

APOYO EN EL DESARROLLO DEL PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL DE PCBs  
ADSCRITO AL ÁREA DE GESTIÓN AMBIENTAL DE INCAUCA S.A.S.



Presentado por:  
JUAN DAVID CASTILLO VILLARREAL

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
POPAYÁN 2018

APOYO EN EL DESARROLLO DEL PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL DE PCBs  
ADSCRITO AL ÁREA DE GESTIÓN AMBIENTAL DE INCAUCA S.A.S.



Presentado por:  
JUAN DAVID CASTILLO VILLARREAL  
Cod: 49101053

Proyecto de trabajo de grado en la modalidad de práctica profesional empresarial para  
optar al título de Ingeniero Ambiental

Ing. SUSANA MONTENEGRO ARBOLEDA  
Directora

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
POPAYÁN 2018

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Coordinador del programa

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

## CONTENIDO

	pag.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>2</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>4</b>
<b>3. OBJETIVOS</b>	<b>5</b>
3.1 Objetivo general	5
3.2 Objetivos específicos	5
<b>4. GENERALIDADES DE LA EMPRESA</b>	<b>6</b>
4.1 Perfil de la empresa	6
4.2 Misión	6
4.3 Visión	6
4.4 Política Ambiental	6
4.5 Ubicación	7
4.6 Empresa receptora	7
4.7 Organigrama de la empresa	8
4.8 Directora de pasantía en la empresa	8
<b>5. MARCO TEÓRICO</b>	<b>9</b>
5.1 Marco legal	10
<b>6. METODOLOGIA</b>	<b>12</b>
6.1 Diagnóstico de la existencia y estado de los equipos eléctricos	12
6.2 Actualización de la base de datos de equipos eléctricos	13
6.3 Formulación de soluciones de prevención, mitigación, corrección y control de la contaminación por PCBs	13
6.4 Elaboración de programas de descontaminación y eliminación de los equipos contaminados con PCBs	13
<b>7. RESULTADOS</b>	<b>15</b>
7.1 Diagnóstico de la existencia y estado de los equipos eléctricos	15
7.2 Actualización de la base de datos de equipos eléctricos	27
7.3 Formulación de soluciones de prevención, mitigación, corrección y control de la contaminación por PCBs	28
7.4 Elaboración de programas de descontaminación y eliminación de los equipos contaminados con PCBs	40
<b>8. CONCLUSIONES</b>	<b>47</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>48</b>

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>49</b>
<b>ANEXO</b>	<b>52</b>

### **Lista de Figuras**

	pag.
Figura 1. Ubicación de INCAUCA S.A.S.	7
Figura 2. Logo empresa receptora	7
Figura 3. Organigrama INCAUCA S.A.S.	8
Figura 4. Organigrama INCAUCA S.A.S. – Gerencia de fábrica	8
Figura 5. Cantidad de equipos eléctricos de cada tipo y porcentaje en INCAUCA S.A.S.	15
Figura 6. Ubicación de Transformadores	16
Figura 7. Mapa y recorrido de una salida de campo y coordenadas tomadas a transformadores en una salida	17
Figura 8. Transformadores intervenidos y no intervenidos	18
Figura 9. Certificación de transformadores, por placa o análisis de laboratorio	21
Figura 10. Administración de la base de datos	28
Figura 11. Solución de prevención y control de la contaminación	31
Figura 12. Medidas de contingencia para la solución de mitigación y control de contaminación	38
Figura 13. Programa de eliminación y descontaminación de equipos contaminados con PCBs en INCAUCA S.A.S.	41

### **Lista de Tablas**

	pag.
Tabla 1. Totales de los estados de los equipos y su funcionamiento.	16
Tabla 2. País de fabricación y fabricante de los diferentes tipos de equipos eléctricos.	19
Tabla 3. Total de unidades de equipos eléctricos por año de fabricación	19
Tabla 4. Transformadores con certificación “libre de PCBs”	21
Tabla 5. Estratos para muestreo de los equipos, transformadores, marca Siemens	23
Tabla 6. Estratos unificados para muestreo de los equipos, transformadores, marca Siemens	24
Tabla 7. Grupos de clasificación para los equipos.	25
Tabla 8. Matriz de Impactos ambientales, parte 1	29
Tabla 9. Matriz de Impactos ambientales, parte 2	30

## INTRODUCCIÓN

El sector azucarero en Colombia ha sido desde principio del siglo XXI de gran importancia para el desarrollo económico y social del país, por esta razón es importante conocer su funcionamiento y el impacto que genera al ambiente. Desde 1990 la industria azucarera ha seguido una serie de guías ambientales propias y de convenio con las corporaciones ambientales nacionales, dentro de sus operaciones productivas, para cumplir con los estándares ambientales y la preservación de los recursos naturales [1].

Dentro de los catorce ingenios azucareros de Colombia se destaca el Ingenio del Cauca, INCAUCA S.A.S., por ser el más grande y de mayor producción [2], lo que indica que dentro de toda su área de influencia su interacción con el ambiente es significativa. Dentro de los procesos realizados por INCAUCA S.A.S. se generan diversos residuos contaminantes desde el cultivo (caña) hasta el producto final (azúcar) [3] además internamente dentro de la planta existen contaminantes peligrosos, Bifenilos Policlorados (PCBs), compuestos químicos aceitosos, resinosos o sólidos que se encuentran dentro de los equipos eléctricos como transformadores, condensadores e interruptores; aunque su volumen dentro de los equipos eléctricos es mínimo, si estos compuestos químicos llegasen al ambiente las consecuencias para el agua, el suelo, el aire y los seres humanos serían graves.

Los PCBs se clasifican dentro de los compuestos orgánicos persistentes (COPs) de acuerdo a sus características como su estabilidad química, su resistencia a la degradación química y biológica, y su insolubilidad en agua. Por consiguiente, su impacto negativo al ambiente y a la salud humana es crítico [4] y deben tener un manejo ambientalmente adecuado, es decir, realizarse esfuerzos para su control, descontaminación y eliminación como lo establece la Resolución No. 0222 del 15 de diciembre de 2011 y en el contexto .

Con este trabajo se quiere lograr una adecuada gestión ambiental - a partir de lo establecido por la autoridad colombiana- de los equipos eléctricos que consistan, contengan o estén contaminados con PCB's dentro de la empresa INCAUCA S.A.S. para así cumplir con las disposiciones legales y sobre todo evitar la problemática ambiental de los Bifenilos Policlorados.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Aunque se conoce ampliamente su potencial dañino para el ambiente y la salud humana, los Compuestos Orgánicos Persistentes (COPs) en muchos casos, se siguen utilizando en diversos lugares del mundo produciendo e introduciendo cada año 100.000 nuevos compuestos sin datos detallados de toxicidad [5].

Los PCBs fueron manufacturados y comercializados mundialmente desde 1929, estimando su producción en 1.3 millones de toneladas hasta su prohibición en la mayoría de países productores en la década de 1970 [6]. En Colombia se estima que existen entre 9.000 y 12.900 [7]. Se han utilizado particularmente en el sector de generación y transmisión de energía eléctrica en transformadores, condensadores, balastos, interruptores entre otros equipos eléctricos como aceite o aditivos de aceite por sus atributos de aislamiento (dieléctrico), baja volatilidad, no inflamabilidad y transferencia de calor [8]. Esto constituye un riesgo considerable por el alcance y la magnitud que puede tener la contaminación de los PCBs, debido a que es ubicuo y pueden encontrarse en el suelo, en agua, sedimentos, ecosistemas [9] [10] y es transportado por aire, agua y especies migratorias a través de fronteras internacionales [11], llegándose a encontrar residuos de PCBs hasta en lugares donde nunca fueron fabricados ni comercializados, como en las regiones polares [12].

Por otra parte, los PCBs se han encontrado en todos los organismos vivos desde el plancton hasta los seres humanos lo que significa que es bioacumulable, puede bioconcentrarse y biomagnificarse [13], en los seres humanos puede causar enfermedades graves como el mal funcionamiento de los órganos, cáncer y reumatismo [14] [15] [16] [17] [18]. Diferentes estudios realizados en Suramérica evidencian la problemática ambiental y de salud pública, como los realizados en Argentina y Chile que muestra cómo especies de delfines y pingüinos de estas zonas, tienen altas concentraciones de PBCs y por esto presentan enfermedades [19] [20] [21] y el estudio elaborado en Brasil que muestra que diferentes especies de peces presentan en sus organismos considerables concentraciones de PCBs lo cual causa toxicidad en estas especies y en los pobladores de la región cuando los consumen [22], además el estudio realizado en Colombia que evidencia la acumulación de PCBs en alimentos de consumo de origen animal como aceites, mantequilla y camarones [23].

Es necesario considerar que la industria azucarera en Colombia fue establecida desde la década de 1950, obteniendo en la década de 1960 la consolidación tecnológica y eléctrica [1], lo cual significa que estos equipos están siendo utilizados desde esa fecha.

Los ingenios azucareros requieren de un extenso y arduo proceso para elaborar su producto final, azúcar [24]; muchas veces este proceso se divide en grandes secciones para su control y buen funcionamiento, la gran maquinaria que se utiliza para el proceso requiere gran número de equipos eléctricos como transformadores, interruptores y condensadores, que pueden llegar a ser de considerable tamaño y pueden estar contaminados con PCBs, por lo que es necesario tener un control preventivo y correctivo de la contaminación que se pueda llegar a generar, como lo hace el Ingenio Providencia S.A., que realiza una recuperación de este aceite para luego ser dispuesto mediante incineración.[25].

La correcta gestión de los PCBs que se encuentran dentro de los equipos eléctricos es a lo que se debe llegar en un futuro a cercano o mediano plazo para así evitar que haya

incidentes graves de contaminación ambiental y humana como el deterioro del agua y los ecosistemas y el mal funcionamiento de órganos, respectivamente.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Los equipos eléctricos como transformadores, condensadores, balastos, interruptores, reguladores, etc. pueden encontrarse en cualquier lugar del planeta no solo en complejos industriales y eléctricos sino también en lugares con fines militares, institucionales, comerciales y hasta en hogares particulares [8]. La vida útil de estos equipos supera los 30 años y podría llegar a ser hasta de 60 [26], se estima que más de dos tercios de la producción mundial, entre 1929 y 1979, de PCBs todavía está en uso o en existencia [27]. La contaminación que se puede derivar de estos equipos procede principalmente a la mala dirección que se han hecho sobre éstos con reparaciones, mantenimientos, fugas, derrames, incineraciones, eliminación indiscriminada, transporte de equipos entre países [17] [8] además del mal reciclado de aceites minerales de estos equipos para la venta de partes o repuestos eléctricos.

Por esto se requiere estudiar y realizar un programa de gestión ambiental adecuado e integral de los equipos que contengan, consistan o estén contaminados de PBCs, de acuerdo a los estatutos internacionales de los que haga parte Colombia y los propios colombianos [28] [8] [29]. El presente proyecto busca obtener una gestión global ambiental adecuada, como lo establece la norma, de los equipos eléctricos (transformadores, condensadores e interruptores) de INCAUCA S.A.S., empresa de gran importancia en el país en la industria alimenticia, aportando el 25% del azúcar consumido en Colombia; además INCAUCA S.A.S. cuenta con gran cantidad de trabajadores expuestos a los equipos eléctricos [2].

Este proyecto aporta al investigador, el conocimiento de cómo se desarrolla un apropiado programa de gestión ambiental, y a la vez sería precedente para futuras investigaciones en esta u otras empresas, bienestar a la comunidad y al ambiente contribuyendo a evitar la contaminación.

De acuerdo con lo establecido en Colombia según la Ley 1196 de 2008 en su Anexo A, parte II literal a) y literal e), el país tiene la obligación de eliminar el uso de los equipos contaminados con PCB antes de finalizar el año 2025. Igualmente, el país debe realizar esfuerzos destinados a lograr una gestión ambientalmente adecuada de los desechos y equipos contaminados con PCB; tomando decisiones respecto a la descontaminación con métodos como lavados y rellenados [30] o eliminación de los equipos utilizando métodos físicos, químicos, fisicoquímicos, térmicos y biológicos [31], tan pronto como sea posible, pero a más tardar en el 2028 de acuerdo a lo que dicta el Convenio de Estocolmo [32].

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo general

- Apoyar el desarrollo del programa de gestión ambiental para equipos que consistan, contengan o estén contaminados con bifenilos policlorados en INCAUCA S.A.S.

#### 3.2 Objetivos específicos

- Verificar la existencia y estado de los equipos eléctricos (transformadores, interruptores y condensadores) en la planta de INCAUCA S.A.S. y realizar un diagnóstico, para desarrollar el programa.
- Actualizar el inventario de equipos que consistan, contengan o estén contaminados con PCBs para ser presentados ante la autoridad nacional competente.
- Formular soluciones para prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos ambientales no deseables asociados a la contaminación generada por los equipos eléctricos en INCAUCA S.A.S.
- Elaborar programas de ajuste, descontaminación y eliminación de los equipos que llegan al fin de su vida útil y los equipos que resulten contaminados con PCBs para su adecuada disposición según la normatividad nacional vigente.

## 4. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

### 4.1 Perfil de la empresa

El ingenio del Cauca, INCAUCA S.A.S., es una empresa de carácter privado perteneciente al conglomerado empresarial Organización Ardila Lülle el cual está dedicado a la producción y transformación de bienes y servicios.

INCAUCA S.A.S. es una empresa agroindustrial, constituida en 1963, dedicada a desarrollar productos y servicios, derivados de la industria de la caña de azúcar, cuenta con cuatro plantas: azúcar, alcohol, cogeneración de energía y compost.

### 4.2 Misión

Entregar soluciones energéticas y sucroquímicas de alto valor agregado, a partir de fuentes renovables, siendo responsables de la sostenibilidad en lo económico, ambiental y social.

### 4.3 Visión

En 2021, INCAUCA S.A.S. será reconocida por continuar siendo líderes en el mercado nacional, afianzando la recordación de marca, desarrollar soluciones que satisfagan las necesidades particulares de los clientes, aumentar la participación en mercados internacionales, optimizar los resultados operativos y financieros, consolidar la gestión en la sostenibilidad, mantener una cultura innovadora y de gestión del conocimiento con base en la participación de sus colaboradores.

