléctrico a través de la válvula de sobrepresión

- Colocar la muestra dentro del frasco respectivo, percatándose que éste se encuentre totalmente limpio sin la presencia de materiales extraños que

puedan alterar las características de la muestra. Para esto se deben tomar las siguientes precauciones:



Foto 6. Recipientes para extracción de muestras de aceite.

1. Las muestras deben ser colocadas en frascos limpios y libres de contaminantes que puedan alterar sus características.
 2. Estos aceites deben ser considerados como contaminados con PCBs hasta que los análisis demuestren lo contrario.
 3. Evitar el ingreso de tierra, grasa o cualquier material al interior del frasco.
 4. Inspeccionar que las tapas y roscas de los frascos no tengan rajaduras ni roturas, para evitar el ingreso de partículas extrañas.
 5. Trasladar inmediatamente los frascos al laboratorio, ya que puede absorber agua del ambiente y alterar la muestra. (Ulloa, 2007)
- Cerrar herméticamente el transformador evitando el ingreso de partículas extrañas que puedan ocasionar alteraciones posteriores dentro del mismo, tomando en consideración la utilización de las herramientas adecuadas, las mismas que deben estar totalmente aisladas para evitar posibles accidentes.
 - Sellar y etiquetar correctamente la muestra, tomando en cuenta las características de ubicación de la toma de la muestra y los datos correspondientes al transformador, para tener referencias posteriores al análisis.

- Tomar los datos de placa del transformador, los mismos que posteriormente servirán para determinar su origen, tipo de aceite contenido y demás características relevantes al momento del análisis.
- Limpiar los posibles derrames de aceite ocasionados al transformador, evitando posterior contacto del personal con el aceite y posibles daños ambientales que se pudieren causar.
- Colocar la muestra en un lugar seguro para su transportación, asegurando que ésta esta correctamente sellada y evitar el riesgo de derrames durante este proceso.
- Energizar los transformadores una vez extraídas las muestras.
- Tomar las muestras en un sector diferente, de acuerdo al cronograma.

3. Análisis de la muestra:

Para el análisis de las muestras de aceite tomadas de los transformadores, se utilizó el Método de Pruebas Cuantitativas, mediante el cual se determinan las concentraciones de PCBs en aceites dieléctricos. Para esto se trabajó con el siguiente procedimiento y equipo.

Análisis con equipo DEXSIL L2000 ANALYZER.

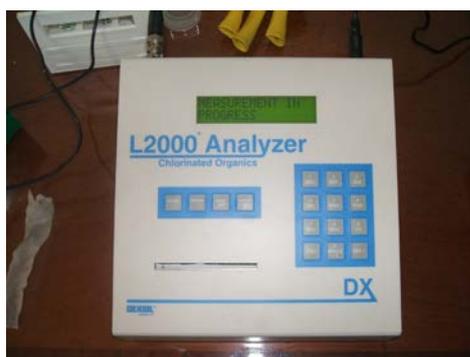


Foto 7. Equipo DEXSIL L2000 ANALYZER CHLORINATED ORGANICS, para análisis de muestras de aceite.

Este equipo es de procedencia norteamericana, marca Dexsil, modelo L2000 Analyzer Chlorinated Organics que cumple con la norma USEPA SW-846-9078. El equipo permite medir valores entre 2 – 2000 ppm en muestras de aceite, y suelo; y valores entre 10 ppb y 2000 ppm para muestras de agua. (COALDES, 2003)

Para el análisis de las muestras se siguió el siguiente procedimiento:

- Con la ayuda de una pipeta especial, extraemos 5 ml de aceite de los frascos que fueron transportados desde el lugar de la toma de las muestras.
- Se colocó 5ml de aceite en el tubo de ensayo, el cual posteriormente reaccionará con varios compuestos químicos y facilitará la toma específica de datos acerca de los niveles de concentraciones de PCBs existentes en los aceites.



Foto 8. Tubo de ensayo con 5ml de aceite.

- Hacemos reaccionar a éste aceite con naftaleno, el mismo que se encuentra contenido en una cápsula en el interior del tubo de ensayo, el mismo que al reaccionar con éste compuesto nos dará un color negro oscuro mediante el proceso de agitación para mezclar completamente los reactivos.



Foto 9. Mezcla del aceite con naftaleno.

- Posteriormente la muestra reacciona con sodio, el mismo que se encuentra contenido en una cápsula que se ubica en el interior del tubo de ensayo. Ésta muestra cambiará de color negro oscuro a transparente mediante el proceso de agitación para mezclar completamente los reactivos.



Foto 10. Reacción del aceite con naftaleno, sodio y ácido sulfúrico.

- Se coloca 5 ml de una concentración de ácido sulfúrico a la mezcla, la misma que tras el proceso de agitación nos dará un color transparente, el mismo que estará listo para el análisis posterior.
- La mezcla resultante pasa a través de un filtro especial que forma parte del equipo de análisis, en donde se obtiene una mezcla cristalina que está lista para ser analizada.



Foto 11. Filtrado de la sustancia.

- Una vez que se tienen varias sustancias filtradas, calibramos el equipo Dexsil L2000, de acuerdo a las especificaciones dadas y de acuerdo al tipo de análisis que vamos a realizar.
- Una vez que el equipo está correctamente calibrado, realizamos el análisis de las muestras en donde recibimos los resultados de acuerdo a los niveles de concentraciones de PCBs que cada transformador contiene, los mismos que posteriormente serán tabulados.
- Para determinar los niveles de concentraciones de PCBs que contiene cada muestra, se mide los resultados en partes por millón (ppm). Para lo cual se toma

como referencia la norma establecida por la EPA de los Estados Unidos (Environmental Protection Agency) que establece los siguientes parámetros de concentraciones.

Concentraciones de PCBs:

- Menor a 5 ppm : Sin PCBs
 - De 5 a 50 ppm : Sustancia no contaminada con PCBs
 - De 50 a 500 ppm: Sustancia contaminada con PCBs
 - Mayor a 500 ppm: sustancia pura de PCBs
-
- Posteriormente se toman los datos de los análisis y se los rellena en una ficha de acuerdo al transformador correspondiente.

 - Una vez que tenemos los datos, y si encontramos transformadores contaminados; seguimos el procedimiento de marcado; en donde de acuerdo a los resultados colocamos “CON PCBs” o “SIN PCBs” respectivamente.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Niveles de contaminación que presentan los Transformadores analizados.

Se realizaron los análisis en el laboratorio de transformadores de la EERSSA a 78 muestras de aceite de transformadores de distribución, para esto se utilizó el equipo DEXSIL, modelo L2000 Analyzer Chlorinated Organics. De los resultados que se obtuvo se puede destacar lo siguiente.

- Todos los transformadores cuentan con información en la placa, como: marca, potencia (KVA), número de serie, voltaje primario, voltaje secundario, país de origen. Pocos transformadores no describen el año de fabricación; cabe destacar que el año de fabricación del transformador no es un indicativo de la presencia o ausencia de PCBs, esto se comprueba una vez realizados los análisis.
- La mayoría de transformadores revisados no cuentan con información en su placa acerca de la cantidad de aceite dieléctrico que contienen, lo que no permite determinar la cantidad de aceite contenido en los mismos, para tal efecto es necesario remitirse a datos aproximados de ciertos fabricantes y establecer valores cercanos. Así mismo, no es posible determinar el peso del aceite por litro debido a la falta de información existente en las placas, por lo que para efectos del presente trabajo se considerará el valor de 0.9 Kg/litro determinado para transformadores de potencia. Este valor se lo considero en trabajos anteriores realizados por la EERSSA, el cual dio valores aproximados.
- Todos los transformadores a excepción de uno, no señala en su placa de características que el aceite contiene PCBs, sin embargo al realizar las pruebas se encontró transformadores contaminados y no contaminados. Esta falta de información en la placa de los transformadores no es un indicativo de presencia o ausencia de PCBs, en este caso se debe partir del supuesto que contiene PCBs hasta que se demuestre lo contrario una vez realizado el análisis.

- Existe un transformador que en su placa de identificación señala que el aceite no contiene PCBs, sin embargo al realizar los análisis se determinó que este está contaminado.
- Existe un transformador que en su placa de identificación no señala que el aceite contiene PCBs, sin embargo al realizar los análisis se determinó que el aceite es totalmente libre de PCBs en 0 ppm.
- De los 78 transformadores analizados, 73 son monofásicos y 5 son trifásicos. La mayor parte de los monofásicos son de 15 KVA, seguido por los de 10 KVA, 5 KVA, 25 KVA y 7.5 KVA.
- Se analizaron transformadores de distintas marcas, entre los cuales en un mayor porcentaje los ECUATRAN de fabricación nacional, seguido por los WESTINGHOUSE, y en un menor porcentaje otras marcas.

En el siguiente cuadro se detalla las marcas de transformadores de distribución que fueron analizados, y los transformadores que presentan niveles de concentraciones de PCBs.

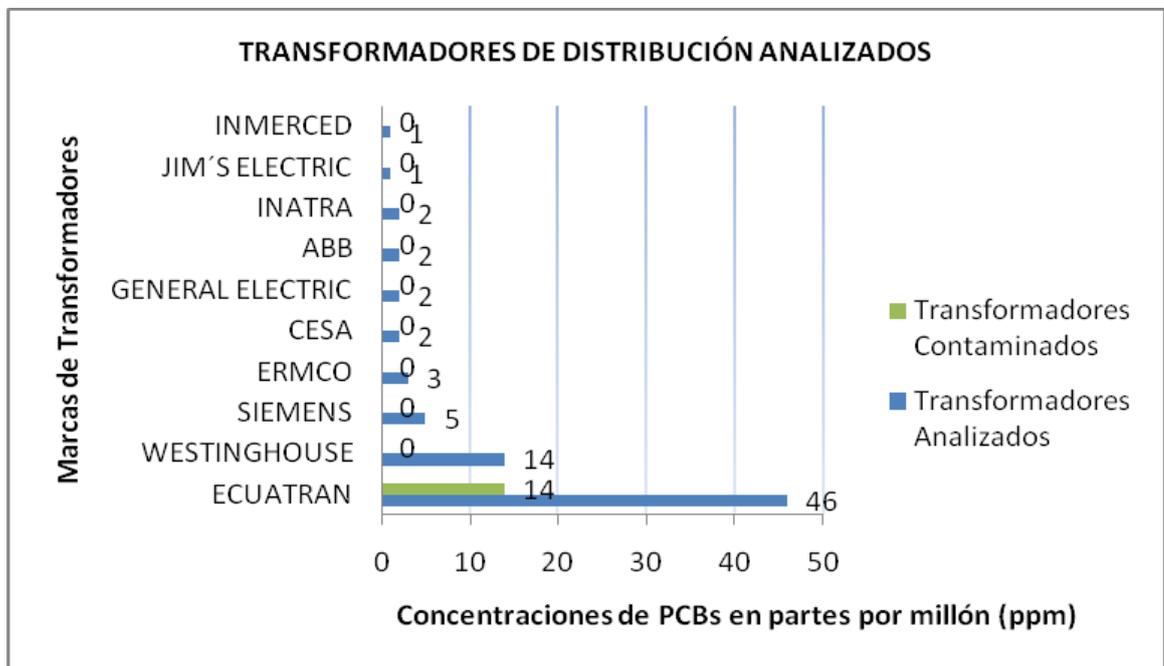


Gráfico 1. Transformadores analizados y niveles de concentración con PCBs.

- Tomando como referencia el cuadro anterior se realizó las pruebas a 78 transformadores instalados y en funcionamiento, de los cuales 14 de ellos tiene concentraciones mayores a 50 ppm de PCBs, a los cuales se los considera como contaminados según la norma EPA (Environmental Protection Agency), esta cantidad representa el 17.95% del total de transformadores analizados.
- Debido a la falta de información en la placa de los transformadores acerca de la cantidad de aceite que estos contienen, se tomó como referencia la siguiente información que fue utilizada para la elaboración del Plan de Manejo de PCBs en la EERSSA y para realizar el inventario nacional preliminar de PCBs elaborado por COALDES, con lo cual se establecieron los valores que se indican a continuación.

Tabla 2. Cantidad de aceite contenida en transformadores.

MONOFASICOS		TRIFASICOS	
POTENCIA	LITROS ACEITE	POTENCIA	LITROS ACEITE
1.5 KVA	18.00	Hasta 30 KVA	90
3 KVA	24.60	Mayor a 30 hasta 45 KVA	110
5 KVA	32.86	Mayor a 45 hasta 50 KVA	140
7.5 KVA	34.00	Mayor a 50 hasta 75 KVA	150
10 KVA	36.38	Mayor a 75 hasta 100 KVA	160
15 KVA	43.09	Mayor a 100 hasta 160 KVA	180
25 KVA	61.97	Mayor a 160 hasta 225 KVA	250
37.5 KVA	75.40	Mayor a 225 hasta 350 KVA	340
50 KVA	83.93	Mayor a 350 hasta 630 KVA	450

- De los 14 transformadores que contienen PCBs, todos estos son de la marca ECUATRAN, de fabricación nacional. Este resultado es preocupante, ya que la mayor parte de transformadores que están instalados y en funcionamiento en el sistema de distribución son de este fabricante.

En el siguiente cuadro se indican los resultados de los análisis realizados a los transformadores, de acuerdo a los niveles de concentraciones de PCBs.

Tabla 3. Resultado de los análisis realizados a los transformadores.

CONCENTRACION PCBs	TRANSF. DE DISTRIBUCION			CANTIDAD DE ACEITE		
	MONFASI.	TRIFASIC.	KVA	LITROS	Kg	%
Menor a 5 ppm	23	3	495	1395,99	1256.39	37.99
De 5 ppm a 50 ppm	37	1	515	1646,59	1481.93	44.81
De 50 ppm a 500 ppm	13	1	185	632,41	569.17	17.20
Mayor a 500 ppm	0	0	0	0	0	0
TOTAL	73	5	1195	3674,99	3307.49	100.00%

- La mayor parte de transformadores tienen aceites con contenidos de PCBs entre 5 a 50 ppm, seguido por aquellos que tienen menos de 5 ppm. El 17,95% de transformadores tienen líquidos con PCBs mayor a 50 y hasta 500 ppm, con una cantidad de 632,41 litros y que representa el 17.2% del total de aceite calculado. No existen transformadores que presenten niveles de concentración de PCBs sobre las 500 ppm.

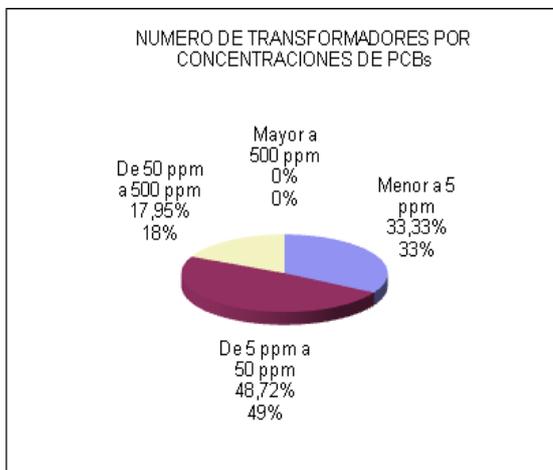


Gráfico 2. Transformadores analizados y las concentraciones de PCBs.