### 4.4 Política Ambiental

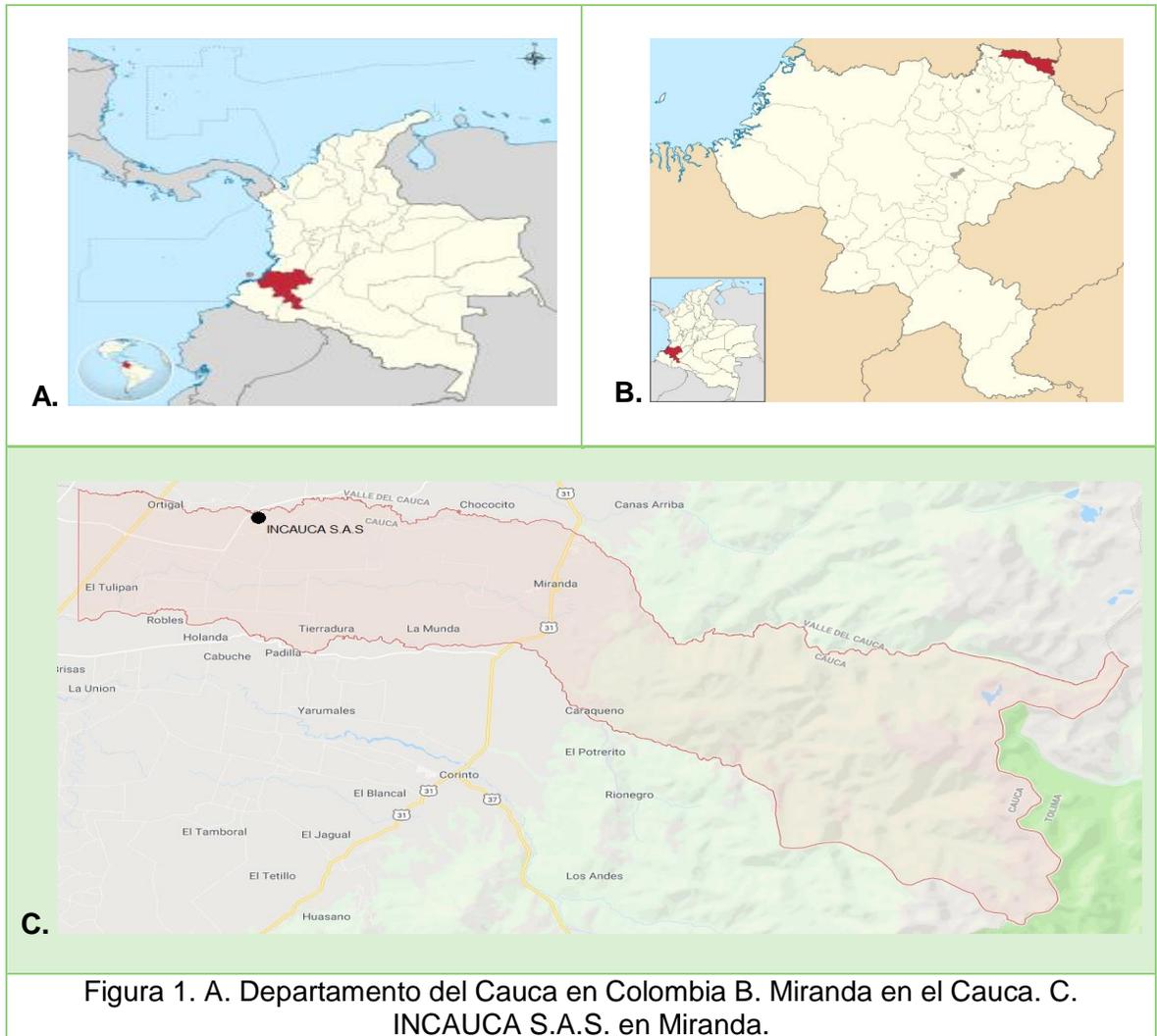
En INCAUCA S.A.S. estamos comprometidos con la protección de los recursos naturales y los ecosistemas, la prevención y la mitigación de la contaminación, la mejora continua del sistema de gestión, el cumplimiento de la legislación y la construcción de una cultura ambiental con fundamento en los siguientes principios:

- Desarrollo sostenible: Los recursos naturales y los ecosistemas se protegerán implementando tecnologías limpias.
- Agua para la vida: El agua como fuente de vida se usará de manera eficiente y con ahorro en todos los procesos.
- Gestión de vertimientos: El agua residual llegará a las fuentes hídricas con características que minimicen la contaminación.
- Protección del aire: El aire se protegerá implementado desarrollos tecnológicos y medidas de mitigación.
- Gestión integral de residuos: Los residuos recorrerán su ciclo garantizando su gestión integral para prevenir la contaminación.
- Mitigación y adaptación al cambio climático: el cambio climático de mitigara reduciendo las emisiones de gases efecto invernadero e implementando medidas de adaptación.
- Educación ambiental: La aplicación de saberes nos conducirá a un actuar consciente para la protección de los recursos naturales y los ecosistemas.

Cumplimiento legal ambiental: Nuestra actividades, productos y servicios se cimentarán en el cumplimiento de la legislación y otros requisitos de interés.

#### 4.5 Ubicación

Corregimiento El Ortigal en el municipio de Miranda y departamento del Cauca, a 134 km de Popayán.



#### 4.6 Empresa receptora



Figura 2. Logo empresa receptora.

#### 4.7 Organigrama de la empresa



Figura 3. Organigrama INCAUCA S.A.S.

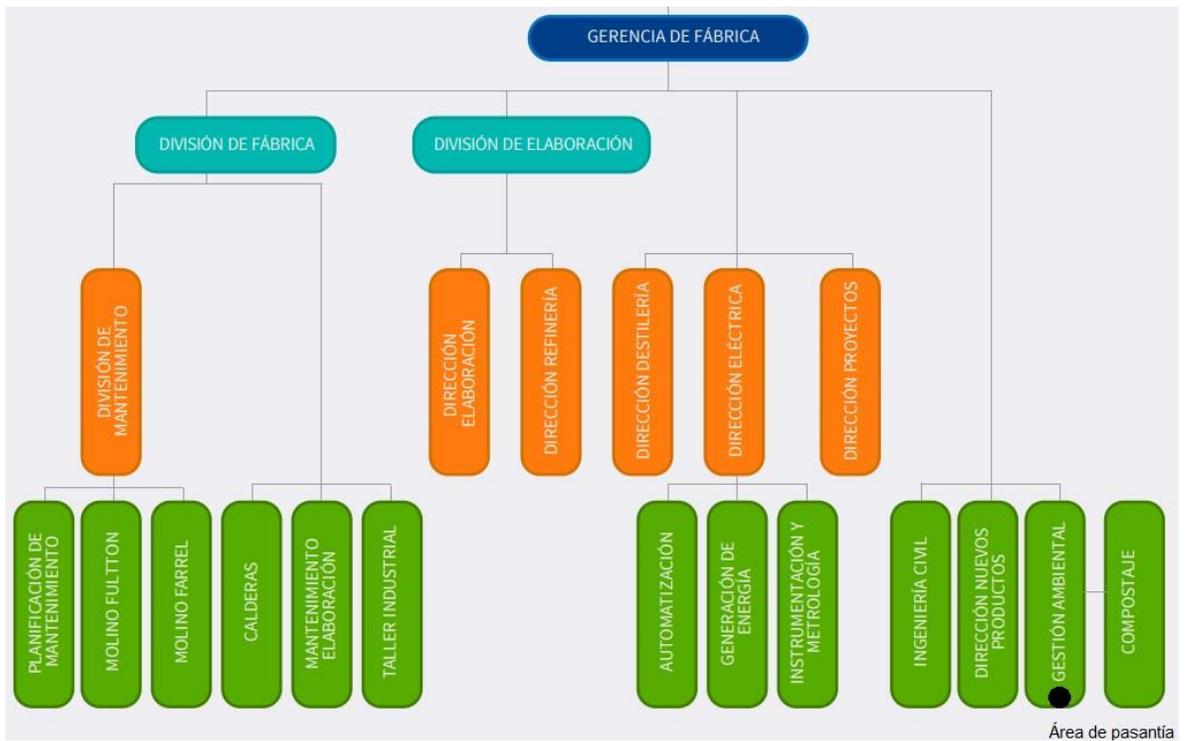


Figura 4. Organigrama de INCAUCA S.A.S. – Gerencia de fábrica.

#### 4.8 Directora de pasantía en la empresa receptora

Ingeniera Ambiental Gloria Alejandra Méndez Beltrán - Asistente Gestión Ambiental.

## 5. MARCO TEÓRICO

Como se mencionó anteriormente este estudio pretende realizar un apoyo en el desarrollo del plan de gestión ambiental de PCBs en la empresa INCAUCA S.A.S. ya que Colombia como país signatario del Convenio de Estocolmo, convenio internacional que regula los COPs, debe cumplir los acuerdos de los que trata este documento. Los Bifenilos Policlorados se definen como “un subconjunto de químicos orgánicos sintéticos conocidos como hidrocarburos clorados, su fórmula condensada es  $C_{12}H_{10-n}Cl_n$ . Este tipo de estructuras incluye a todos los compuestos con una estructura de bifenilo, es decir, dos anillos bencénicos que han sido clorados a diferentes grados. Por sus características son clasificados como COPs [33].

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible a través de sus resoluciones 222 de 2011 y 1741 de 2016 procura una gestión ambiental integral de los equipos que puedan contener, consistir o estar contaminados con Bifenilos Policlorados, PCBs. Además, por medio del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, se está realizando el Inventario de PCBs el cual busca normalizar, tener control y seguimiento de los equipos que puedan estar contaminados.

Puesto que los PCBs fueron utilizados ampliamente en la industria eléctrica principalmente en transformadores, interruptores y condensadores, se pueden encontrar fácilmente como lo indica algunos estudios como el realizado en el Mar Báltico que encontró en tu la extensión del mar altos niveles de concentración de Bifenilos Policlorados representando un elevado grado de contaminación, persistencia y toxicidad puesto que su carga contaminante se redujo en este mar drásticamente en 1990 [34], o también el estudio que ha localizado altas concentraciones del contaminante en los ríos Tisa, Danubio y Topčiderska produciendo así toxicidad a las fuentes y los ecosistemas hídricos a lo largo de Serbia [35].

Para una mayor comprensión del trabajo realizado, es necesario tener en cuenta las siguientes definiciones:

### **Gestión Ambiental**

Referencia a utilizar por las organizaciones para llevar un control de cumplimiento de objetivos y metas para proteger el medio ambiente y responder a las condiciones ambientales cambiantes guardando el equilibrio socioeconómico, si está bien definida se garantiza el proceso de mejora continua [36].

### **Compuestos Orgánicos Persistentes**

Son sustancias persistentes, ya que tienen una elevada permanencia en el medio ambiente al ser resistentes a la degradación, bioacumulables, incorporándose en los tejidos de los seres vivos y pudiendo aumentar su concentración a través de la cadena trófica, altamente tóxicos. Por su persistencia, pueden ser depositados y volver a volatilizarse en ciclos sucesivos en función de las temperaturas ambientales, produciéndose el efecto conocido como "saltamontes". En consecuencia, suponen una amenaza para la salud humana y el medio ambiente de todo el planeta [37].

### **Convenio de Estocolmo**

El Convenio de Estocolmo es un tratado internacional que tiene como finalidad proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los Contaminantes Orgánicos Persistentes, fijando para ello medidas que permitan eliminar, y cuando esto no sea posible, reducir las emisiones y las descargas de estos contaminantes [32].

### **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**

Rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, sin perjuicio de las funciones asignadas a otros sectores [38].

### **Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales**

El IDEAM es una institución pública de apoyo técnico y científico al Sistema Nacional Ambiental, que genera conocimiento, produce información confiable, consistente y oportuna, sobre el estado y las dinámicas de los recursos naturales y del medio ambiente, que facilite la definición y ajustes de las políticas ambientales y la toma de decisiones por parte de los sectores público, privado y la ciudadanía en general [39].

### **Transformador**

Aparatos que pueden aumentar o disminuir el nivel de voltaje de una corriente eléctrica, formados por una cubierta metálica, núcleo magnético, bobinas de cobre, cuñas de madera y aceite dieléctrico [8].

### **Condensador**

Equipos para mantener y acumular una carga eléctrica, que se compone de placas conductoras de electricidad y aceite dieléctrico [8].

## 5.1 Marco legal

### **Convenio de Estocolmo, 2001**

Cuyo objetivo es proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los contaminantes orgánicos persistentes (COP), de los cuales hacen parte los bifenilos policlorados (PCBs).

### **Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos, 2005**

La cual en su objetivo 3 prevé como formular el Programa Nacional para la Aplicación del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) y como una de sus estrategias generales, impulsar la actualización y armonización del marco normativo, de la cual hace parte la expedición de la normativa pertinente, especialmente en lo relacionado con el manejo de bifenilos policlorados (PCBs).

### **Decreto 4741 de 2005**

Por el cual se reglamentan parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral, lo cual es aplicable a los bifenilos policlorados (PCB) e incluye de manera explícita algunas prohibiciones asociadas a estas sustancias.

### **Ley 1196 de 2008**

Por medio de la cual se aprueba el “Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes,” hecho en Estocolmo el 22 de mayo de 2001, la “Corrección al artículo 1o del texto original en español”, del 21 de febrero de 2003, y el “Anexo G al Convenio de Estocolmo”, del 6 de mayo de 2005.

**Ley 1252 de 2008**

Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos en Colombia, e indudablemente, por el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación.

**Resolución 222 de 2011**

Mediante la cual se establecen requisitos para la gestión ambiental integral de equipos y desechos que consisten, contienen o están contaminados con bifenilos policlorados (PCBs), a partir de la cual se adelantan actualmente diversas acciones en el marco del proyecto PNUD – GEF - Minambiente denominado “Desarrollo de la capacidad para la gestión y eliminación ambientalmente adecuada de los PCB”.

**Resolución 792 de 2013**

Por la cual se adoptan los protocolos de muestreo y análisis para la determinación del contenido de PCB en aceites dieléctricos y diferentes matrices ambientales.

**Resolución 1741 de 2016**

Por la cual se modifica la Resolución 222 de 2011 y se adoptan otras disposiciones.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1 Verificación de la existencia y diagnóstico del estado de los equipos eléctricos

#### 6.1.1 Levantamiento de información

Se inició con el levantamiento de información de los equipos eléctricos que tiene en su poder la planta de INCAUCA S.A.S., mediante la búsqueda en los archivos que contienen la “hoja de vida” de cada transformador, condensador e interruptor.

#### 6.1.2 Ubicación de equipos, existencia y diagnóstico

Posteriormente, de acuerdo a la información de los equipos encontrada, se visitó cada uno de éstos para confirmar su ubicación mediante coordenadas geográficas. En el lugar, se verificó su existencia y su estado inicial mediante pruebas de funcionamiento. Adicionalmente, se investigó si los equipos habían sido reparados, cuántos mantenimientos habían tenido, año de fabricación, fabricante y país donde se fabricó, características y análisis eléctricos y si los equipos tenían certificado “Libres de PCBs” o si tenían análisis químicos analíticos que dieran garantía de no estar contaminados. Toda esta información aparece en la “hoja de vida” de cada uno de los equipos.