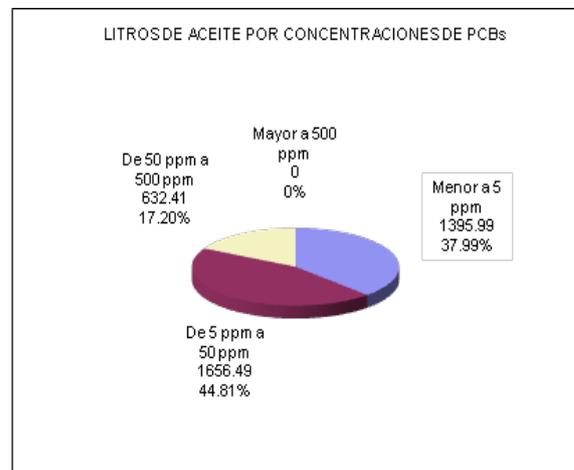


Gráfico 3. Cantidad de aceite en los transformadores analizados

2. Manual para el manejo y prevención de riesgos ambientales y humanos:

Para tomar las debidas precauciones durante la manipulación de los PCBs, tanto durante la extracción, transportación y manipulación de los mismos; se presentan a continuación algunas normas y sugerencia que deben ser acatadas para evitar riesgos de accidentes y contaminación.

2.1. Introducción:

Las precauciones sanitarias y de seguridad empleadas al manipular equipos y materiales con PCBs, son de primordial importancia y están orientadas a reducir los riesgos de accidentes, proteger la salud humana y prevenir la contaminación ambiental. (Ulloa, 2007)

Las personas que trabajan con PCBs deben estar al tanto de las precauciones necesarias para limitar la exposición prolongada a niveles altos de PCBs. La exposición a los PCBs puede ocurrir por tres vías: aire (inhalación), ingestión (consumo de alimentos y agua) y cutánea (absorción a través de la piel). El enfoque dictado por el sentido común es tomar acciones tendientes a reducir éstas vías de exposición. También vale la pena anotar que entre más alta la concentración de PCBs en el equipo o material contaminado que maneje un trabajador, con mayor rigurosidad debe observar las precauciones de seguridad. (White, 1999)

La información que a continuación se detalla contiene normas y recomendaciones que han sido recopiladas en el transcurso de la investigación, las mismas que al ser difundidas ayudará a una buena manipulación de los PCBs y de la misma manera aportará a reducir la contaminación al medio ambiente y al ser humano, durante los procesos de extracción, manipulación, transportación y en el proceso de análisis dentro de los laboratorios; y a tomar las debidas precauciones con los transformadores que han sido identificados como contaminados para que éstos reciban un tratamiento adecuado al momento de terminada su vida útil y de servicio.

2.2. Normas de seguridad para el muestreo de aceites en equipos energizados

Para realizar la toma de muestras en equipos eléctricos energizados es necesario seguir las siguientes recomendaciones a fin de evitar posibles accidentes con el personal; y de la misma forma evitar la suspensión del fluido eléctrico.

- Tener especial cuidado al trabajar con el equipo de protección personal (botas de cuero aisladas, guantes de vinil o polietileno aislados, gafas protectoras, casco, cinturón de seguridad, ropa de trabajo aislante y antiinflamatoria), los equipos de protección no deben estar compuestos con partes metálicas.
- Prohibir el uso de mangas, anillos de protección o relojes metálicos que sirvan de conductores de electricidad, pues esto puede formar un arco eléctrico.
- Las herramientas con las que se realicen los trabajos en los transformadores, deben estar totalmente aisladas; las mismas deben ser colocadas y portadas dentro de un bolso de seguridad aislante.
- No se debe realizar trabajos bajo condiciones climáticas adversas como lluvias, etc., pues aumenta el riesgo de accidentes.
- Todo cable conductor deberá ser considerado como energizado hasta comprobar lo contrario, por tanto deben tomarse medidas de seguridad necesarias antes de manipularlos.
- Verificar que el equipo eléctrico a manipular esté puesto a tierra.

Precauciones con el personal durante la toma de muestras.

- Comprobar que el transformador esté desenergizado, en el caso que se lo requiera.
- El personal utilizará el respectivo equipo de protección personal (guantes de polipropileno, guantes quirúrgicos, mascarillas protectoras doble filtro, casco, cinturón de seguridad, ropa de trabajo aislante y antiinflamatoria).
- Comprobar que las herramientas que serán utilizadas, estén totalmente aisladas para evitar accidentes de trabajo.

- Tomar las precauciones necesarias al acercarse y manipular los cables eléctricos, puede ocurrir que estos estén energizados.
- Evitar que el personal coma, fume o ingiera líquidos durante la extracción de la muestra, esto podría ocasionar la ingestión o inhalación de PCBs de manera accidental, provocando daños en la salud humana del personal.
- Evitar por completo el contacto del aceite con la piel, pues esto podría ocasionar contaminación si los aceites manipulados presentan niveles de contaminación.
- En caso de existir contacto del aceite con la piel, lavar el área afectada con abundante agua y jabón neutro.
- En caso de presentar reacciones adversas debido al contacto de PCBs con el personal, acudir de inmediato a un centro médico y solicitar atención urgente.

Precauciones con la muestra durante la extracción.

- Una vez que hemos desenergizado el transformador en caso que se lo requiera, se procede a abrirlo con especial cuidado; limpiando la superficie del mismo para evitar el ingreso de partículas extrañas dentro del equipo (polvo, agua, humedad), las que posteriormente puedan afectar al correcto funcionamiento del mismo.
- Evitar tomar las muestras bajo condiciones climáticas extremas (lluvia) para evitar que la muestra y el transformador absorban humedad.
- Utilizar una pipeta o jeringa plástica de 20 ml para realizar la extracción del aceite contenido dentro de los transformadores.
- Revisar que los frascos en donde se colocará la muestra estén totalmente limpios y en buenas condiciones (sin rajaduras, rotos) para evitar derrames del aceite.
- No utilizar nuevamente los materiales de extracción de aceite (pipetas), ya que podría alterar las condiciones de la muestra al mezclar residuos de aceites de otros transformadores.
- Los materiales de extracción del aceite (pipetas) deben colocarse en fundas plásticas para ser tratados posteriormente, ya que podrían encontrarse contaminados con PCBs.

- Todas las muestras deben ser consideradas como contaminadas hasta comprobar lo contrario.

Precauciones durante el transporte de la muestra.



Foto 8. Transporte de la muestra.

- Colocar las muestras, verificando que estas estén totalmente selladas y correctamente etiquetadas, dentro de una caja; la misma que contenga espuma de polipropileno o espuma flex, esto ayudará a absorber el aceite en caso de derrames accidentales del mismo.
- La caja que transporta las muestras de aceite debe ser colocada adecuadamente dentro del vehículo transportador, totalmente sujeta, cerrada herméticamente; para evitar derrames accidentales del aceite y confusión de las muestras.
- Las muestras deben ser trasladadas inmediatamente al laboratorio de análisis para evitar que absorban humedad del ambiente y esto altere sus características.

Precauciones durante el análisis de las muestras

Una vez que las muestras se encuentran en el laboratorio o sitio de análisis se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones.

- Sacar las muestras con mucho cuidado de la caja de transportación, ya que pueden existir derrames y provocar la contaminación del personal y del ambiente.
- Utilizar guantes quirúrgicos para la manipulación de las muestras, para evitar el contacto directo del aceite con la piel.

- Utilizar mascarillas faciales durante el proceso de manipulación de los PCBs, con la finalidad de evitar la inhalación de gases que pueden existir o producir los aceites.
- Evitar el contacto del aceite con la piel; en caso de existir contacto directo con la piel, lavar de inmediato el área afectada con abundante agua y utilizar jabón neutro.

Medidas de primeros auxilios en caso de contacto directo con PCBs

- Si ha habido contacto de PCBs con la piel, debe procederse de inmediato a quitar la ropa contaminada, lavarse con abundante agua fría y jabón neutro. No se debe utilizar solventes, detergentes o abrasivos.
- De producirse contacto de PCBs con los ojos, hay que enjuagarlos de inmediato con abundante agua corriente, por lo menos durante 15 minutos.
- En caso de ingestión, enjuagarse la boca varias veces con agua limpia, tomar agua, y solicitar atención médica.
- En caso de inhalación, retirarse del lugar a un área con aire fresco; cuando se produzca intoxicación aguda, utilizar una máscara de oxígeno.
- En todos los casos, luego de practicados los primeros auxilios, se debe acudir al médico.

Almacenamiento de PCBs y materiales que los contengan

Actualmente en nuestra ciudad no contamos con instalaciones especializadas de almacenamiento de los PCBs. En esta área se deben almacenar los transformadores, condensadores y demás equipos eléctricos que sean identificados como contaminados; de la misma forma se colocarán en fundas plásticas correctamente selladas, todos los materiales que hayan sido utilizados durante los procesos de extracción (pipetas), transportación y análisis de las muestras de aceites. Además de todos los materiales que hayan tenido contacto directo con los aceites de PCBs y los que hayan sido utilizados durante la manipulación de los mismos (franelas, guantes, mascarillas, desechos de los reactivos utilizados en los análisis de PCBs, etc.)

Las instalaciones de almacenamiento deben poseer las siguientes características:

- Para el almacenamiento de los PCBs se pueden utilizar contenedores metálicos, con una capacidad suficiente para disponer una gran cantidad de equipos eléctricos contaminados.
- Las instalaciones de almacenamiento deben estar completamente alejadas de zonas pobladas.
- Deben ser ubicadas en zonas de bajo riesgo de fallas geográficas, zonas no inundables, para mantener la seguridad y evitar posibles accidentes.
- Tener los pisos completamente impermeabilizados, para evitar derrames por posibles fugas de líquido.
- Estas deben poseer diques de contención con un volumen de almacenamiento del 50% del total del líquido contenido internamente en la bodega, esto para evitar las fugas al ambiente en caso de derrames.
- Deben poseer ventilación natural, para evitar la acumulación de gases internamente.
- Señalización adecuada, identificando los materiales que se encuentran dispuestos internamente, además se debe marcar los transformadores que se encuentran contaminados, esto se debe hacer con la marca CON PCBs y esta debe ser colocada en un lugar de fácil distinción y con pintura de fácil apreciación.

Eliminación de los PCBs

En nuestro país no contamos con la tecnología apropiada para la eliminación de los PCBs y los equipos que los contengan, por cuanto se los debe almacenar de manera adecuada y buscar los medios para enviarlos a países que poseen las capacidades de eliminarlos sin provocar daños ambientales; por ejemplo Chile cuenta con la tecnología para realizar esta actividad.

Equipo de Protección Personal (EPP)

Como el riesgo mayor de los PCBs es la absorción cutánea, se debe tener especial cuidado al elegir la vestimenta de protección: overoles, botas o cubrezapatos, guantes y protecciones oculares. (PNUMA, 2002)

El equipo de protección personal (EPP) se diseña para reducir la exposición del usuario a los PCBs mediante la reducción de la vía de exposición. La Administración de Salud ocupacional y Seguridad Industrial de Estados Unidos (Occupational Safety and Health Administration – OSHA), desarrollo varias categorías de EPP a las que se refiere como “niveles” para los diversos tipos de escenarios de exposición. Hay cuatro niveles de EPP. (White, 1999)

NIVELES	USOS
Nivel "A" de EPP	<p>Se utiliza cuando se requiere el mayor nivel de protección personal de los ojos, la piel y el sistema respiratorio, o donde hay un alto potencial de salpicadura de la piel o de inmersión en PCBs.</p> <p>INCLUYE:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Respirador de aire, con máscara facial completa. • Ropa anti-químicos. • Overoles. • Guantes anti-químicos • Botas anti-químicos puntera y talón de acero. • Casco.
Nivel "B" de EPP	<p>Se utiliza en lugares donde se requiere un alto nivel de protección respiratoria, pero donde existe poco potencial para que haya contacto de los PCBs con la piel.</p> <p>INCLUYE:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Respirador proveedor de aire, con máscara facial completa. • Ropa anti-químicos con capucha. • Guantes anti-químicos. • Botas anti-químicos puntera y talón de acero.
Nivel "C" de EPP	<p>Se emplea en lugares en que el peligro respiratorio no es alto, pero se espera que las concentraciones de PCBs en el aire continúen estando por encima de los niveles aceptables.</p> <p>INCLUYE:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Respirador purificador de aire con máscara facial completa. • Ropa anti-químicos • Guantes anti-químicos • Botas anti-químicos puntera y talón de acero. • Cubre botas anti-químicos. • Máscara facial o gafas protectoras de ser necesario.
Nivel "D" de EPP	<p>Se emplea cuando no hay riesgo respiratorio, pero puede existir el potencial de daños menores por contacto de los PCBs con la piel o la ropa.</p> <p>INCLUYE:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Overoles enterizos. • Guantes anti-químicos. • Botas con puntera y talón de acero, de ser necesario. • Cubre botas anti-químicos. • Máscara facial o gafas de protección de ser necesario.

(White, 1999)

2.3. Medidas a tomar en caso de derrames de PCBs

En caso de ocurrir un derrame de PCBs existe alto riesgo de contaminación, por lo que se debe tomar las siguientes acciones:

- Poner en aviso a las autoridades correspondientes y designar inmediatamente un grupo de trabajo que debe responder a ésta contingencia.
- Asegurarse que el personal que trabaje en la limpieza del derrame use el EPP adecuado.
- Evitar que los líquidos de PCBs derramados alcancen los canales de aguas pluviales, desagües o cualquier otro lugar por donde fluya el agua, colocando muros de contención.
- Se debe esparcir aserrín, arena o tierra seca sobre toda la superficie donde se ha producido el derrame, para que esta absorba los líquidos no se logren esparcir al ambiente. Los materiales que se utilicen en esta actividad deberán ser recogidos cuidadosamente y dispuestos en bolsas plásticas y almacenadas en las bodegas de productos contaminados.
- Limpiar los pisos contaminados siguiendo los siguientes procedimientos:
 - Si es hermético, raspar completamente y usar vapor para ablandar los PCBs. No se deben usar solventes clorados, sino solamente detergentes suaves como por ejemplo detergente líquido lavavajillas.
 - Si no es hermético, remover todos los pisos muy contaminados: concreto, tierra, etc. y almacenarlos de manera adecuada para su posterior eliminación.
- Una vez absorbidos los fluidos derramados, los materiales absorbentes, el suelo contaminado, vestimenta y demás productos contaminados; estos deben recogerse con cuidado para evitar que los PCBs se propaguen a zonas no contaminadas.

VII. CONCLUSIONES

- El 99% de los transformadores analizados contiene información básica descriptiva en su placa de identificación, lo cual es relevante y referencial al momento de realizar los análisis y conocer las características del mismo.
- De los transformadores analizados el 93,6% son monofásicos y el 6,4% son trifásicos, lo cual representa 73 transformadores de los primeros y 5 de los segundos.
- El 58,97% de los transformadores analizados son de la marca ECUATRAN de fabricación nacional, lo que dentro de la investigación representa a 46 transformadores nacionales; seguidos por otras marcas en menor porcentaje.
- Al realizar las pruebas a los transformadores en estudio se encontró que 14 transformadores contienen niveles de concentración de PCBs superiores a las 50ppm; a los cuales se los considera como contaminados según las comparaciones realizadas con los límites permisibles considerados por la EPA,
- Durante los análisis se encontró que el 17,20% de los transformadores analizados están contaminados con PCBs en concentraciones mayores a las 50 ppm, los mismos que son de la marca ECUATRAN, de fabricación nacional en un total de 14 transformadores.
- De los análisis realizados, 26 transformadores presentan niveles inferiores a 5ppm de PCBs, lo que representa el 33,33%, los mismos que son considerados como sustancia pura de PCBs de acuerdo a los límites permisibles estipulados por la EPA.
- El 48,72%, es decir 38 de los transformadores estudiados presentan concentraciones entre 5 y 50ppm de PCBs, y son considerados como sustancia libre de PCBs, tomando en consideración los estándares emitidos por la EPA.