#### 6.1.3 Tratamiento estadístico

A partir de esta información, se apoyó en la realización de un muestreo, de acuerdo a lo estipulado en la Resolución 222 de 2011, para estimar la población de los equipos a los que se les tomó muestra, las cuales se enviaron a 3 laboratorio certificados: Crom Mass – Centro de cromatografía y espectrometría de masas adscrito a la Universidad Industrial de Santander, F y R ingenieros y el laboratorio de la Universidad Javeriana Cali; para la realización de pruebas analíticas, que consistían en cromatografía de gases con detección de captura de electrones, y así estimar el contenido de PCBs. Se tomó el supuesto inicial como lo indica el Manual para la Gestión Integral de Bifenilos Policlorados, Tomo III, de que los equipos eléctricos de un año en particular y un mismo fabricante tenían similares características de fabricación, el muestreo se realizó para cada tipo de equipo, transformador, condensador e interruptor.

Para este caso particular, se tomó el modelo de muestreo estratificado el cual pertenece a la familia de los muestreos probabilísticos, se escogió este modelo por la virtud que ofrece a cada ejemplar de ser escogido, para el estudio se definieron dos estratos, año de fabricación y fabricante, cuando se obtuvieron todos los ejemplares de los estratos se procedió a la unificación de los estratos y así se tuvo una mayor precisión en el resultado, además a cada uno de estos se les realizó un muestreo aleatorio simple para que de esta forma todos los ejemplares de las poblaciones tuvieran la misma posibilidad de ser seleccionados, este muestreo se realizó con un nivel de confianza del 95% y un error máximo de 5%; luego de realizar los muestreos anteriores con las variables establecidas se obtuvo el tamaño de población real de los equipos eléctricos a los cuales se les hizo la toma de muestra de fluido dieléctrico.

#### 6.1.4 Clasificación y marcado de equipos

Con los resultados enviados por el laboratorio se procedió a la clasificación de los equipos de acuerdo a la concentración de PCBs según el artículo 7 de la Resolución 222 de 2011.

Una vez clasificados, se inició el apoyo en el marcado de todos los equipos incluidos en el inventario según el artículo 8 de la Resolución 222 de 2011.

## 6.2 Actualización de la base de datos de equipos eléctricos

Para presentar el inventario total de los equipos eléctricos de propiedad del ingenio ante el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible a través del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM., se procedió con la actualización de la base de datos de los aparatos que consistían, contuvieran o estaban contaminados con PCBs, - eliminando datos incorrectos, cambiando datos mal registrados y adicionando nuevos datos encontrados-, con el fin de cumplir los plazos estipulados en el artículo 16 de la Resolución 222 de 2011.

## 6.3 Formulación de soluciones de prevención, mitigación, corrección o compensación y control de la contaminación por PCBs

### 6.3.1 Evaluación de impactos ambientales

Con la cuantificación de los equipos contaminados con PCBs obtenidos en el inventario, se estableció mediante revisión y verificación el volumen de fluido contaminante que se hubiera derramado por los equipos y a la vez la afectación a los recursos naturales mediante la evaluación de los impactos negativos generados a partir de matrices de impactos ambientales.

### 6.3.2 Soluciones ambientalmente adecuadas

De esta información y mediante revisión de literatura se establecieron las medidas de prevención, mitigación, corrección o compensación por contaminación por PCBs en el ingenio.

## 6.4 Elaboración de programas de descontaminación y eliminación de los equipos contaminados con PCBs

### 6.4.1 Ajustes del programa de gestión ambiental de PCBs de INCAUCA S.A.S.

Se revisó el Programa de Gestión Ambiental de PCBs de INCAUCA S.A.S. para definir los ajustes a los que hubo lugar, con el fin de cumplir los objetivos propuestos ahí.

### 6.4.2 Elaboración de programas de descontaminación y/o eliminación de los equipos contaminados con PCBs

Se elaboraron programas de descontaminación y/o eliminación de los equipos contaminados con PCBs, teniendo en cuenta antecedentes, estudios previos, legislación colombiana e internacional, programas y manuales de otros países para la debida gestión ambientalmente adecuada en relación con la norma colombiana aplicada, para la disposición final del aceite dieléctrico y los equipos cuando éstos se encuentran

contaminados o lleguen al fin de su vida útil. Estos planes fueron presentados a la dirección del área de gestión ambiental de INCAUCA S.A.S. con el objetivo de viabilizar la ejecución de los mismos.

## 7. RESULTADOS

### 7.1 Diagnóstico de la existencia y estado de los equipos eléctricos

#### 7.1.1 Levantamiento de información a partir de hojas de vida

En la empresa INCAUCA S.A.S. se realizó el levantamiento de la información requerida por el IDEAM y por consiguiente por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la resolución 222 de 2011 expedida por el ministerio establece que para realizar un respectivo control y una gestión ambientalmente adecuada de los equipos eléctricos se deben obtener datos referentes a su origen y sus características. Esta información se obtuvo realizando visitas al archivo central del área de Generación de energía (ver Anexo 1).

##### 7.1.1.1 Tipo y cantidad total de equipos eléctricos

En el Ingenio del Cauca, INCAUCA S.A.S., se pudo determinar la existencia de tres tipos de equipos eléctricos (ver Anexo 2) que pudieran tener como fluido dieléctrico aceites compuestos de PCBs, los cuales son:

- Transformadores
- Condensadores
- Interruptores

De acuerdo con la resolución 222 de 2011 se debe tener en cuenta el estado de los equipos clasificándolos en tres clases:

- En uso
- En desuso
- Desechados

De acuerdo con estos criterios, se clasificaron los equipos encontrando que el total de equipos eléctricos en INCAUCA S.A.S. es de 580 de los cuales 259 corresponden a transformadores, 182 a condensadores y 139 a interruptores. La distribución porcentual de los equipos eléctricos se presenta en la Figura 5.

### Equipos eléctricos en INCAUCA S.A.S

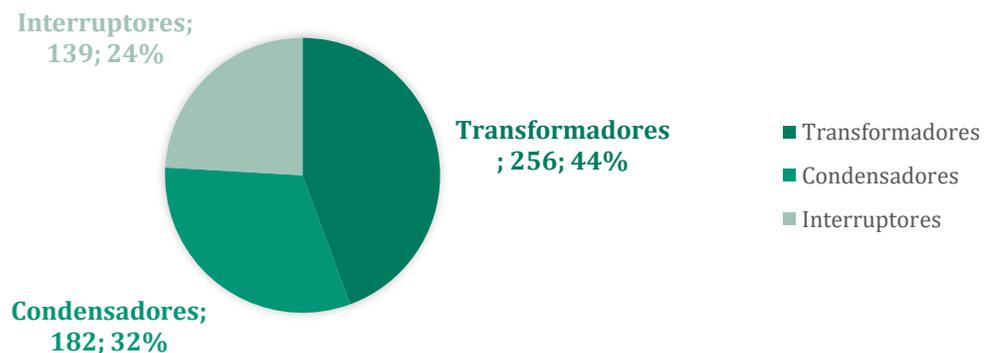


Figura 5. Cantidad de equipos eléctricos de cada tipo y porcentaje en INCAUCA S.A.S.

Respecto a los transformadores se definió que el 83% está en uso, 16% en desuso y 1% desechados. Respecto a los condensadores e interruptores se encontró que el 100% de estos equipos están en uso (ver Anexo3). El resumen de unidades por estado y tipo de equipo se muestran en la Tabla 1.

Tipo de Equipo/Estado	Total unidades en Uso	Total unidades en Desuso	Total unidades Desechados	Total
Transformador	216	40	3	259
Interruptor	139	-	-	139
Condensador	182	-	-	182
TOTAL	537	40	3	580

Tabla 1. Totales de los estados de los equipos y su funcionamiento.

### 7.1.2 Verificación de coordenadas geográficas

Acorde con el diagnóstico de la gestión ambiental de los aceites dielectricos de los equipos eléctricos en INCAUCA S.A.S. se evidenció que las coordenadas geográficas reportadas para todos los equipos eran las mismas, bien sea, transformadores, condensadores o interruptores. Dichas coordenadas correspondían al centro de la planta de INCAUCA S.A.S. las cuales son 3°16'40.98" N y 76°19'06.07" W.

La norma que rige la gestión ambiental de los equipos con PCBs establece que cada equipo debe contar con sus propias coordenadas geográficas, por lo tanto, se realizó la toma de las coordenadas geográficas de cada uno de los equipos de propiedad del ingenio.

Al establecer las coordenadas propias de los equipos, se encontró que la totalidad de equipos de tipo condensador e interruptores se encontraban dentro de la planta de INCAUCA S.A.S. (ver Anexo 4).

Para establecer las coordenadas de los equipos tipo transformador, se realizaron tres salidas a campo, en compañía del ingeniero a cargo, salidas en las cuales se realizaron las pruebas de funcionamiento y se logró establecer que un gran número de estos equipos se encuentran en las afueras de la planta y en las haciendas de participación, cuarenta y siete en total, los equipos restantes, doscientos doce, se encuentran en la planta. La distribución porcentual de ubicación de los transformadores se presenta en la siguiente figura.

### Ubicación de Transformadores

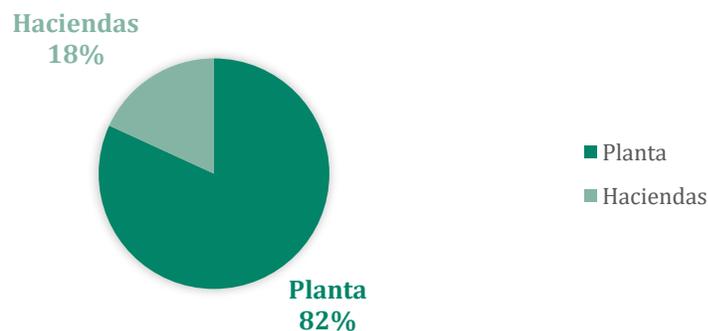


Figura 6. Ubicación de Transformadores.

En la Figura 7, se muestra mediante flechas de color azul el recorrido de una de las visitas realizadas y la distribución espacial de las haciendas que hacen parte de INCAUCA S.A.S.



Color	Zona	Coordenadas tomadas
Azul	Planta INCAUCA S.A.S.	-
Negro	Hacienda Hispala	3°16'15.23" N; 76°21'18.15" W
Gris oscuro	Hacienda Liberia	3°16'34.27" N; 76°21'40.75" W
Rojo oscuro	Hacienda Brasilia	3°16'53.18" N; 76°22'16.15" W
Naranja	Hacienda La Inés	3°16'55.18" N; 76°22'71.46" W
Marrón	Hacienda Cecilia Cauca	3°15'44.84" N; 76°22'45.37" W
Rojo	Hacienda Emperatriz	3°16'42.32" N; 76°22'5.37" W 3°16'40.15" N; 76°22,01'12.88" W
Verde	Hacienda Cecilia	3°16'14.24" N; 76°23'21.51" W
Dorado	Hacienda Caucana	3°18'41.14" N; 76°24'45.8" W
Amarillo	Hacienda Florencia valle 1	3°17'31.12" N; 76°21'18.15" W
Gris	Hacienda Florencia valle 2	3°17'38.16" N; 76°21'51.25" W
Violeta	Hacienda Florencia valle 3	3°17'27.73" N; 76°21'29.47" W
Amarillo claro	Hacienda Ortigal	3°16'55.27" N; 76°20'13.73" W

Figura 7. Mapa y recorrido de una salida de campo y coordenadas tomadas a transformadores en una salida.

#### 7.1.2.1 Mantenimientos y reparaciones de los equipos eléctricos

Se debe considerar en primera instancia que los equipos de tipo condensador e interruptor son nuevos, por lo tanto, no se ha realizado ningún tipo de mantenimiento ni reparación en estos equipos. Los equipos de tipo transformador fabricados a partir del año 2000, cincuenta y tres en total, no han sido intervenidos para mantenimiento ni para reparación, por otro lado, los fabricados antes del año mencionado, doscientos seis en total, han sido reparados o han tenido mantenimiento por lo menos una vez, pero acotando que ninguno de estos mantenimientos o reparaciones involucró la manipulación del aceite dieléctrico.

Porcentualmente, los transformadores intervenidos y no intervenidos se presentan en la Figura 8.

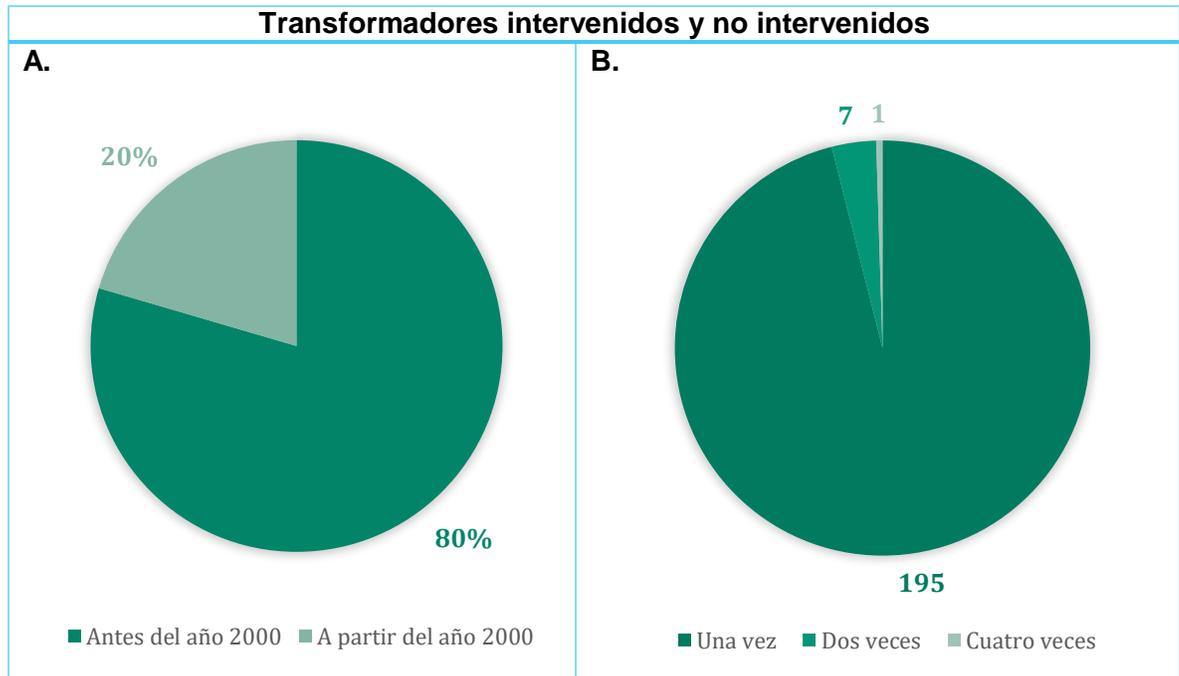


Figura 8. Transformadores intervenidos y no intervenidos. A. Porcentaje B. Intervenciones de los transformadores intervenidos

#### 7.1.2.2 Año de fabricación, fabricante y país de fabricación

- Condensadores

Los equipos eléctricos de tipo Condensador son nuevos por lo tanto el año de fabricación es el año 2018.