- La cantidad de aceite calculado de los transformadores analizados es de 3674,99 litros, contenido en los 78 transformadores analizados.
- El peso del aceite calculado de los transformadores es de 3307,49 kg, considerando los 78 transformadores estudiados.
- El aceite contaminado con sustancia de PCBs entre las 50 y 500ppm es de 632,41 litros, lo cual comprende el 17,20% del total de aceite muestreado, el mismo que esta contenido en 14 transformadores según los estudios.
- No se encontraron transformadores que contengan niveles de concentración de PCBs superior a las 500ppm.

VIII. RECOMENDACIONES

- Incentivar a las Empresas Eléctricas del país para que desarrollen investigaciones, estudios y análisis de PCBs en los Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica.
- Realizar muestreos de PCBs en todo el sistema de distribución y el área de concesión de la EERSSA, con la finalidad de mantener una base de datos de los transformadores y de los niveles de concentraciones de PCBs que estos presentan a fin de tomar medidas preventivas al momento de sacarlos de funcionamiento a los que se hayan registrado como contaminados.
- Capacitar al personal de operación y mantenimiento de la EERSSA, en la manipulación y transporte adecuado de transformadores con la finalidad de evitar contacto de PCBs por derrame del líquido y minimizar los riesgos de contaminación.
- Desarrollar talleres de seguridad industrial y prevención de accidentes por contacto y contaminación con PCBs.
- Implementar un laboratorio en la EERSSA destinado a realizar estudios y análisis de PCBs en los equipos eléctricos instalados en su sistema.
- Utilizar vestimenta y equipo de protección personal durante la actividad de extracción de las muestras de aceite de los transformadores, con la finalidad de evitar riesgo de contaminación con PCBs.
- Trabajar en la extracción de muestras de aceite de los transformadores bajo condiciones climáticas adecuadas, para no causar alteraciones tanto en la muestra como daños al transformador.
- Transportar las muestras de aceite al laboratorio bajo condiciones de seguridad apropiadas, para evitar derrames y posible riesgo de contaminación con PCBs.

- Realizar los análisis de PCBs en el laboratorio bajo condiciones de seguridad y ventilación adecuada, para evitar posibles accidentes.
- Promover relaciones internacionales con países en los cuales se realice la eliminación de PCBs bajo condiciones seguras, con la finalidad de eliminar los PCBs existentes en la EERSSA.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Abó, M. 2006. Guía para el manejo de Bifenilos Policlorados (PCBs). Cuba.
- AO/UNEP. 1998. Secretaría Provisional para el Convenio de Róterdam: Convenio de Róterdam sobre el Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo Aplicable a Ciertos Plaguicidas y Productos Químicos Peligrosos Objeto de Comercio Internacional.
- ATSDR. 1997. CIIC 1987. Directrices para la identificación de PCB y materiales que contengan PCB. PNUMA.
- COALDES. 2003. Inventario Preliminar de Bifenilos Policlorados PCBs. Quito – Ecuador
- Convenio de Basilea. 2003. Preparación de un Plan Nacional de Manejo Ambientalmente adecuado de los Bifenilos Policlorados (PCBs) y de equipos contaminados con PCB.
- Environmental Canadá. 1985. Directrices para la identificación de PCBs y materiales que contengan PCBs, PNUMA.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2006. Plan Nacional de Implementación para la Gestión de los Contaminantes Orgánicos Persistentes en el Ecuador. Quito – Ecuador.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2009. Plan Nacional de Aplicación del Convenio de Estocolmo del Ecuador. Segunda Versión.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). 2006. Plan de Desarrollo Territorial del Cantón Saraguro. Saraguro – Ecuador.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la República de Guatemala. 1999. Guía Técnica para el Manejo de equipos eléctricos con Bifenilos Policlorados (PCBs). Guatemala.

- PNUMA. 2002. Transformadores y Condensadores con PCBs: desde la gestión hasta la reclasificación y eliminación. Switzerland.
- PNUMA (a). 2004. Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) y Bifenilos Policlorados (PCBs).
- PNUMA (b). 2004. Manejo y eliminación de PCBs.
- PRO AMBIENTE. 2007. Instructivo General de Aceptación, Recepción y Eliminación de Residuos Industriales. Guayaquil – Ecuador
- Saldivia, G. 1993. Accidentes de contaminación con PCBs. PETROX S.A. Chile.
- Santamarta, J. 2000. Por un futuro sin Contaminantes Orgánicos Persistentes.
- TRECA. 2006. Eliminación de PCBs. Bogota, DC. – Colombia.
- Ulloa, G. 2007. Plan de Manejo de Bifenilos Policlorados (PCBs) para la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. Loja - Ecuador.
- UNEP Chemicals. IOMC. 1999. Guide lines for the identification of PCBs and Materials Containing PCBs. First Issue.
- UNEP CHEMICALS. CONAMA. 2004. Manual de Chile sobre el Manejo de Bifenilos Policlorados (PCBs; Askareles). Santiago – Chile.
- White, D. 1999. Proyecto CERI – SCDI – COLOMBIA. Manual de Manejo de PCBs para Colombia. Colombia.

X. GLOSARIO

ASKAREL: Fluido dieléctrico utilizado en transformadores de alto voltaje, el cual contiene de 40 a 70% de PCB. Askarel es el término que identifica la combinación de Aroclor (nombre comercial que se dio a los PCB); estos son productos peligrosos clasificados como PCBs, son sustancias químicas y térmicamente estables, no son inflamables, pero se descomponen peligrosamente por acción del fuego o calor muy intenso, no biodegradables, bioacumulativos y altamente persistentes en el medio ambiente.

COPs: Contaminantes Orgánicos Persistentes, son sustancias químicas tóxicas, persistentes y bioacumulables en los organismos y el medio ambiente. Éstas sustancias están consideradas como las más peligrosas dadas sus características de alta estabilidad, se desplazan a largas distancias hasta zonas polares, durando años o decenios en el ambiente, circulando a todo el mundo a través de repetidos procesos de evaporación, condensación y precipitación. (White, 1999)

DIOXINAS: Producto químico secundario producido de manera no intencional, resultado de la producción de otras sustancias químicas como plaguicidas, entre otros. (PNUMA, 2004).

EPP: Equipo de Protección Personal, el mismo que es utilizado para prevenir el riesgo de contaminación durante la manipulación de los PCBs. (PNUMA, 2002)

FURANOS: Subproducto de la elaboración de sustancias químicas comerciales, producido de manera no intencional durante procesos de combustión de los COPs, considerado de alta toxicidad. (PNUMA, 2004)

FBA: Factor de Bioacumulación.

FBC: Factor de Bioconcentración.

HCB: Hexaclorobenceno. Plaguicida de alto nivel tóxico, dentro del grupo de los Contaminantes Orgánicos Persistentes.

OSHA: Ocupational Safety and Health Administration.

PCBs: Compuesto químico de síntesis, que se caracteriza por ser químicamente inerte. Constituye una subserie de los hidrocarburos clorados. Son compuestos de elevada toxicidad, persistentes en el medio ambiente y de escasa biodegradabilidad, lo que los hace susceptibles de bioacumulación. (COALDES, 2003)

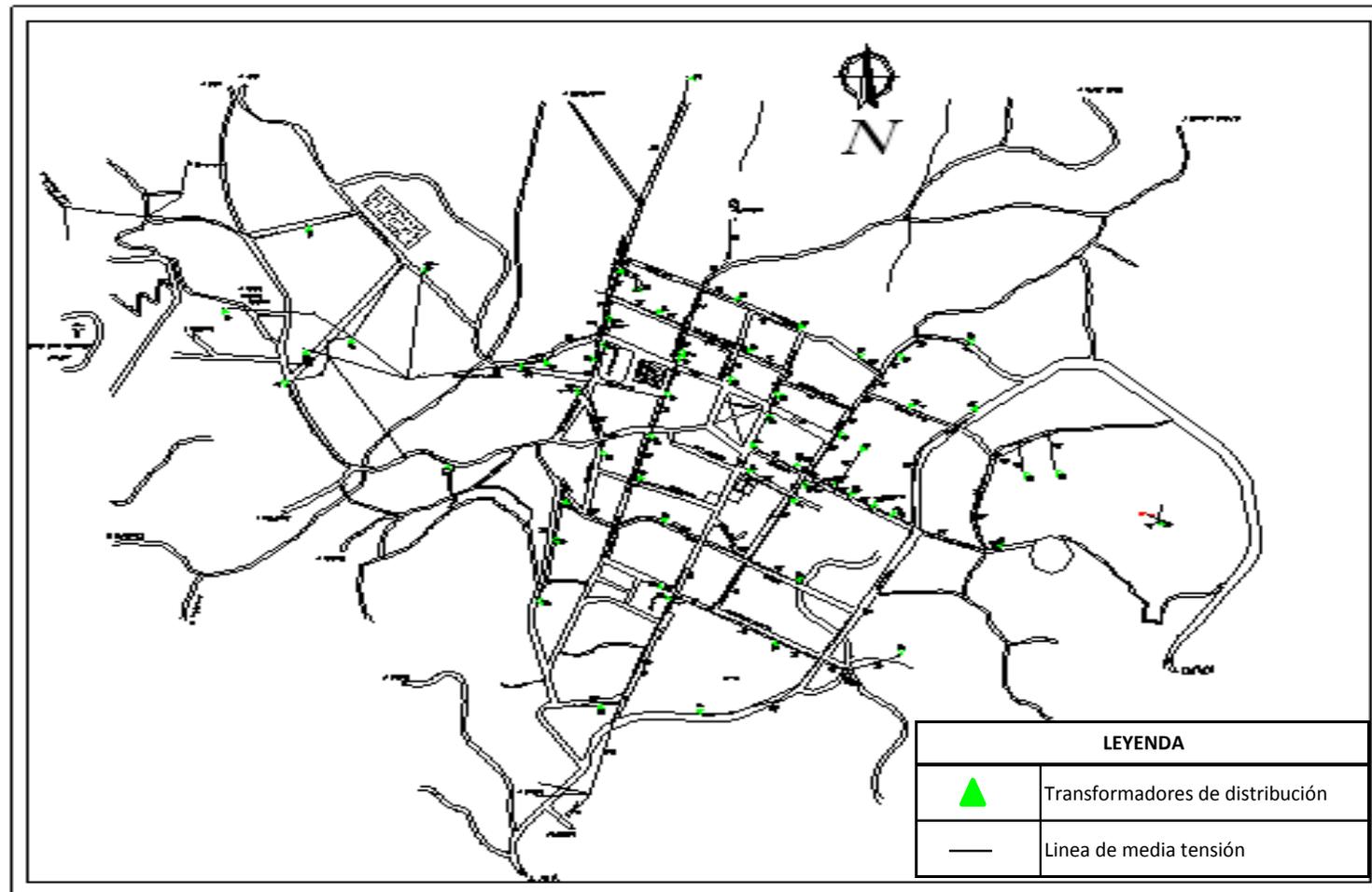
ppm: Partes por millón, es una unidad que se refiere a los mg (miligramos) que hay en un kg de disolución.

PNI: Plan Nacional de Implementación; desarrollado en el Ecuador, cuya finalidad es la protección de la salud humana y el medio ambiente, frente a los impactos de los COPs. (Ulloa, 2007).

XI. ANEXOS

Anexo 1. Plano de Ubicación de los Transformadores.

MAPA DE UBICACION DE LOS TRANSFORMADORES



Anexo 2. Datos de los transformadores de distribución a los que se les realizaron las pruebas para determinar la presencia de PCBs.

EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR S.A

PRUEBAS DE CONCENTRACIONES DE PCBs EN ACEITES DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION EN LA CABECERA CANTONAL DE SARAGURO

Nº	UBICACIÓN	ESTADO	MARCA	POT. KVA	NUM. SERIE	NUM. SICAP	VOLTAJE PRIMARIO	VOLTAJE SECUND.	Nº FASES	AÑO FABRIC	PAIS ORIGEN	CANT. ACEITE	FECHA PRUEBA	TIEMPO	PCBS ppm	OBSERVACIONES
1	Sector Ilincho	BUENO	ECUATRAN	10	1541488	S/N	13200GRDY/7620	240 - 120	1	1988	Ecuador	_	25-sep-07	10m	42.7	Con válvula
2	Sector Ilincho	BUENO	WESTINGHOUSE	10	80A401240	5082	13200GY/7620	240 - 120	1	1995	USA	_	25-sep-07	15m	5.14	Sin válvula, Desenergizado
3	C. Sucre-Ilincho	BUENO	ECUATRAN	10	5255297	7719	13200GRDY/7620	240 - 120	1	1997	Ecuador	_	25-sep-07	12m	2.75	Con Válvula
4	Sector Ilincho	BUENO	ECUATRAN	5	8527403	11230	13200GRDY/7620	240 - 120	1	2003	Ecuador	_	25-sep-07	10m	90.0	Particular (Municipio), Desenergizado
5	Sector Ilincho	BUENO	ECUATRAN	5	8527303	11229	13200GRDY/7620	240 - 120	1	2003	Ecuador	_	25-sep-07	7m	86.1	Particular (Municipio), Desenergizado
6	Sector Ilincho	BUENO	ECUATRAN	5	8527503	11228	13200GRDY/7620	240 - 120	1	2003	Ecuador	_	25-sep-07	7m	77.8	Particular (Municipio), Desenergizado
7	Sector Ilincho	BUENO	ECUATRAN	10	5255497	7720	13200GRDY/7620	240 - 120	1	1997	Ecuador	_	25-sep-07	15m	3.34	Con válvula
8	C. J.A.Castro y J.M.Vivar	BUENO	GENERAL ELECTRIC	10	MO77333YKMA	1931	13200GRDY/7620	240 - 120	1	_	USA	_	25-sep-07	14m	7.73	Con válvula
9	C. El Oro, Centro Comercial	BUENO	CESA	7.5	27464	1944	13200/7620	240 - 120	1	_	Costa Rica	_	25-sep-07	20m	2.43	Sin válvula, Desenergizado
10	Av. J Calasanz, Parque Infantil	BUENO	WESTINGHOUSE	10	85A380948	1939	13200GY/7620	240 - 120	1	_	USA	11 Gls.	25-sep-07	20m	5.20	Sin válvula, Desenergizado
11	Av. J Calasanz, Parque Infantil	BUENO	ECUATRAN	5	100211	1940	13200GRDY/7620	240 - 120	1	_	Ecuador	_	25-sep-07	10m	90.1	Con válvula
12	C. L.A Ordóñez y Miguel Vaca	BUENO	WESTINGHOUSE	10	85A382494	1941	13200GY/7620	240 - 120	1	_	USA	11 Gls.	25-sep-07	15m	10.2	Con válvula
13	C. L.A Ordóñez y Miguel Vaca	BUENO	GENERAL ELECTRIC	10	L983342YHMA	1942	13200GRDY/7620	240 - 120	1	_	USA	_	25-sep-07	7m	4.33	Con válvula
14	C. Miguel Vaca y Sucre	BUENO	ECUATRAN	15	4152995	6366	13200GRDY/7620	240 - 120	1	1995	Ecuador	_	25-sep-07	10m	44.7	Con válvula
15	C. Sucre	BUENO	WESTINGHOUSE	15	80A412517	343	13200GY/7620	240 - 120	1	_	USA	_	01-oct-07	11m	20.3	Sin válvula, Desenergizado
16	C. Guayaquil, Junto Hostal Kawsay	BUENO	ECUATRAN	10	5652698	7749	13200GRDY/7620	240 - 120	1	1998	Ecuador	_	01-oct-07	10m	9.45	Con válvula
17	Frente Hostal Kawsay	BUENO	ECUATRAN	15	7503602	10514	13200GRDY/7620	240 - 120	1	2002	Ecuador	_	01-oct-07	14m	29.6	Particular, Válvula
18	Sector San Vicente	BUENO	ECUATRAN	10	203522	1432	13200GRDY/7620	240 - 120	1	_	Ecuador	_	01-oct-07	9m	8.42	Válvula, Cambiado de aceite
19	C. Loja	BUENO	SIEMENS	15	207327	9460	13200GRDY/7620	240 - 120	1	2000	Colombia	45 Lts.	01-oct-07	18m	1.81	Con válvula