Existen cuatro diferentes fabricantes que proveen a INCAUCA S.A.S., Schneider Electric con cincuentaisiete unidades, Siemens con dieciocho unidades, EPCOS con ciento cuatro unidades y Enerlux con tres unidades.

En cuanto al país de fabricación también son cuatro que corresponden a los cuatro fabricantes diferentes, estos son Alemania, Francia, Italia y Brasil.

- Interruptores

Los equipos eléctricos de tipo Interruptor son nuevos, el año de fabricación es el año 2018.

Todas las unidades de interruptores que existen en el ingenio del cauca son del fabricante ABB y el país donde se fabricaron los interruptores es Colombia.

- Transformadores

Los transformadores que tiene en su poder la empresa INCAUCA S.A.S. fueron fabricados en diversos y gran número de años desde la década de los años sesenta. Se encontraron cuarentaicinco años de fabricación desde 1963 hasta el año 2015.

También se obtuvieron quince fabricantes diferentes y dos países de fabricación los cuales son Estados Unidos y Colombia. El total de unidades por tipo de equipo según el fabricante se listan en la Tabla 2 y el total de unidades de equipos eléctricos por año de fabricación en la Tabla 3.

Tipo de equipo	País de fabricación	Fabricante	Total unidades
Transformador	Colombia	TRACOL	45
		Siemens	66
		Tecnelectro	9
		TPL	22
		FBM	36
		Confecciones electricas	6
		Sierra	8
		Rymel	3
		Suntec	13
		Magnetron	16
		Intecri	6
		ABB	21
		El wattio	2
	Estados Unidos	General Electric	3
	Rico-Werk	3	
Interruptor	Colombia	ABB	139
Condensador	Alemania	EPCOS	104
	Francia	Schneider Electric	57
	Italia	Enerlux	3
	Brasil	Siemens	18

Tabla 2. País de fabricación y fabricante de los diferentes tipos de equipos eléctricos.

Tipo de equipo	Año de fabricación	Total unidades
Transformador	1963	2
	1964	1
	1969	1
	1970	2
	1971	3
	1972	4
	1973	8

	1974	7
	1975	10
	1976	2
	1977	3
	1978	3
	1979	1
	1980	3
	1981	1
	1982	9
	1983	1
	1984	2
	1985	1
	1986	2
	1987	2
	1988	3
	1989	3
	1990	11
	1991	7
	1992	9
	1993	27
	1994	22
	1995	23
	1996	20
	1997	7
	1998	4
	1999	2
	2000	1
	2003	1
	2004	6
	2005	13
	2007	5
	2008	2
	2009	6
	2010	1
	2011	4
	2012	6
	2014	1
	2015	7
Condensador	2018	182
Interruptor	2018	139

Tabla 3. Total de unidades de equipos eléctricos por año de fabricación.

7.1.2.3 Certificados de “Libres de PCBs” y placas de identificación

- Condensadores e Interruptores

De la información lograda a partir de las “hoja de vida” de los equipos se pudo establecer que la totalidad de unidades de condensadores y transformadores fueron fabricados en el año que está en curso, por lo tanto, se pudo establecer que los equipos condensadores e interruptores, están libres de PCBs, conclusión que se pudo corroborar con la inspección de la placa de cada una de las unidades eléctricas.

- Transformadores

Se pudo evidenciar que de los doscientos cincuenta y nueve transformadores existentes en INCAUCA S.A.S. solo setenta equipos tienen certificado de estar libres de PCBs, sesenta por análisis de laboratorio certificado y nueve por su placa de identificación (ver Anexo 5).

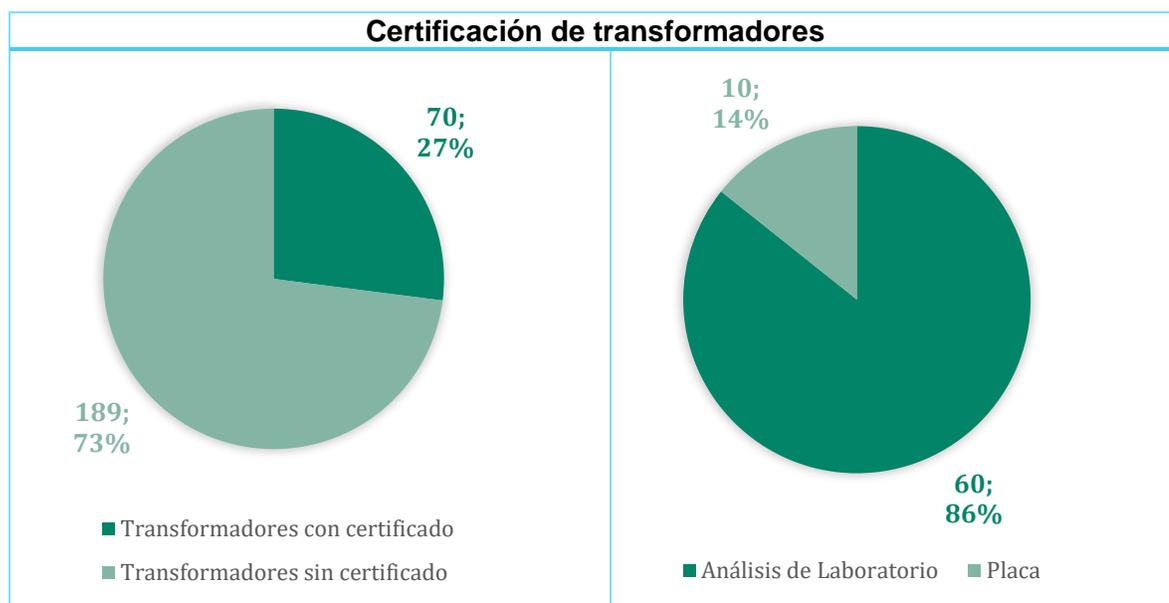


Figura 9. Certificación de transformadores, por placa o análisis de laboratorio.

En la Tabla 4 se puede observar el fabricante, el año de fabricación y el tipo de certificado de los setenta equipos certificados. Se puede observar el fabricante Magnetron es el único con certificación con placa.

Fabricante	Placa	Análisis	Año de fabricación
TRACOL	-	Sí	1973
			1974
			1975
			1994
			1987

TPL	-	SÍ	1990
			1993
FBM	-	SÍ	1982
			1992
			1993
			1995
			1996
SUNTEC	-	SÍ	2004
			2007
			2010
			2011
			2012
			2015
SIERRA	-	SÍ	1993
			1995
Siemens	-	SÍ	1974
			1975
			1992
			1993
			1994
			1995
			1996
			2005
Magnetron	-	SÍ	1994
			1995
	SÍ	-	2009
			2011
			2012
			2014
			2015
Rico-Werk	-	SÍ	2004
ABB	-	SÍ	1996
			1997

Tabla 4. Transformadores con certificación “libre de PCBs”

### 7.1.3 Muestreo para determinar equipos para pruebas analíticas

Para los equipos de tipo Condensador e Interruptor no se realizó el muestreo puesto que los equipos son nuevos y en su respectiva placa se encuentra estipulado que el equipo está libre de PCBs lo cual la norma que rige la gestión ambiental de estos equipos posiblemente

contaminados acepta como verídico. Por otra parte, para los transformadores como existen unidades que fueron fabricados en las décadas de los 60, 70, 80, 90 y en la actualidad es necesario hacer el muestreo.

#### 7.1.3.1 Definición de Estratos

Como lo indica la norma el muestreo se debe realizar sólo para los equipos que se encuentren en uso y en desuso, por otra parte, se tomó como supuesto que los equipos eléctricos de un mismo fabricante que hayan sido fabricados en un año en particular tienen similares características de fabricación, de aquí se definieron los dos estratos para realizar el muestreo: año de fabricación y fabricante.

Se tomará como ejemplo las unidades del fabricante Siemens puesto que son las de mayor existencia en INCAUCA S.A.S., esta información se consigna en la Tabla 5.

<b>Año</b>	<b># Unidades</b>	<b>Certificado</b>	<b># Unidades real</b>
1963	2	No	2
1964	1	No	1
1969	1	No	1
1970	1	No	1
1971	1	No	1
1973	1	No	1
1974	1	SI	0
1975	2	SI - 1	1
1977	1	No	1
1979	1	No	1
1983	1	No	1
1990	2	No	2
1991	1	No	1
1992	2	SI - 1	1
1993	2	SI	0
1994	12	SI - 5	7
1995	6	SI - 3	3
1996	8	SI - 3	5
1997	6	No	6
1998	1	No	1
1999	1	No	1
2003	1	No	1
2005	9	SI - 1	8
2009	1	No	1

Tabla 5. Estratos para muestreo de los equipos, transformadores, marca Siemens.

#### 7.1.3.2 Unificación de Estratos

Como resultan gran cantidad de estratos la norma dicta que se pueden unificar los estratos respecto a una variable similar o un supuesto similar, en este caso se unificaran los estratos de acuerdo al año de fabricación, el primer estrato lo componen los equipos fabricados hasta el año 1980 puesto que en este año se restringió la fabricación de PCBs en el país de mayor producción y otros países, luego, el segundo estrato va del año 1981 hasta el año 2000 y el tercer estrato a partir del año 2000 ya que partir de esta fecha la fabricación y venta de PCBs están prohibidas a nivel mundial, así la clasificación es la siguiente:

- Estrato 1: Del año 1980 o antes
- Estrato 2: Del año 1981 hasta el año 2000
- Estrato 3: Después del año 2000

Acorde con la información anterior la clasificación por estratos para INCAUCA S.A.S. para el fabricante Siemens se muestra en la Tabla 6.

# Unidades	Año	Certificado	# Unidades real	Estrato unificado
2	1963	N/A	2	1
1	1964	N/A	1	
1	1969	N/A	1	
1	1970	N/A	1	
1	1971	N/A	1	
1	1973	N/A	1	
1	1974	SI	0	
2	1975	SI - 1	1	
1	1977	N/A	1	
1	1979	N/A	1	
1	1983	N/A	1	
2	1990	N/A	2	
1	1991	N/A	1	
2	1992	SI - 1	1	
2	1993	SI	0	
12	1994	SI - 5	7	
6	1995	SI - 3	3	
8	1996	SI - 3	5	
6	1997	N/A	6	
1	1998	N/A	1	
1	1999	N/A	1	3
1	2003	N/A	1	
9	2005	SI - 1	8	
1	2009	N/A	1	

Tabla 6. Estratos unificados para muestreo de los equipos, transformadores, marca Siemens.

Ahora bien, habiendo obtenido los estratos unificados finales se procede a obtener la población final a la que se le hará la toma de muestra para análisis de laboratorio.

Como se sabe el tamaño de la población real se utilizará la siguiente formula:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{(d^2 * (N - 1)) + (Z^2 * p * q)}$$

Donde N es el tamaño de la población, Z es el nivel de confianza, p es la proporción esperada, q es la es la probabilidad de fracaso y d es el error máximo. Para el estrato unificado 1 sería:

$$n = \frac{(10) * (1,96)^2 * (0,5) * (0,5)}{((0,05)^2 * (10 - 1)) + ((1,96)^2 * (0,5) * (0,5))}$$

$$n = 9,77 = 9$$

Para el estrato unificado dos n = 26 y para el estrato unificado tres n = 9.

Así se realizó para cada uno de los fabricantes, teniendo en cuenta el año de fabricación, se establecieron los estratos, se unificaron los estratos obtenidos y se obtuvo al final la población para toma de análisis.

En este punto se evidenció que las poblaciones resultantes en los estratos unificados fueron poblaciones muy pequeñas y al realizar el muestreo estadístico final la población final a toma de muestra no poseía diferencias significativas con la población real por lo tanto la Empresa y el practicante encargado establecieron que la toma de muestra sería entonces para todos los equipos eléctricos de tipo transformador.

#### 7.1.4 Resultados de laboratorio y clasificación de equipos eléctricos

La toma de muestras la realizó el personal encargado de los laboratorios contratados, a saber: laboratorios Crom Mass – Centro de cromatografía y espectrometría de masas adscrito a la Universidad Industrial de Santander, F y R ingenieros y el laboratorio de la Universidad Javeriana Cali, tres laboratorios debidamente certificados por el IDEAM como lo dicta la norma (ver Anexo 6). Los resultados obtenidos muestran que la totalidad de los equipos a los que se les tomó la muestra, se encuentran no contaminados con PCBs (ver Anexo 7).

La resolución 222 de 2011 establece que los equipos eléctricos se deben clasificar de acuerdo a los cuatro grupos existentes en la resolución (Ver Tabla 7).

Grupo	Contenido de PCBs
1. Equipos fabricados con PCBs	Igual o superior a 100000 ppm
2. Equipos que contienen o pueden contener PCBs	Igual o superior a 500 ppm y menor a 100000 ppm

3. Equipos contaminados con PCBs	Igual o superior a 50 ppm y menor a 500 ppm
4. Equipos NO PCBs	Menor a 50 ppm

Tabla 7. Grupos de clasificación para los equipos.

Los equipos de tipo Condensador e interruptor son nuevos y tienen certificado de placa “libre de PCBs” por lo tanto todas las unidades de estos equipos se clasificaron en el grupo cuatro. Después de conocer los resultados entregados por parte de los laboratorios autorizados y certificados, los equipos de tipo transformador se clasificaron en el grupo cuatro “Equipos no PCBs”.

#### 7.1.5 Marcación de equipos eléctricos

De acuerdo con la norma vigente, los equipos se deben marcar de acuerdo a la clasificación de su contenido de PCBs para que todas las personas puedan estar informadas sobre su posible contaminación.

Según los manuales dispuestos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible los equipos se pueden marcar de diferentes maneras, en este caso se utilizó pintura epóxica, mientras se diseñaba un software, por parte del área de sistemas, con toda la información pertinente de cada equipo eléctrico de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 8 de la Resolución 222 de 2011 para así de esta manera realizar una marcación con código QR y la información sea de fácil acceso para la comunidad en general, bien sea con un celular y una aplicación gratuita (ver Anexo 8).

Al momento de finalizar la investigación se habían marcado quinientos treinta y cinco (535) equipos eléctricos, que correspondían a ciento ochenta y dos (182) equipos de tipo condensador, ciento treinta y nueve (139) equipos de tipo interruptor y doscientos doce (212) equipos de tipo transformador. Los cuarenta y siete equipos (47) faltantes corresponden a transformadores que se encuentran en las haciendas del ingenio.

Según la publicación del Informe Nacional para el Seguimiento a las Existencias y Gestión de equipos con PCB en Colombia hecho por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM- [40], se pueden tener indicadores para conocer si las metas de la gestión ambiental de los equipos que puedan contener PCBs se están cumpliendo y también para conocer la situación actual de los equipos en la empresa.