20	C. Loja, Coliseo	BUENO	ECUATRAN	25	60598198	8617	13200GRDY/7620	240 - 120	1	1998	Ecuador	_	01-oct-07	21m	6.90	Con válvula
21	C. Loja y Fray Cristóbal Zambrano	BUENO	ABB	25	92A162830	4009	13200GRDY/7620	240 - 120	1	_	USA	18.7 Gls.	01-oct-07	13m	10.9	Sin válvula, Desenergizado
22	C. Fray Cristóbal Zambrano, Estadio	BUENO	ECUATRAN	15	2839592	5442	13200GRDY/7620	240 - 120	1	_	Ecuador	_	01-oct-07	15m	93.9	Válvula.
23	Panamericana Loja, Estadio	BUENO	ECUATRAN	10	3021992	5615	13200GRDY/7620	240 - 120	1	1992	Ecuador	_	01-oct-07	10m	33.0	Válvula.
24	Barrio Shalashapa	BUENO	ECUATRAN	15	969266	1912	13200GRDY/7620	240 - 120	1	_	Ecuador	_	01-oct-07	6m	14.4	Particular, Válvula, Desenergizado
25	Barrio Shalashapa	BUENO	ECUATRAN	15	971266	1913	13200GRDY/7620	240 - 120	1	_	Ecuador	_	01-oct-07	6m	31.7	Particular, Válvula, Desenergizado
26	Barrio Shalashapa	BUENO	ECUATRAN	15	971066	1914	13200GRDY/7620	240 - 120	1	_	Ecuador	_	01-oct-07	7m	6.99	Particular, Válvula, Desenergizado
27	Barrio Shalashapa	BUENO	ECUATRAN	10	6424700	9094	13200GRDY/7620	240 - 120	1	2000	Ecuador	_	01-oct-07	12m	52.8	Válvula.
28	C. Guayaquil y Azuay	BUENO	ECUATRAN	15	2848492	5441	13200GRDY/7620	240 - 120	1	_	Ecuador	_	01-oct-07	16m	82.8	Válvula.
29	C. Guayaquil y Loja	BUENO	ECUATRAN	10	235722	1916	13200GRDY/7620	240 - 120	1	_	Ecuador	_	01-oct-07	20m	28.4	Válvula.
30	C. Honorato Lazo y J.A.Montesinos	BUENO	ECUATRAN	25	5482397	7644	13200GRDY/7620	240 - 120	1	1997	Ecuador	_	01-oct-07	12m	3.17	Válvula.
31	C. J.A.Montesinos y El Oro	BUENO	WESTINGHOUSE	15	80A442505	3867	13200GY/7620	240 - 120	1	_	USA	_	01-oct-07	12m	1.82	Válvula.
32	C. J.A.Montesinos y El Oro	BUENO	INATRA	15	3059070	12256	13200GRDY/7620	240 - 120	1	_	Ecuador	45 Lts.	01-oct-07	7m	0.00	Particular, Válvula
33	C. Jose M.Vivar y El Oro	BUENO	WESTINGHOUSE	25	80A450475	1985	13200GY/7620	240 - 120	1	_	USA	_	01-oct-07	20m	0.48	Sin válvula, Desenergizado
34	C. J.A.Montesinos y Sucre	BUENO	ECUATRAN	15	4151995	6365	13200GRDY/7620	240 - 120	1	1995	Ecuador	_	01-oct-07	10m	52.3	Válvula
35	C. Monfilio Muñoz y J.A.Montesinos	BUENO	ECUATRAN	10	232822	1935	13200GRDY/7620	240 - 120	1	_	Ecuador	_	01-oct-07	15m	26.9	Válvula
36	C. 18 de Noviembre y Azuay	BUENO	WESTINGHOUSE	15	80A442490	1917	13200GY/7620	240 - 120	1	_	USA	_	01-oct-07	11m	1.20	Sin válvula, Desenergizado
37	C. 10 de Marzo, Junto I.T.S.S	BUENO	ECUATRAN	10	1193022F	9923	13200GRDY/7620	240 - 120	1	_	Ecuador	_	01-oct-07	8m	13.8	Particular, Válvula
38	C. 10 de Marzo, Junto I.T.S.S	BUENO	ECUATRAN	10	445444	3390	13200GRDY/7620	240 - 120	1	_	Ecuador	_	01-oct-07	10m	249	Particular, Válvula
39	C. 10 de Marzo, Frente I.T.S.S	BUENO	ECUATRAN	25	6057398	8623	13200GRDY/7620	240 - 120	1	1998	Ecuador	_	01-oct-07	18m	10.9	Válvula
40	C. 10 de Marzo, Frente I.T.S.S	BUENO	ECUATRAN	15	904366	1923	13200GRDY/7620	240 - 120	1	_	Ecuador	_	01-oct-07	9m	8.49	Válvula
41	C. 10 de Marzo y Loja	BUENO	WESTINGHOUSE	15	85A391507	1927	13200GY/7620	240 - 120	1	_	USA	16 Gls.	02-oct-07	20m	4.47	Sin válvula, Desenergizado
42	C. 10 de Marzo, Junto Biblioteca	BUENO	ECUATRAN	10	5652598	7750	13200GRDY/7620	240 - 120	1	1998	Ecuador	_	02-oct-07	13m	9.80	Particular, Válvula
43	C. S/N y 10 de Marzo	BUENO	ECUATRAN	10	5260697	7721	13200GRDY/7620	240 - 120	1	1997	Ecuador	_	02-oct-07	15m	0.74	Válvula
44	C. Luis Felipe Ortega, Antena Porta	BUENO	ECUATRAN	15	8876004	11978	13200GRDY/7620	240 - 120	1	2004	Ecuador	_	02-oct-07	10m	91.3	Válvula, Aceite libre de PCBs
45	Panamericana Cuenca	BUENO	WESTINGHOUSE	15	85A391455	1900	13200GY/7620	240 - 120	1	_	USA	16 Gls.	02-oct-07	20m	4.24	Sin válvula, Desenergizado