##### 7.1.5.1 Indicador de porcentaje de marcado de equipos

$$\% \text{ de marcado} = \frac{\text{EQMarUso} * \text{EQMarDesuso} * \text{EQMarDesechados}}{\text{EQTotUso} * \text{EQTotDesuso} * \text{EQTotDesechados}} * 100$$

Donde:

EQMarUso = Número de equipos marcados en uso

EQMarDesuso = Número de equipos marcados en desuso

EQMarDesechados = Número de equipos marcados desechados

EQTotUso = Número de equipos totales en uso

EQTotDesuso = Número de equipos totales en desuso

EQTotDesechados = Número de equipos totales desechados

Ahora para conocer el porcentaje de los equipos marcados hasta el momento de la investigación utilizamos la fórmula.

EQMarUso = 535  
EQMarDesuso = 40  
EQMarDesechados = 3  
EQTotUso = 540  
EQTotDesuso = 40  
EQTotDesechados = 3

$$\% \text{ de marcado} = \frac{535 * 40 * 3}{540 * 40 * 3} * 100$$

$$\% \text{ de marcado} = 99,07$$

De acuerdo a lo obtenido se debe procurar en un plazo corto de tiempo la marcación de la totalidad de los equipos para así obtener 100% y dar cumplimiento a la norma ambiental.

## 7.2 Actualización de la base de datos de equipos eléctricos

Se realizó la actualización de la base de datos de los equipos eléctricos la cual es la que se sube como documento final, inventario nacional, que exige el IDEAM para el cumplimiento de la norma.

### 7.2.1 Datos y variables nuevos

Inicialmente, en la base de datos sólo se encontraban datos de equipos de tipo transformador, correspondientes a doscientos ochenta y nueve, sin embargo, estos datos estaban errados y algunos también debían ser eliminados.

Se crearon 321 datos nuevos que corresponden a los equipos de tipo interruptor y condensador, esos datos no se encontraban en la base de datos y fueron incluidos con todas las variables correspondientes como lo son, ubicación, fabricante, año de fabricación, etc. Por otra parte, se adicionaron los datos – variables- de los resultados de los análisis cromatográficos de las muestras que se tomaron y fueron presentados por los laboratorios.

### 7.2.2 Datos y variables errados

Se encontraron doscientos ochenta y nueve datos errados que correspondían a los datos existentes en la base de datos, errados puesto que la variable de ubicación de los transformadores, coordenadas geográficas, eran equivocadas porque sólo existía una para todos los equipos y correspondía a la planta del ingenio como se mencionó anteriormente.

### 7.2.3 Datos eliminados

Se eliminaron veinticinco datos de transformadores que no correspondían ser propiedad de INCAUCA S.A.S. también se eliminaron cinco datos que correspondían a los transformadores desechados del año pasado pues estos datos no deben aparecer en el inventario del año siguiente.

#### 7.2.4 Datos finales e inventario

Los datos finales en la base de datos que se convierte en el inventario de los equipos que puedan estar contaminados con PCBs para ser presentados al IDEAM fueron 580 los cuales corresponden a todos los equipos eléctricos propiedad de INCAUCA S.A.S. con sus respectivas variables que exige el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, esta base de datos se cargó antes del 30 de junio de 2018 a la plataforma en línea del IDEAM como establece el artículo 16 de la Resolución 222 de 2011. La Figura 10 muestra la totalidad de los datos que se subieron en este inventario.

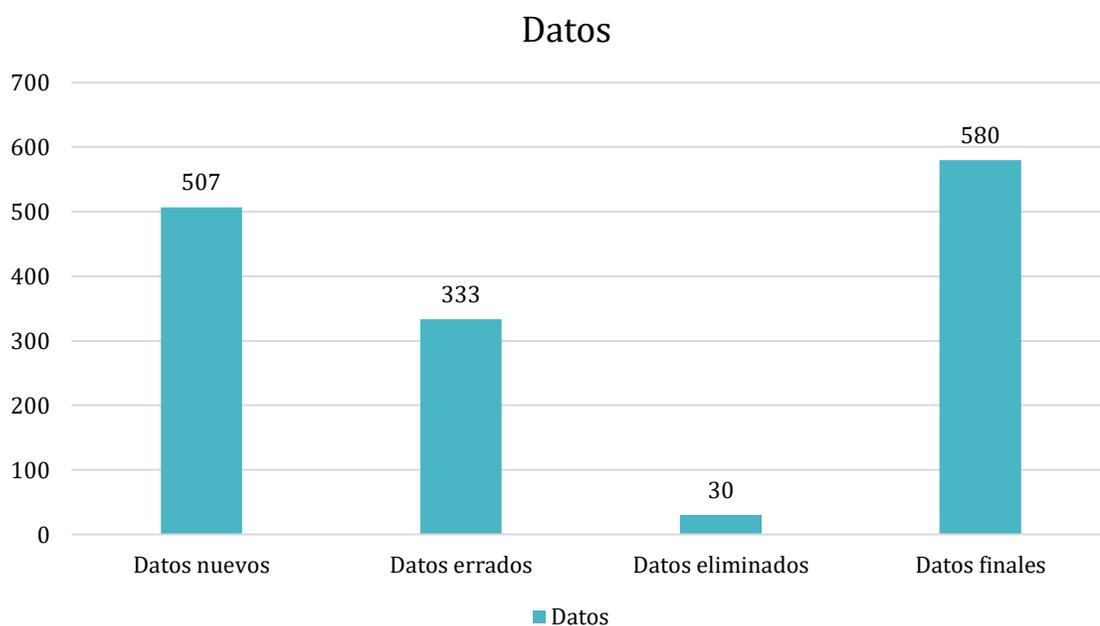


Figura 10. Administración de la base de datos.

#### 7.3 Formulación de soluciones de prevención mitigación, corrección o compensación y control de la contaminación

Respecto a los análisis entregados por los laboratorios especializados ningún equipo propiedad de INCAUCA S.A.S. está contaminado con PCBs. Por lo tanto, no se requieren formulaciones de soluciones de prevención, mitigación, corrección o compensación. Sin embargo, de los equipos desechados del inventario del año inmediatamente anterior (cinco), un equipo, se encuentra contaminado y sufrió una fuga, lo cual contaminó el lugar donde estaba almacenado.

De acuerdo con la ley que dicta el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, los equipos catalogados como desechados el año inmediatamente anterior, no deben ser tenidos en cuenta como unidades en el inventario del presente año. Sin embargo, debido a

la fuga que sufrió el equipo y la contaminación que se presentó, este ítem y el siguiente se referirán a este equipo que se encuentra todavía almacenado en la empresa y a la capacidad y alcance que tiene y tuvo la contaminación generada.

De acuerdo a la verificación y revisión del equipo se pudo establecer que aproximadamente una tercera parte del aceite que se encontraba dentro del transformador se derramó en la fuga lo que indica un volumen aproximado de dieciocho (18) litros.

Se realizó la matriz de impactos ambientales de acuerdo a la literatura revisada [41]. Primero se indicó la actividad y el proceso, después de acuerdo a la situación del depósito y la contaminación que se generó se realizó la identificación y se definieron los aspectos y los impactos ambientales con descripción, capacidad de control y carácter (+/-) respectivamente. Luego se realizó la evaluación mediante la severidad, cobertura, duración y aspecto legal con valores asignados de uno, dos o tres, siendo uno de menor y tres de mayor gravedad, la clasificación del aspecto ambiental es la suma de los anteriores y la frecuencia se le asignaron valores de 0,1, 0,5 o uno siendo 0,1 de menor frecuencia y uno de mayor frecuencia. La evaluación del aspecto ambiental fue la multiplicación entre la clasificación del aspecto ambiental y la frecuencia, de este valor obtenido resulta la significancia del aspecto ambiental así, menor a cuatro “no significativo”, entre cuatro y menor a ocho “significativo” y mayor a ocho “muy significativo”.

La realización de la matriz indicó que dos impactos ambientales, “Afectación a la salud” y “Alteración del ambiente de trabajo” se presentan como “No significativos” y los otros dos, “Contaminación del suelo” y “Contaminación de los recursos agua y suelo” se muestran como “Significativos”. La matriz resultado se presenta:

		MATRIZ DE ASPECTOS DE IMPACTOS AMBIENTALES						
ACTIVIDAD		IDENTIFICACIÓN				EVALUACIÓN		
PROCESO	ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL		IMPACTO AMBIENTAL		SEVERIDAD	COBERTURA	DURACIÓN
		DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD DE CONTROL O INFLUENCIA SOBRE LAS ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN	CARÁCTER (+ / -)			
Almacenamiento de Transformadores	Custodia y Archivo	Derrame de químicos	Controlable	Afectación a la salud	(-)	1	1	1
				Alteración del ambiente de trabajo	(-)	1	1	1
				Contaminación del suelo	(-)	2	1	3

		Vertimientos no domésticos con descarga al alcantarillado o al suelo	Controlable	Contaminación de los recursos agua y suelo	(-)	2	2	3
--	--	--	-------------	--	-----	---	---	---

Tabla 8. Matriz de Impactos ambientales, parte 1.

					MATRIZ DE ASPECTOS DE IMPACTOS AMBIENTALES			
EVALUACIÓN					CONTROLES			
ASP. LEGAL	CAA	FRECUENCIA	EAA	SIGNIFICANCIA DEL ASPECTO AMBIENTAL	ELIMINACIÓN	SUSTITUCIÓN	CONTROL INGENIERIA	CONTROL ADMINISTRATIVO
2	5,0	0,5	2,5	NO SIGNIFICATIVO	N/A	N/A	N/A	Programa de Gestión Ambiental INCAUCA S.A.S.
2	5,0	0,5	2,5	NO SIGNIFICATIVO	N/A	N/A	N/A	Programa de Gestión Ambiental INCAUCA S.A.S.
2	8,0	0,5	4,0	SIGNIFICATIVO	N/A	N/A	Soluciones de prevención y mitigación	Programa de Gestión Ambiental de PCBs
2	9,0	0,5	4,5	SIGNIFICATIVO	N/A	N/A	Soluciones de prevención y mitigación	Programa de Gestión Ambiental de PCBs

Tabla 9. Matriz de Impactos ambientales, parte 2.

Teniendo en cuenta lo anterior, se definieron las soluciones de prevención y mitigación, la de prevención enfocada al almacenamiento de estos equipos para el control de contaminación que se pueda generar en el depósito y la de mitigación enfocada a un plan de contingencia; las dos con el objetivo principal de evitar que el contaminante entre en contacto con las personas y el ambiente. A continuación, se presentan estas dos soluciones.

### 7.3.1 Solución de prevención

De acuerdo a la norma ambiental para el almacenamiento y control de los equipos eléctricos contaminados con PCBs se deben seguir una serie de criterios técnicos [20] para la correcta manipulación, prevención y control de la posible contaminación, se abordarán los que se

puedan adaptar a la empresa, aclarando que esta solución de prevención puede ser tomada o no por la dirección de la empresa.

### **Criterios técnicos para la prevención y el control de la contaminación generada de equipos contaminados con PCBs**

#### **Ubicación:**

El lugar donde se encuentra el depósito cumple con las consideraciones para realizar un adecuado almacenamiento, en primer lugar se encuentra en la planta principal de INCAUCA S.A.S., se encuentra en un lugar con poca densidad poblacional y muy poco tráfico vehicular, retirado de cualquier zona institucional y de vivienda, así como también de cuerpos de agua y zonas de protección, también, se encuentra en una zona estable y sin riesgo de inundación, con facilidad de acceso y cuenta con los servicios públicos básicos. Las consideraciones a tener en cuenta y hacer seguimiento oportuno, aunque este lugar no influye mucho, es la cercanía a la producción de alimentos y la circulación de maquinaria pesada.

#### **Diseño del lugar de almacenamiento:**

El depósito donde se encuentran los equipos es un lugar ya existente y sólo se utiliza para este fin, sin embargo, algunas consideraciones de diseño se pueden plantear para este depósito.

#### **Facilitar el espacio suficiente para movimiento de equipos**

A pesar de que el lugar tiene una gran área y este espacio sería suficiente para la labor que cumple, como se encuentra desorganizado aparenta ser pequeño e inadecuado para el movimiento de los equipos contaminados y los desechos (ver Anexo 9). Teniendo en cuenta eventuales emergencias se debe distribuir el espacio como medida de prevención.



. Imagen 1. Estanterías para facilitación de espacio.

#### **Muros cortafuegos**

Estos muros son de concreto, para mantener el estilo de construcción de la empresa, son independientes a la estructura del depósito y la empresa los ha construido tanto en depósito como en todas las estructuras del ingenio para evitar el colapso total de la edificación en una emergencia eventual.

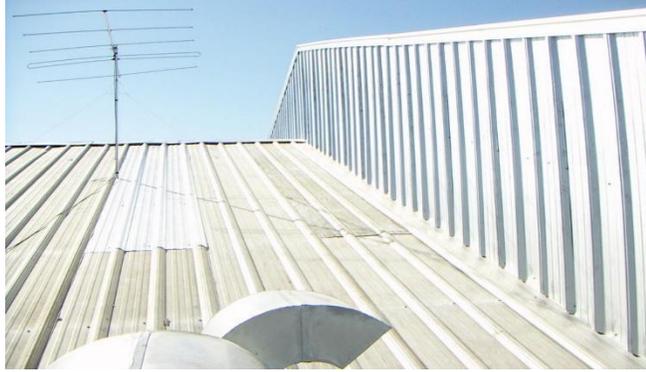


Imagen 2. Muro cortafuego de una edificación.

### **Puertas**

Las puertas del lugar se deben modificar pues en el momento se cuenta con una puerta ordinaria la cual se presta para la facilidad de acceso y la seguridad de cerrado del depósito (ver Anexo 9). Se hace necesario colocar otra puerta para casos de eventuales de emergencia, como la puerta de la siguiente imagen.



Imagen 3. Puertas para emergencias eventuales.

### **Piso**

Se debe adecuar el piso para realizar una buena prevención y control de una posible contaminación, en la actualidad no existe piso por lo cual los equipos se encuentran sobre tierra por lo que el aceite contaminado llegó al recurso suelo directamente (ver Anexo 9). Siguiendo con la estética de la empresa se recomienda que el piso sea de hormigón también se recomienda este material para que este piso pueda soportar el tránsito de vehículos pesados, se debe realizar con una pequeña pendiente por si ocurre un derrame o fuga para que este aceite llegue a un sistema colector.



Imagen 4. Piso en concreto demarcado y con pendiente.

### **Contención**

Como el depósito es para almacenamiento temporal como dicta la norma ambiental y solo es para almacenamiento menor a un año se pueden adaptar bandejas para la contención de por lo menos el 125% más del volumen total de desechos líquidos almacenados por si existe un derrame o una fuga.



Imagen 5. Bandejas de contención.

### **Sistemas de drenaje**

En la actualidad el depósito de la empresa solo cuenta con sistema de alcantarillado de aguas residuales, se debe acondicionar un sistema de drenaje independiente el cual concluya en un sistema de colector de desechos líquidos para un posterior retiro y manejo especial.

### **Operación de almacenamiento:**

Al igual que el lugar de almacenamiento la operación de almacenar los equipos contaminados y desechados también tiene consideraciones a tener en cuenta para una prevención adecuada y control de una posible contaminación.

### **Documentación**

Se debe tener documentación disponible del equipo a decir su “hoja de vida” donde se encuentra toda la información concerniente al equipo como la marca, el año de fabricación, condiciones eléctricas y demás, también se debe tener información sobre

instrucciones y procedimientos de almacenamiento y transporte del equipo, también hojas de seguridad de PCB.

BIFENILO POLICLORADO (AROCLOR 1254)		ICSC: 0939	
Código de Peligros (GHS, CLP)		Código de Peligros (GHS, CLP)	
CAS: 11097-84-1	Código de Peligros (GHS, CLP)	ICSC: 0939	
RTCS: 101-9000	Masa molecular: 327 (media)		
NU: 225			
CE India Anexo I: 602-039-00-4			
CE ENCS: 215446-1			
<b>TIPO DE PELIGRO</b>		<b>PREVENCIÓN</b>	
<b>EXPOSICIÓN</b>	<b>PELIGROS A OÍDOS / SÍNTOMAS</b>	<b>PRIMERA AUXILIO / LUCHA CONTRA INCENDIOS</b>	
<b>INCENDIO</b>	No comburente. En caso de incendio de líquidos, usar agua abundante para evitar salpicaduras.	En caso de incendio en el entorno: arena, dióxido de sodio.	
<b>EXPLOSIÓN</b>			
<b>EXPOSICIÓN</b>		<b>EVITAR LA FORMACIÓN DE NEBLA DEL PRODUCTO: PRECISO ES RESISTIR</b>	
<b>Inhalación</b>	Ventilación.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.	
<b>Peel</b>	PLUCES A BOSTERFERE: Pel sacca. Embragament.	Cortar las uñas contaminadas. Acortar y lavar con agua y jabón. Proporcionar asistencia médica.	
<b>Ojos</b>		Trabajar con agua abundante durante unos minutos para lavar los ojos de contacto al punto de contacto con los ojos. Después proporcionar asistencia médica.	
<b>Ingestión</b>	Tragar de líquidos. Asesgament.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Reposo. Proporcionar asistencia médica.	
<b>DERRAMES Y FUGAS</b>		<b>ENVASADO Y ETIQUETADO</b>	
Consultar a un experto. Recoger el líquido procedente de la fuga o accidente potencialmente. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. No permitir que este líquido residual se filtre en el ambiente. Protección personal: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración.		Envaso inerte, colocar el envase fijo dentro de un recipiente inerte completo. No transportar con atmósfera presurizada. Contenedores de vidrio. <b>Clasificación de Peligros:</b> CLP: H302, H332, H410. P201, P273, P501. <b>Etiquetado:</b> H302, H332, H410. <b>Clasificación:</b> No Clasificado de Peligros. <b>Clasificación:</b> No Clasificado de Peligros. <b>Clasificación:</b> No Clasificado de Peligros.	
<b>RESPUESTA DE EMERGENCIA</b>		<b>ALMACENAMIENTO</b>	
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): EC 310-300-00-00.		Separado de alimentos y bebidas. Mantener en lugar fresco, seco y bien ventilado.	
<p><b>IPCS</b> International Programme on Chemical Safety</p> <p><b>WHO</b> World Health Organization</p> <p><b>UNEP</b> United Nations Environment Programme</p> <p>Publicada con el consentimiento de la IPCE y la Comisión Europea de IPCE, CE, 2005.</p>			
<b>VEASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO</b>			

Imagen 6. Hoja de seguridad de PCB.

### Marcado

El marcado de los equipos se debe realizar según la resolución que rige la adecuada gestión de los equipos eléctricos que puedan estar contaminados con PCBs, por lo tanto, los equipos contaminados deben ser clasificados en el grupo 3 y por lo tanto ser marcado como “Contaminado PCBs”.



Imagen 7. Equipo contaminado con PCB.

### Criterios de almacenamiento

Los pasillos para para el tráfico peatonal deben estar demarcados y contar con al menos un metro de ancho, para los de tráfico vehicular también deben estar demarcados y guardar una distancia con los equipos, muros, equipos de seguridad y los pasillos

peatonales al menos un metro de distancia. Por otra parte, no se deben consumir alimentos de ninguna clase y fumar está prohibido.



Imagen 8. Lugar de almacenamiento de equipos contaminados.

### **Monitoreo de condiciones**

Las instalaciones de almacenamiento deben ser revisadas periódicamente para conocer el estado de los equipos y de los desechos y evitar fugas, daños y reparaciones, así como evitar alguna emergencia o riesgo.

### **Personal**

La empresa debe contar con personal especializado para realizar las operaciones de almacenamiento y transporte de los equipos.



Imagen 9. Personal capacitado para el manejo y el almacenamiento.

**Detección de incendios y sistema de respuesta o control ante fuego:**

La empresa de INCAUCA S.A.S. cuenta con un sistema de alerta temprana para la respuesta rápida y grupo especializado para el control sobre cualquier eventualidad, accidente o emergencia, el depósito debe ser tenido en cuenta dentro de este sistema para así prevenir cualquiera de las situaciones adversas además de prevenir cualquier tipo de contaminación con PCBs eventual.



Imagen 10. Detección de incendios y sistema de respuesta o control ante fuego.

#### **Señalización del área de almacenamiento:**

El lugar de almacenamiento de los equipos contaminados y los desechos debe estar debidamente señalizado para que las personas externas a la operación y las encargadas de la gestión ambiental de los equipos conozcan el peligro del contaminante almacenado y eviten ingresar a esta zona. El señalamiento debe hacerse de acuerdo a la normativa internacional vigente, American Standards Asociacion (A.S.A.), la cual establece el código de colores que deben utilizarse en estas zonas de almacenamiento, por otra parte, también se debe tener en cuenta aspectos como señalar con el “acceso restringido o personal autorizado”, señalar los comportamientos en estas zonas además de señalar los equipos de respuesta ante emergencias. Esta señalización debe realizarse como aparece en la siguiente imagen.



Imagen 11. Señalización del área de almacenamiento.

### Capacitación de personal:

Las actividades de capacitación deben ser incluidas en las medidas de prevención, es responsabilidad de la empresa realizar capacitaciones sobre el adecuado almacenamiento de los equipos eléctricos contaminados para lograr una apropiada prevención y control de contaminación que se pueda generar.

Para dar inicio a la implementación de esta propuesta de solución de prevención y control, se impartirán sensibilizaciones al personal encargado del transporte interno de los equipos y el almacenamiento de éstos y al personal encargado del área de almacenamiento. Constantemente se seguirán haciendo capacitaciones sobre el manejo interno en el área de almacenamiento de estos equipos contaminados.

De esta manera se reconocerán impactos que pueden ocasionar un inadecuado manejo que provocaría consecuencias graves para la salud y para el ambiente, además se identificará el proceso que se debe llevar a cabo cuando un equipo está contaminado hasta que se realiza la disposición final.

Estas capacitaciones se realizarán dos veces al mes por el/la ingeniero ambiental del área de gestión encargado de la gestión de PCBs en INCAUCA S.A.S. La meta es que el cien por ciento del personal encargado obtenga el cien por ciento de las capacitaciones en el año. A continuación, se presentan los aspectos relacionados con estas capacitaciones como: temáticas, personal a quien van dirigidas e indicadores de cumplimiento.

Tema	Personal	Indicador
<ul style="list-style-type: none"><li>• Normativa</li><li>• Normas básicas de salud, higiene y seguridad en el área de trabajo</li><li>• Soluciones de prevención y mitigación para el control de la contaminación por PCBs</li></ul>	Personal encargado del transporte y almacenamiento y personal encargado del área de almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"><li>• % de asistencia de cada trabajador perteneciente a la personal encargado a las capacitaciones en el año</li><li>• % de trabajadores del personal encargado capacitados en el año</li></ul>

Figura 11. Solución de prevención y control de la contaminación.

### 7.3.2 Solución de mitigación

Las medidas de contingencia se deben realizar para tener una respuesta rápida y evitar un desastre ante una emergencia eventual, estas medidas deben ser exclusivas para para el

sitio que aplique, para este caso que la operación es con PCB, se deben tener en cuenta tres situaciones de emergencia, incendios, derrames y contactos accidentales [20].

### **Medidas de contingencia para la mitigación y el control de la contaminación generada de equipos contaminados con PCBs**

#### **Medidas de contingencia ante incendios:**

- Nadie debe actuar por su cuenta en el combate del incendio hasta tanto se active el sistema de alerta temprana y respuesta rápida de emergencias de INCAUCA S.A.S.
- Las personas que no hagan parte de la brigada de emergencias deben dar aviso a las personas encargadas.
- Dar inicio al sistema de alerta temprana y respuesta rápida de emergencias de INCAUCA S.A.S.
- Considerar evacuaciones adicionales a las tenidas en cuenta en el sistema de INCAUCA S.A.S.
- Utilizar los mismos medios de extinción que para los derivados del petróleo: - Polvo químico seco, - Inundación con nitrógeno, Extintores de dióxido de carbono.
- No utilizar de ninguna manera agua para la extinción del incendio.
- Las personas que combatan el fuego deben tener los elementos de protección personal para el caso.
- Estos elementos deben estar disponibles, cercanos al lugar de almacenamiento y en buen estado.
- Se debe considerar la producción de dioxinas y furanos.
- Realizar tareas de limpieza exhaustivas para PCBs, dioxinas y furanos con personal especializado.

#### **Medidas de contingencia ante derrames:**

- De ser posible detener inmediatamente la fuente del derrame, si no es posible seguir con los siguientes pasos.
- Dar aviso a la brigada de emergencias, alerta temprana y respuesta rápida.
- Cumplir con los requerimientos de control de derrames como: equipos necesarios, insumos, elementos de protección personal.
- Limitar la expansión del derrame mediante el uso de diques y taponos.
- Asegurar que se evite el contacto del líquido con PCB y las personas mediante el uso de elementos de protección personal.
- Realizar la limpieza del derrame:
  - Si el líquido se ha acumulado en un sumidero o punto bajo depositar en tambores mediante bombeo.
  - Si el derrame es de poco espesor esparcir materiales absorbentes para formar un semisólido y así ser recogidos con pala plásticas.
  - Después de removido el líquido residual realizar la limpieza del área.

- En determinadas situaciones, completar la remoción de toda la superficie contaminada.
- Observar todo el tiempo las prácticas de un buen trabajo y la utilización de los elementos de protección personal por parte de los trabajadores encargados para evitar un contacto accidental.

### **Medidas de contingencia ante contactos accidentales entre el líquido con PCBs y las personas y primeros auxilios:**

- Contacto con la piel:
  - Lavar la zona de contacto con abundante agua fría y jabón neutro, en caso de grandes contactos bañarse completamente.
  - Untar la piel afectada con crema emoliente.
- Contactos con los ojos:
  - Lavar con abundante agua y ácido bórico al 3% o con solución de cloruro de sodio al 1,5%
- Inhalación
  - Retirar inmediatamente a la persona afectada del lugar y ventilar con aire fresco o utilizar una máscara de oxígeno.
- Ingestión
  - Utilizar 3 mL de vaselina medicinal por kg de peso de la persona afectada y luego una cucharada de sulfato de sodio en 250 mL de agua.

### **Capacitación de personal:**

Las actividades de capacitación deben ser incluidas en las medidas de contingencia, es responsabilidad de la empresa realizar capacitaciones sobre cada una de las medidas de contingencia mencionadas anteriormente para lograr una apropiada mitigación y control de contaminación que se pueda generar.

Estas capacitaciones se realizarán dos veces al mes por el/la ingeniero ambiental del área de gestión encargado de la gestión de PCBs en INCAUCA S.A.S. La meta es que el cien por ciento del personal encargado obtenga el cien por ciento de las capacitaciones en el año.

Por otra parte, se harán actividades de sensibilización con todo el personal de la empresa INCAUCA S.A.S. para que todos en la empresa puedan saber que hacer antes las emergencias, se harán las sensibilizaciones una vez al mes y el control de esta

sensibilización se hará mediante encuestas. A continuación, se presentan los aspectos relacionados con estas capacitaciones como: temáticas, personal a quien van dirigidas e indicadores de cumplimiento.

Tema	Personal	Indicador
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medidas de contingencia ante incendios</li> <li>• Medidas de contingencia ante derrames</li> <li>• Medidas de contingencia ante contactos accidentales entre el líquido con PCBs y las personas y primeros auxilios</li> </ul>	Personal encargado del plan de contingencia ante emergencias de INCAUCA S.A.S. y personal encargado de las medidas de contingencia de PCBs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• % de asistencia de cada trabajador perteneciente a la personal encargado a las capacitaciones en el año</li> <li>• % de trabajadores del personal encargado capacitados en el año</li> <li>• % de encuestas del número trabajadores de INCAUCA S.A.S.</li> </ul>
Respuesta ante emergencias	Personal de la empresa INCAUCA S.A.S.	

Figura 12. Medidas de contingencia para la solución de mitigación y control de contaminación.

#### 7.4 Elaboración de programas de descontaminación y eliminación de los equipos contaminados con PCBs.

##### 7.4.1 Ajustes a Programa de gestión ambiental de PCBs

Se realizó la revisión del Programa de Gestión Ambiental de PCBs de INCAUCA S.A.S. y se encontró que no existe el programa como tal, sólo se encontró un “Plan de Acción de PCBs” el cual tenía identificación de normativa, obligaciones, riesgo de la situación y prioridad, responsable de acciones y tiempo de aplicación. Sólo en el momento en el que se realizó la práctica profesional una empresa asesora externa comenzó con la creación del plan, por lo tanto, la revisión se realizó al plan de acción de PCBs.

El plan de acción de PCBs de INCAUCA S.A.S. tenía como objetivo “Responder y realizar las obligaciones correspondientes a la Resolución 222 y la Resolución 1741 de 2016, concernientes a PCBs”, cada una de las exigencias tenía su propio riesgo o prioridad, su respectivo responsable y su fecha de ejecución. Se pudo observar que el responsable de cada una de las acciones era el mismo, la Dirección de generación eléctrica, lo cual estaba errado pues la responsabilidad de solo algunas acciones está a cargo de este organismo en compañía de Gestión ambiental y otras solo a cargo de Gestión ambiental. Por otra

parte, el tiempo de aplicación propuesto y el de ejecución cambiaron, pues el tiempo no fue respetado y no se cumplió, se modificó este tiempo para que las acciones fueran realizadas por el área de gestión ambiental y el investigador, las obligaciones se cumplieron a cabalidad en el tiempo preciso y la prioridad y el riesgo cambiaron a “Cumplido”, de esta forma los ajustes realizados fueron adecuados para cumplir con el objetivo propuesto inicialmente.