46	C. 10 de Marzo, Las Casetas	BUENO	ECUATRAN	15	2140119	S/N	13200GRDY/7620	240 - 120	1	_	Ecuador	_	02-oct-07	10m	10.7	Válvula
47	Urb. Pucará	BUENO	ECUATRAN	10	6019898	9238	13200GRDY/7620	240 - 120	1	1998	Ecuador	_	02-oct-07	13m	32.1	Válvula
48	Urb. Pucará	BUENO	ECUATRAN	10	6021298	9239	13200GRDY/7620	240 - 120	1	1998	Ecuador	_	02-oct-07	12m	37.5	Válvula
49	C. Loja y El Oro	BUENO	SIEMENS	15	207313	9461	13200GRDY/7620	240 - 120	1	2000	Colombia	45 Lts.	02-oct-07	12m	1.38	Válvula
50	C. Loja y El Oro, Parque Central	BUENO	ECUATRAN	30	438800	9234	13800	220	3	2002	Ecuador	_	02-oct-07	20m	3.16	Válvula, Desenergizado
51	C. Azuay y El Oro	BUENO	ECUATRAN	25	5484597	7643	13200GRDY/7620	240 - 120	1	1997	Ecuador	_	02-oct-07	9m	1.63	Válvula
52	C. Azuay, Frente Iglesia Evangélica	BUENO	ERMCO	15	06B2909421	5504	13200GRDY/7620	240 - 120	1	_	USA	_	02-oct-07	15m	5.09	Válvula
53	C. Azuay	BUENO	ERMCO	15	04B2909328	5505	13200GRDY/7620	240 - 120	1	_	USA	_	02-oct-07	15m	4.90	Válvula
54	C. Reino de Quito, Radio Buen Pastor	BUENO	ERMCO	15	22W3516447	6293	13200GRDY/7620	240 - 120	1	_	USA	_	02-oct-07	7m	5.78	Particular, Válvula
55	C. Reino de Quito y Loja	BUENO	ECUATRAN	10	5255097	7673	13200GRDY/7620	240 - 120	1	1997	Ecuador	_	02-oct-07	15m	3.21	Válvula
56	C. Reino de Quito y José M. Vivar	BUENO	ECUATRAN	15	7527002	1955	13200GRDY/7620	240 - 120	1	2002	Ecuador	_	02-oct-07	9m	72.7	Válvula
57	C. J.A.Castro, Junto Hospital	BUENO	WESTINGHOUSE	10	85A380935	1936	13200GY/7620	240 - 120	1	_	USA	11 Gls.	02-oct-07	16m	12.9	Válvula
58	Av. J. de Calasanz, Frente Hospital	BUENO	WESTINGHOUSE	5	85A390144	1937	13200GY/7620	240 - 120	1	_	USA	11 Gls.	02-oct-07	15m	4.19	Sin válvula, Desenergizado
59	Av. J. de Calasanz	BUENO	ECUATRAN	10	2921892	5439	13200GRDY/7620	240 - 120	1	_	Ecuador	_	02-oct-07	12m	110	Válvula
60	Av. J. de Calasanz, Junto Hospital	BUENO	ECUATRAN	10	1543388	1945	13200GRDY/7620	240 - 120	1	_	Ecuador	_	02-oct-07	7m	44.9	Particular, Válvula, Derramando aceite
61	Av. J. de Calasanz, Junto Hospital	BUENO	ECUATRAN	10	155122	5055	13200GRDY/7620	240 - 120	1	_	Ecuador	_	02-oct-07	10m	20.1	Particular, Válvula
62	C. El Oro, Sector El León	BUENO	ECUATRAN	5	8062713	11226	13200GRDY/7620	240 - 120	1	2003	Ecuador	_	02-oct-07	9m	20.7	Particular (Municipio), Desenergizado
63	C. El Oro, Sector El León	BUENO	ECUATRAN	5	8063103	11225	13200GRDY/7620	240 - 120	1	2003	Ecuador	_	02-oct-07	4m	1.37	Particular (Municipio), Desenergizado
64	C. El Oro, Sector El León	BUENO	ECUATRAN	5	8062603	11224	13200GRDY/7620	240 - 120	1	2003	Ecuador	_	02-oct-07	5m	21.8	Particular (Municipio), Desenergizado
65	Sector Ilincho, Junto Cementerio	BUENO	SIEMENS	15	182341	7581	13200GRDY/7620	240 - 120	1	1997	Colombia	_	02-oct-07	10m	0.67	Particular, Válvula
66	Sector Ilincho, Junto Cementerio	BUENO	SIEMENS	15	177691	7590	13200GRDY/7620	240 - 120	1	1997	Colombia	45 Lts.	02-oct-07	20m	1.26	Particular, Válvula
67	Panamericana y Guayaquil	BUENO	INATRA	30	9048530	11913	13800	220	3	2004	Ecuador	_	03-oct-07	20m	3.14	Particular, Derramando aceite, Desenergizado
68	C. Azuay y 10 de Marzo	BUENO	CESA	5	17450	1921	13200/7620	240 - 120	1	_	Costa Rica	_	03-oct-07	18m	8.33	Particular, Desenergizado por seguridad
69	C. Azuay y 10 de Marzo	BUENO	WESTINGHOUSE	15	80A462570	1919	13200GY/7620	240 - 120	1	_	USA	_	03-oct-07	16m	2.21	Particular, Desenergizado por seguridad

70	C. 18 de Noviembre y Loja	BUENO	SIEMENS	15	207329	9616	13200GRDY/7620	240 - 120	1	2000	Colombia	-	03-oct-07	20m	2.44	Particular (Coop MEGO), Válvula
71	C. 18 de Noviembre y Loja	BUENO	ABB	25	91A451358	6154	13200GRDY/7620	240 - 120	1	-	USA	17.7 Gls.	03-oct-07	15m	12.3	Sin válvula, Desenergizado
72	Hospital	BUENO	WESTINGHOUSE	113	80A461444	1938	13200	220 - 127	3	-	USA	-	03-oct-07	12m	4.62	Particular (Hospital), Usado como Bodega
73	Av. Calasanz	BUENO	ECUATRAN	10	2922292	5440	13200GRDY/7620	240 - 120	1	-	Ecuador	-	11-oct-07	10m	99.5	Válvula, Desconectado
74	Barrio Apugin	BUENO	JIM'S ELECTRIC	5	81E0961	1956	13200GRDY/7621	240 - 120	1	-	USA	-	11-oct-07	15m	10.0	Sin Válvula, Desconectado
75	Vía Verbenas	BUENO	ECUATRAN	5	7384702	10222	13200GRDY/7622	240 - 120	1	2002	Ecuador	-	11-oct-07	6m	38.0	Válvula, Desconectado
76	Colegio Celina Vivar	BUENO	INMERCED	25	F12235-70	1924	13200GRDY/7623	240 - 120	1	-	-	12 Gls	11-oct-07	15m	10.1	Particular, C.C.V.E. Desconectado
77	Colegio Celina Vivar	BUENO	WESTINGHOUSE	45	68L2025	618	13200	220	3	-	USA	-	11-oct-07	10m	13.4	Particular, C.C.V.E. Desconectado
78	Colegio Celina Vivar	BUENO	ECUATRAN	50	211093	5539	13200	220	3	1993	Ecuador	-	11-oct-07	9m	190	Particular, C.C.V.E. Desconectado

Anexo 3. Fotos de la toma de muestras del aceite en los transformadores de distribución en la Cabecera Cantonal de Saraguro.



Identificación y toma de datos del transformador



Transformador desenergizado por seguridad



Extracción de la muestra de aceite del transformador



Manipulación de la muestra de aceite del transformador



Colocación de la muestra de aceite en el envase respectivo



Ubicación de los envases con aceite para su transporte



Preparación de la maquina para el análisis de las muestras de aceite



Preparación de reactivos para el análisis del aceite



Extracción del aceite para el análisis



Reacción del aceite con los compuestos químicos



Reacción del aceite con compuestos químicos



Reacción final, obtención de sustancia cristalina



Análisis final de la muestra de aceite.



Cubetos para aceite en caso de derrames de aceite de los transformadores
Instalados por la EERSSA en los transformadores de las subestaciones