Para dar cumplimiento a la normatividad colombiana sobre este tema orientada al cumplimiento de las metas relacionadas con la misma, se elaboró un programa de eliminación y descontaminación de equipos contaminados con PCBs, el cual puede ser aceptado o no por la empresa. Este programa, se presenta a continuación.

#### 7.4.2 Programa de eliminación y descontaminación de equipos contaminados con PCBs en INCAUCA S.A.S.

##### **Programa de eliminación y descontaminación de equipos contaminados con PCBs en INCAUCA S.A.S.**

###### **Objetivos**

- Realizar un manejo ambiental adecuado de equipos contaminados con PCBs.
- Cumplir con la normativa impuesta por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible referente a los equipos y desechos contaminados con PCBs.
- Reducir a cero los equipos contaminados con PCBs.

###### **Alcance y campo de aplicación**

Comprende desde la etapa de conocimiento de los resultados de análisis cromatográficos de las muestras tomadas, la custodia del equipo, el almacenamiento del equipo hasta el momento de la descontaminación o eliminación de los equipos por parte de las empresas especializadas para este fin.

###### **Marco teórico**

###### **Resoluciones 222 de 2011 y 1741 de 2016**

Resoluciones que dictan las normativas para realizar un manejo ambiental adecuado con los equipos eléctricos que tengan o puedan contener aceites dieléctricos contaminados con PCBs.

###### **Descontaminación de equipos eléctricos**

Métodos químicos y caloríficos que se aplican a los equipos contaminados, principalmente transformadores, para realizar una gestión ambientalmente adecuada del aceite de PCBs, algunos métodos se utilizan para abaratar costos de eliminación final y otros se utilizan para lograr que los equipos vuelvan a funcionamiento normal [30].

El método escogido sobre el que se basará este programa es el Calentamiento al vacío, el cual consiste en calentar al vacío el equipo eléctrico después de drenado para que el aceite dieléctrico contaminado remanente se evapore y al final se obtenga un equipo eléctrico descontaminado y un fluido frío [20]. Se escoge este método por su evidencia de separación y descontaminación segura para equipos con contaminación de 50 ppm de PCBs además de su evidencia de ser amigable con el ambiente [42].

### **Eliminación de PCBs**

Procesos químicos, caloríficos y biológicos que se desarrollan con la finalidad de eliminar completamente el contaminante Bifenilo policlorado, en estos procesos sólo se trabaja con el aceite contaminado sin el equipo como tal. Las desventajas de alguno de estos procesos radican en primer lugar que algunos están en escala piloto, también apenas se está desarrollando la tecnología y también algunos métodos existen en otros países y traer aquí esa clase de tecnología es muy costoso [30].

El proceso escogido para la eliminación de PCBs para este programa corresponde a Oxidación con agua supercrítica, el proceso consiste en tratar el aceite dieléctrico contaminado con un agente oxidante en un reactor a condiciones de presión y temperatura superiores al punto crítico del agua y así obtener en pocos segundos el aceite dieléctrico y el oxígeno solubles en el agua supercrítica además de efluentes líquidos y gaseosos [30]. Se escoge este proceso por su certeza en la destrucción del 99,6% de la mezcla compleja de hidrocarburos y PCBs, también porque sus productos finales demuestran que no son ecotóxicos además que es un proceso alternativo para la incineración [43].

### **Procedimiento**

El personal responsable de la ejecución de este plan es la dirección del área de gestión ambiental y de forma particular el/la ingeniero encargado de la gestión de PCBs, además como se trata de equipos eléctricos, la dirección de generación de energía. La empresa operadora de descontaminación o eliminación también es responsable cuando tengan el equipo eléctrico contaminado o el aceite dieléctrico en su poder.

### **DESCONTAMINACIÓN DE EQUIPOS ELÉCTRICOS**

Ingeniero/a ambiental (área de gestión ambiental)

- Conociendo los resultados de los análisis cromatográficos por parte del laboratorio certificado por el IDEAM o teniendo claro conocimiento de que un equipo está contaminado, realizar un informe con la situación actual del equipo.
- Enviar notificación a Dirección de generación de energía y copia del informe realizado.
- Enviar informe de la situación del equipo eléctrico y los pasos a seguir según este programa a la directora del área de gestión ambiental.

Director/a de generación de energía

- Realizar un informe con la situación actual del equipo eléctrico contaminado.
- Realizar y enviar una notificación a los operarios correspondientes para el desmonte del equipo eléctrico si el equipo se encuentra en funcionamiento.
- Coordinar el desmonte del equipo eléctrico si el equipo está en funcionamiento hasta el momento de la custodia y el almacenamiento de éste.
- Coordinar con la ingeniera ambiental encargada el contacto con la empresa operadora encargada de la descontaminación del equipo.
- Enviar informe de la situación del equipo eléctrico y los pasos a seguir según este programa al gerente de fábrica I.

#### Empresa operadora encargada de la descontaminación

- Desplazamiento hasta el lugar de custodia y almacenamiento.
- Realizar el transporte del equipo eléctrico contaminado hasta las instalaciones de la empresa.
- Definir el método de descontaminación “Calentamiento al vacío”
- Proveer las condiciones de asepsia, vestuario y elementos de protección para el procedimiento.
- Comenzar el tratamiento removiendo aislantes y superficies de enfriamiento del equipo contaminado, realizar la disposición adecuada y final de estos desechos.
- Realizar la fase de pretratamiento, drenar el aceite dieléctrico del equipo eléctrico contaminado, almacenar en un contenedor especial este aceite para que después se realice su eliminación de acuerdo a lineamientos de este programa.
- Realizar la fase de calentamiento al vacío donde se logra aumentar el escurrimiento del PC, almacenar en un contenedor especial este aceite remanente con PCB para que después se realice su eliminación de acuerdo a lineamientos de este programa.
- Condensar el aceite evaporado de manera que se pueda recuperar el aceite en un contenedor especial para que después se realice su eliminación de acuerdo a los lineamientos de este programa.
- Obtención del equipo eléctrico con bajo contenido de PCB.
- Realizar informe para ser entregado a la dirección de generación de energía y a la dirección de gestión ambiental de INCAUCA S.A.S.
- Realizar el transporte hasta INCAUCA S.A.S. del equipo eléctrico descontaminado.
- Entregar equipo eléctrico e informes

#### Director/a de generación de energía

- Recibir el equipo eléctrico descontaminado.
- Realizar un informe con la situación actual del equipo.
- Coordinar el almacenamiento del equipo para ser custodiado hasta el momento de su necesidad.
- Entregar informe a gerente de fábrica I.

## **ELIMINACIÓN DE PCBs**

Ingeniero/a ambiental (área de gestión ambiental)

- Conociendo los resultados de los análisis cromatográficos por parte del laboratorio certificado por el IDEAM o teniendo claro conocimiento de que un equipo está contaminado, realizar un informe con la situación actual del equipo.
- Enviar notificación a Dirección de generación de energía y copia del informe realizado.
- Enviar informe de la situación del equipo eléctrico y los pasos a seguir según este programa a la directora del área de gestión ambiental.

Director/a de generación de energía

- Realizar un informe con la situación actual del equipo eléctrico contaminado.
- Realizar y enviar una notificación a los operarios correspondientes para el desmonte del equipo eléctrico si el equipo se encuentra en funcionamiento.
- Coordinar el desmonte del equipo eléctrico si está en funcionamiento hasta el momento de la custodia y el almacenamiento de este.
- Coordinar con la ingeniera ambiental encargada el contacto con la empresa operadora encargada de la descontaminación del equipo.
- Enviar informe de la situación del equipo eléctrico y los pasos a seguir según este programa al gerente de fábrica I.

Empresa operadora encargada de la descontaminación

- Desplazamiento hasta el lugar de custodia y almacenamiento.
- Realizar el transporte del equipo eléctrico contaminado hasta las instalaciones de la empresa.
- Realizar el drenaje total del aceite dieléctrico y conservarlo en un contenedor especial, si la empresa INCAUCA S.A.S. pudo contener el aceite en bandejas móviles o contenedores temporales reenvasar este contenido en un contenedor especial.
- Definir el proceso de eliminación de PCBs "Oxidación con agua súper crítica"
- Proveer las condiciones de asepsia, vestuario y elementos de protección para el procedimiento.
- Preparar el agente oxidante junto el contaminante PCB.
- Calentar y presurizar esta preparación previa entrada al reactor.
- En el reactor, tratar la preparación a condiciones de temperatura y presión superiores al punto crítico del agua (647 K y 22.1 Mpa), hasta que el oxígeno y el aceite sean solubles con el agua supercrítica para permitir la oxidación.
- Luego de un tiempo corto, se obtiene subproductos como CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, y trazas de ácidos.

- Enfriar el efluente obtenido a la salida del reactor a temperatura ambiente mediante a un intercambiador de calor y despresurizar mediante una válvula reguladora de caudal.
- Obtener efluentes gaseosos y líquidos libres de PCBs.
- Realizar informe para ser entregado a la dirección de generación de energía y a la dirección de gestión ambiental de INCAUCA S.A.S.
- Realizar el transporte hasta INCAUCA S.A.S. del equipo eléctrico descontaminado cuando se presente esta eventualidad.
- Entregar informes a INCAUCA S.A.S.

### **Ejecución, seguimiento y evaluación**

Las direcciones de gestión ambiental y de generación de energía deben verificar el cumplimiento y promover las alternativas de mejora permanente del programa Eliminación y descontaminación de equipos contaminados con PCBs en INCAUCA S.A.S.

### **Capacitación de personal**

La capacitación de personal la debe realizar la empresa para que de esta forma se pueda identificar la importancia de cumplir con la normativa impuesta por la autoridad competente y la importancia de logra una buena disposición final de los equipos contaminados de PCBs.

Estas capacitaciones se realizarán dos veces al mes por el/la ingeniero ambiental del área de gestión encargado de la gestión de PCBs en INCAUCA S.A.S. La meta es que el cien por ciento del personal encargado obtenga el cien por ciento de las capacitaciones en el año. A continuación, se presentan los aspectos relacionados con estas capacitaciones como: temáticas, personal a quien van dirigidas e indicadores de cumplimiento.

<b>Tema</b>	<b>Personal</b>	<b>Indicador</b>
-------------	-----------------	------------------

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Normativa</li> <li>• Descontaminación de equipos</li> <li>• Eliminación de PCBs</li> <li>• Funciones en cada una de las etapas del programa de eliminación y descontaminación de equipos contaminados con PCBs en INCAUCA S.A.S.</li> </ul>	<p>Personal encargado del almacenamiento, transporte interno y programa de eliminación y descontaminación de equipos contaminados con PCBs en INCAUCA S.A.S.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• % de asistencia de cada trabajador perteneciente a la personal encargado a las capacitaciones en el año</li> <li>• % de trabajadores del personal encargado capacitados en el año</li> </ul>
--	--	---

Figura 13. Programa de eliminación y descontaminación de equipos contaminados con PCBs en INCAUCA S.A.S.

## 8. CONCLUSIONES

- Se alcanzó el objetivo de apoyar en el desarrollo del plan de gestión ambiental referente a los equipos eléctricos que podían estar contaminados con PCBs existente en INCAUCA S.A.S.
- El trabajo realizado permitió establecer con exactitud el número de equipos eléctricos que posee INCAUCA S.A.S., las coordenadas geográficas y la clasificación de la totalidad de los equipos existentes y el marcado de la totalidad de los equipos en la planta. Además, que el cien por ciento de los equipos eléctricos que se encuentran en uso se encuentran funcionando adecuadamente.
- La totalidad de los equipos eléctricos de propiedad de INCAUCA S.A.S no se encuentran contaminados con PCB, (391 equipos por certificado “libre de PCB” y 189 equipos demostrado por pruebas analíticas).
- La base de datos de los equipos - inventario exigido por el IDEAM- fue corregida y completada, ya que no representaba la realidad.
- Se presentaron a la empresa INCAUCA S.A.S. propuestas de prevención y control de contaminación, acorde con los resultados obtenidos en la matriz de impactos ambientales. Además, se presentó un programa de descontaminación y eliminación de equipos contaminados con PCBs que pueden ser aceptados o no por la gerencia de fábrica.
- El presente trabajo contribuye al logro de los objetivos y metas planteados por la normatividad colombiana en relación con el cumplimiento de las fechas para eliminación de PCBs en el país. Igualmente aporta elementos en la empresa INCAUCA S.A.S. acerca de un manejo adecuado de los equipos y desechos contaminados, acorde con la normatividad colombiana e internacional.

## RECOMENDACIONES

Para la empresa INCAUCA S.A.S.:

- Ejecutar las propuestas presentadas por el investigador en cuanto a la prevención y control de contaminación de equipos eléctricos.
- Realizar seguimiento continuo a los equipos eléctricos identificados en este estudio.
- Realizar la gestión integral a los equipos que se adquieran, a partir de la fecha.

Para futuras investigaciones:

- Replicar esta investigación en otras empresas que manejen este tipo de equipos.
- Revisar permanentemente la literatura colombiana sobre estudios de descontaminación o eliminación de tipo biológico –biorremediación-, para ponerlos en práctica, ya que son más amigables con el planeta.

## BIBLIOGRAFÍA

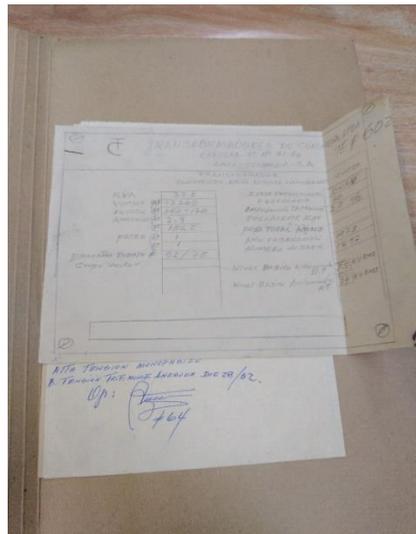
- [1] ASOCAÑA, “Los primeros 50 años de Asocaña,” *Sector azucarero colombiano. Informe anual 2008-2009*, Cali, Colombia, 2009.
- [2] INCAUCA S.A., “Informe de Sostenibilidad 2012,” El Ortigal, Colombia, 2012.
- [3] R. Basanta, M. Delgado, J. Martínez, H. Vázquez, and G. Vázquez, “Sostenibilidad Del Reciclaje De Residuos De La Agroindustria Azucarera: Una Revisión Sustainable,” *Cienc. y Tecnol. Aliment.*, vol. 5, 2007.
- [4] SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES DE MÉXICO and INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO DE MÉXICO, “Evaluación de Contaminantes Orgánicos Persistentes e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos en la Ciudad de Salamanca, Guanajuato,” vol. 52, 2014.
- [5] D. Han and M. Currell, “Persistent organic pollutants in China’s surface water systems,” *Sci. Total Environ.*, vol. 580, 2017.
- [6] K. Vorkamp, “An overlooked environmental issue? A review of the inadvertent formation of PCB-11 and other PCB congeners and their occurrence in consumer products and in the environment,” *Sci. Total Environ.*, vol. 541, 2016.
- [7] M. Lucía, V. Bohórquez, C. Augusto, G. Ubaque, J. Carlos, and G. Ubaque, “Cuantificación de existencias de compuestos bifenilos policlorados (PCB) en Colombia,” pp. 39–44, 2014.
- [8] MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE DE COLOMBIA, *Manual para la Gestión Integral de Bifenilos Policlorados No. 1*. 2015.
- [9] S. Shin and T. Kim, “Levels of polychlorinated biphenyls (PCBs) in transformer oils from Korea,” *J. Hazard. Mater.*, vol. 137, 2006.
- [10] D. Wang *et al.*, “Ecological and health risk assessment of PAHs, OCPs, and PCBs in Taihu Lake basin,” *Ecol. Indic.*, 2017.
- [11] J. Coakley, P. Bridgen, M. Bates, J. Douwes, and A. t Mannelje, “Chlorinated persistent organic pollutants in serum of New Zealand adults, 2011–2013,” *Sci. Total Environ.*, vol. 615, 2018.
- [12] S. Pizzini *et al.*, “3,3”-dichlorobiphenyl (non-Aroclor PCB-11) as a marker of non-legacy PCB contamination in marine species: comparison between Antarctic and Mediterranean bivalves,” *Chemosphere*, vol. 175, 2017.
- [13] S. Choi *et al.*, “Current status of organochlorine pesticides (OCPs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) exposure among mothers and their babies of Korea-CHECK cohort study,” *Sci. Total Environ.*, vol. 618, 2018.
- [14] C. Miller, E. Sánchez, S. Mucio, J. Mendoza, and M. León, “Los contaminantes ambientales bifenilos policlorinados (PCB) y sus efectos sobre el Sistema Nervioso y la salud,” *Salud Ment.*, vol. 32, 2009.
- [15] V. Abella *et al.*, “Pollutants make rheumatic diseases worse: Facts on polychlorinated biphenyls (PCBs) exposure and rheumatic diseases,” *Life Sci.*, vol. 157, 2016.
- [16] D. Nguyen, C. Tsai, Y. Hsu, Y. Chen, Y. Weng, and M. Chang, “PCDD/Fs and dl-PCBs concentrations in water samples of Taiwan,” *Chemosphere*, vol. 173, 2017.
- [17] M. Garcia, B. Arroyo, R. Simmons, P. Camarero, R. Mateo, and F. Mougeot, “Blood concentrations of PCBs and DDTs in an avian predator endemic to southern Africa: Associations with habitat, electrical transformers and diet,” *Environ. Pollut.*, vol. 232, 2018.
- [18] S. Stuart-Smith and P. Jepson, “Persistent threats need persistent counteraction: Responding to PCB pollution in marine mammals,” *Mar. Policy*, vol. 84, 2017.

- [19] C. Durante, E. Santos-Neto, A. Azevedo, E. Crespo, and J. Lailson-Brito, "POPs in the South Latin America: Bioaccumulation of DDT, PCB, HCB, HCH and Mirex in blubber of common dolphin (*Delphinus delphis*) and Fraser's dolphin (*Lagenodelphis hosei*) from Argentina," *Sci. Total Environ.*, vol. 572, 2016.
- [20] P. Baldassin *et al.*, "Persistent organic pollutants in juvenile Magellanic Penguins (*Spheniscus magellanicus*) in South America," *Chemosphere*, vol. 149, 2016.
- [21] B. Nabavi, M. Nikaeen, M. Amin, and H. Farrokhzadeh, "Biological treatment of polychlorinated biphenyls (PCBs) contaminated transformer oil by anaerobic-aerobic sequencing batch biofilm reactors," *Int. Biodeterior. Biodegrad.*, vol. 85, 2013.
- [22] A. da Silva *et al.*, "Organochlorines and polychlorinated biphenyl environmental pollution in south coast of Rio De Janeiro state," *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 108, 2016.
- [23] D. Pemberthy *et al.*, "Science of the Total Environment Polychlorinated dibenzo- p - dioxins , dibenzofurans and dioxin-like PCBs in commercialized food products from Colombia," *Sci. Total Environ.*, vol. 568, pp. 1185–1191, 2016.
- [24] INCAUCA S.A., "Informe Incauca, Informe de Sostenibilidad," 2011.
- [25] INGENIO PROVIDENCIA S.A., "Informe de Sostenibilidad 2012," 2012.
- [26] W. Flores, E. Mombello, G. Rattá, and J. Antonio, "Vida de transformadores de potencia sumergidos en aceite: Situación actual. Parte I. Correlación entre la vida y la temperatura.," *Inst. Electr. Electron. Eng. Lat. Am. Trans.*, vol. 5, 2007.
- [27] A. Simion, H. Miyata, M. Kakeda, N. Egashira, Y. Mitoma, and C. Simion, "Direct and complete cleansing of transformer oil contaminated by PCBs," *Sep. Purif. Technol.*, vol. 103, 2013.
- [28] T. Baba *et al.*, "Association of prenatal exposure to PCDD/Fs and PCBs with maternal and infant thyroid hormones: The Hokkaido Study on Environment and Children's Health," *Sci. Total Environ.*, vol. 615, 2018.
- [29] S. Cui *et al.*, "Spatial-temporal variation, possible source and ecological risk of PCBs in sediments from Songhua River, China: Effects of PCB elimination policy and reverse management framework," *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 106, 2016.
- [30] MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE DE COLOMBIA, *Manual para la Gestión Integral de Bifenilos Policlorados No. VI*. 2015.
- [31] J. Loayza, M. Silva, G. Arce, and A. Casafranca, "Gestión integral de residuos de bifenilos policlorados - PCB (Aspectos generales y ciclo de vida)," *Rev. Peru. Química e Ing. Química*, vol. 18, 2015.
- [32] Centro Nacional de Referencia sobre Contaminantes. "Convenio de Estocolmo." [Online]. Disponible en: <http://www.cnrcoop.es>
- [33] E. Posada and J. Aguirre, "PURIFICACIÓN DE ACEITES AISLANTES CONTAMINADOS CON BIFENILOS POLICLORADOS (PCB's) PURIFICATION OF MINERAL INSULATING OIL CONTAMINATED WITH POLYCHLORINATED BIPHENYLS (PCB's)," *DYNA, Univ. Nac. Colomb.*, vol. 150, 2006.
- [34] S. Lang *et al.*, "Assessing PCB pollution in the Baltic Sea - An equilibrium partitioning based study," *Chemosphere*, vol. 191, 2018.
- [35] S. Sakan, B. Ostojić, and D. Đorđević, "Persistent organic pollutants (POPs) in sediments from river and artificial lakes in Serbia," *J. Geochemical Explor.*, vol. 180, 2017.
- [36] F. Sánchez and J. Granero, "Cómo Implantar Sistema Gestión Ambiental según la norma ISO 14001:2004," *Taxus*, 2004. [Online]. Available: <https://www.taxusmedioambiente.com/publicaciones.php?idc=1>.
- [37] Centro Nacional de Referencia sobre Contaminantes. "¿Qué son los COPs?"

- [Online]. Disponible en: <http://www.cnrcoop.es/gc/informate/que-son-los-cop/>.
- [38] Objetivos del Ministerio. "Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible." [Online]. Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co>.
- [39] Acerca de la Entidad. "IDEAM." [Online]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/entidad/acerca-entidad>.
- [40] MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE DE COLOMBIA and IDEAM, "Informe nacional para el seguimiento a las existencias y gestión de equipos con PCB en Colombia," 2016.
- [41] S. D. D. A. Bogotá, "Diligenciamiento de la Matriz de Identificación de aspectos y valoración de impactos ambientales Subdirección de Políticas y Planes," 2013.
- [42] M. Shibuya, H. Kanbe, and T. Seki, "Proving test on removal of PCB from pole transformer by vacuum heating separation method," *Electr. Eng. Japan*, vol. 120, 1997.
- [43] V. Marulanda and G. Bola, "The Journal of Supercritical Fluids Supercritical water oxidation of a heavily PCB-contaminated mineral transformer oil : Laboratory-scale data and economic assessment," vol. 54, 2010.

## ANEXOS

### 1. Hojas de vida de los equipos eléctricos



### 2. Tipos de equipos eléctricos



Transformador



Condensador



Transformador e Interruptor

### 3. Equipos eléctricos en uso, desuso y desechados



Equipo en desuso



Equipo en uso



Equipo desechado

4. Verificación de coordenadas geográficas (equipo eléctrico externo de hacienda e interno de planta)



GPS para determinar coordenadas geográficas



Transformador en una Hacienda



Transformador en la planta

## 5. Placas "NO PCBs" equipos eléctricos

No. 251831 TRANSFORMADOR

AÑO / MES 12 / 07

FASES	3	150 KVA	T.S. AT / BT	15 / 1.2 kV
TENSION PRIM.	13.2 kV	BIL. AT / BT	95 / 30 kV	
TENSION SEC.	453 / 264 V	% Zcc. A 85 °C	3.69	
CORRIENTE PRIM.	6.56 A	CORRIENTE CC	5.19 kA	PESO TOTAL 582 Kg
CORRIENTE SEC.	191.18 A	DURACION CC	1.7 s	CLASE Ao
CALENT. ACEITE	60 °C	MAT. DEVANADOS	Al / Al	REFRIGERACION ONAN
CALENT. DEV	65 °C	GRUPO CONEXION	Dyn5	ALTURA m. s. n. m. 1000
FRECUENCIA	60 Hz	ACEITE MINERAL	192 L	INSTRUCTIVO I - XVXX - 02

El aceite mineral no contiene PCB en el momento de la fabricación.

ALTA TENSION			BAJA TENSION		
CONEX	VOLTIOS	TAP EMPALME	CONEX	VOLT.	EMPALME
△	13200	1/A	△	453	X y z
	12870	2/B		264	Pn
	12540	3/C			
	12210	4/D			

FABRICADO EN PEREIRA, COLOMBIA POR MAGNETRON S.A.S. PLANO 22

No. 239642 TRANSFORMADOR

AÑO/MES 12/02

FASES	3	225 KVA	T.S. AT/BT	15/1.2 kV
TENSION PRIM.	13.2 kV	BIL. AT/BT	95/30 kV	
TENSION SEC.	452/261 V	% Zcc. A 85°C	3,46	
CORRIENTE PRIM.	9,84 A	CORRIENTE CC	8,3 kA	PESO TOTAL 796 kg
CORRIENTE SEC.	287,4 A	DURACION CC	1,5 s	CLASE Ao
CALENT. ACEITE	60 °C	MAT. DEVANADOS	Cu/Cu	REFRIGERACION ONAN
CALENT. DEV	65 °C	GRUPO CONEXION	Dyn5	ALTURA m. 1000
FRECUENCIA	60 Hz	ACEITE MINERAL	188 L	% S. REACTIVO I-XVX-02

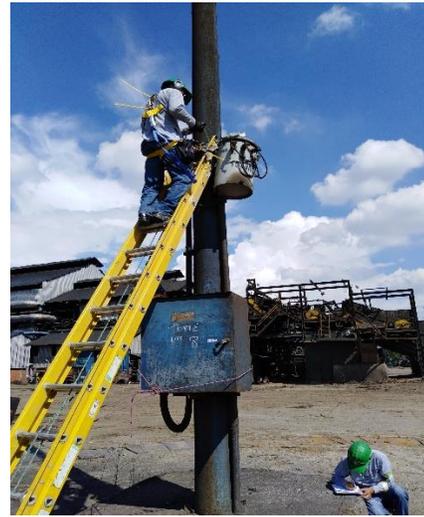
El aceite mineral no contiene PCB en el momento de la fabricación.

ALTA TENSION			BAJA TENSION		
CONEX	VOLTIOS	TAP EMPALME	CONEX	VOLT.	EMPALME
△	13200	1/A	△	452	X y z
	12870	2/B		261	Pn
	12540	3/C			
	12210	4/D			

FABRICADO EN PEREIRA, COLOMBIA POR MAGNETRON S.A. PLANO 22



## 6. Toma de muestras por parte del laboratorio certificado



## 7. Resultados de las pruebas analíticas cromatográficas de laboratorio

**LABORATORIO DE CROMATOGRAFÍA Y ESPECTROMETRÍA DE MASAS**  
**INFORME DE RESULTADOS**

3. RESULTADOS

En la **Tabla 1** se reportan los resultados del análisis por cromatografía de gases con detector de captura de electrones de la(s) muestra(s) de aceite dieléctrico, enviada(s) por la empresa **CONFECCIONES ELÉCTRICAS S.A.S.**

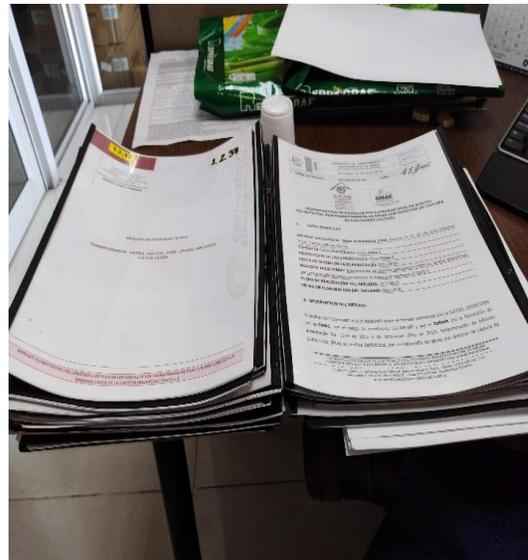
**Tabla 1.** Concentración de PCB (mg/kg de aceite) presentes en la(s) muestra(s) de aceite dieléctrico, enviada(s) por la empresa **CONFECCIONES ELÉCTRICAS S.A.S.**

Código de la muestra	Identificación de la muestra	Concentración de PCB (mg/kg de aceite)*
985497-25-AH	Fecha: 15/feb/15, Cliente: Ingenio del Cauca, Marca: Surtac, Voltajes: 13800V/4335-2507V, Peso: Total: 2434Kg, Nº Serie: 072203H, Capacidad: 14000KVA, Volacete: 6995 L, Año FAB: 2007, Refrigeración OILMAN, Nudo -, Código: 3518, Fases: 3, PP-...	< 2 ± 0,1

Analista a cargo: *Elizeth Yamith Matajira*  
 Elizeth Yamith Matajira Calderón, Química Analista

Elaboró: *William Salgar Rangel*  
 William Salgar Rangel, Químico M.Sc. Subdirector Técnico

Revisó y autorizó: *Elena E. Stashenko*  
 Elena E. Stashenko, Química Ph.D., Directora de Laboratorio



## 8. Marcación de equipos eléctricos (pintura epoxica y código QR) y lectura de software código QR



9. Condiciones del depósito de equipos contaminados



Suelo



Espacio interno



Puerta