



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**“INVENTARIO NACIONAL DE TRANSFORMADORES Y
CAPACITORES ELÉCTRICOS QUE CONTENGAN
BIFENILOS POLICLORADOS EN GUATEMALA COMO
INSUMO PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN
NACIONAL DE ACCIÓN”**

Miguel Angel de Jesus Gualim Ac

Dany Fernando Fuentes Tul

Asesorados por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruíz

Guatemala, noviembre de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**“INVENTARIO NACIONAL DE TRANSFORMADORES Y
CAPACITORES ELÉCTRICOS QUE CONTENGAN
BIFENILOS POLICLORADOS EN GUATEMALA COMO
INSUMO PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN
NACIONAL DE ACCIÓN”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MIGUEL ANGEL DE JESUS GUALIM AC

DANY FERNANDO FUENTES TUL

ASESORADOS POR EL INGENIERO KENNETH ISSUR ESTRADA RUÍZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Miguel Angel de Jesus Gualim Ac

DECANO	Ing. Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruíz
EXAMINADOR	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
EXAMINADOR	Ing. Mario Ramón Figueroa López
SECRETARIO	Ing. Marcia Ivonne Véliz Vargas

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Dany Fernando Fuentes Tul

DECANO	Ing. Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruíz
EXAMINADOR	Ing. José Guillermo Bedoya Barrios
EXAMINADOR	Ing. Mario Ramón Figueroa López
SECRETARIO	Ing. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presentamos a su consideración nuestro trabajo de graduación titulado:

“INVENTARIO NACIONAL DE TRANSFORMADORES Y CAPACITORES ELÉCTRICOS QUE CONTENGAN BIFENILOS POLICLORADOS EN GUATEMALA COMO INSUMO PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN NACIONAL DE ACCIÓN”,

tema que nos fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica Eléctrica, el 12 de agosto de 2005.

Miguel Angel de Jesus Gualim Ac

Dany Fernando Fuentes Tul

ACTO QUE DEDICO A:

MIS PADRES

Arcelia, por el incansable amor y apoyo durante toda mi vida. Miguel, por el ejemplo de sacrificio personal en bien de su sangre.

MI ESPOSA

Patty, por dar luz en mi camino y ser bastón y hombro en los momentos difíciles.

MI HIJO

Diego Alejandro, por ser la nueva alegría en nuestra vida, motivo de lucha y ser prueba de la divinidad de la existencia.

MIS HERMANOS

Por la confianza depositada y el esfuerzo conjunto. Por el valor mostrado en cada prueba.

MIS SOBRINOS

Por recordarme la inocencia y ser fuente de alegría pura.

MI TÍA

Virginia, por ser ejemplo de humildad y coraje.

MIS AMIGOS

A los que seguimos, que son mi segunda familia, por todas las risas y las lágrimas. A los que se han ido, por la lección de “vivir y luchar hoy”.

AGRADECIMIENTO A:

DIOS

Por darme la fuerza para mantener el camino y el coraje para limpiar mis rodillas en cada una de mis caídas.

FACULTAD DE INGENIERÍA

Por darme las herramientas para trabajar como un profesional de bien.

**UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS DE GUATEMALA**

Por darme la oportunidad de cumplir ésta meta, a la que le debo mi gratitud y compromiso de trabajo por el bien del pueblo.

Miguel Angel de Jesus Gualim Ac.

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS** Por brindarme una vida llena de bendiciones.
- MIS PADRES** Fredy Rolando Fuentes Orozco
Leticia Maribel Tul Orozco
En reconocimiento al esfuerzo y al apoyo
brindado a lo largo de mi vida, para ellos con
amor y cariño.
- MI HERMANO** Hansy Lusvin
Gracias por el apoyo incondicional y los
múltiples consejos.
- MIS TÍOS** Con cariño y en especial a: Dilman, Manolo,
Licely, Marleny, Efraín, Margarita y Febe.
- MI NOVIA** Dulce María
Gracias por el apoyo en los momentos
difíciles.
- MIS AMIGOS** Por demostrarme que puedo contar con ellos.

Dany Fernando Fuentes Tul.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
LISTA DE ABREVIATURAS	XV
GLOSARIO	XVII
RESUMEN	XXI
OBJETIVOS	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXV
1. LOS CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES	01
1.1. La docena sucia	03
1.2. Usos de los COPs	04
1.3. Categorías de fuentes	06
1.3.1. Fuentes directas o de liberación elevada	06
1.3.2. Fuentes menos intensivas	07
1.4. Repercusiones en la salud y el medio ambiente	08
1.5. Alternativas para los COPs	10
1.6. El porqué de un tratado internacional	10
1.6.1. Medidas contenidas en la Convención de Estocolmo para COPS	11
1.7. Los Bifenilos Policlorados (PCBs)	12
1.7.1. Aplicaciones abiertas de los PCBs	14
1.7.2. Aplicaciones cerradas de los PCBs	14
1.7.2.1. Condensadores eléctricos fabricados con PCBs	15
1.7.2.2. Luces de balastro que contienen PCBs	16
1.7.2.3. Transformadores eléctricos que contienen PCBs	17
1.7.3. Definición de propietario de PCB	18

1.7.4.	Propiedades físico-químicas de los PCBs usados en equipos eléctricos	18
1.7.5.	La producción de los PCBs	19
1.7.6.	Medidas de control para los PCBs en algunos países industrializados	20
1.7.7.	Razones por las cuales se restringió el uso de PCBs en aplicaciones cerradas	22
1.7.8.	Efectos de los PCBs	23
1.7.8.1.	Efectos de los PCBs en el ambiente	23
1.7.8.2.	Efectos en la salud humana	25
1.7.9.	Las Dioxinas y Furanos	28
1.7.10.	Donde podemos encontrar los PCBs	30
2.	TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS Y LOS PCB	33
2.1.	Clasificación de los transformadores	35
2.2.	Tipos de aislamientos	37
2.2.1.	Aislamientos sólidos	38
2.2.2.	Aislamientos Líquidos	41
2.3.	Transformadores sumergidos en aceite	44
2.3.1.	Pruebas de laboratorio para transformadores sumergidos en aceite	46
2.3.2.	Distribución de materiales de un transformador sumergido en aceite	50
2.4.	Accidentes con transformadores eléctricos con PCB	54
2.4.1.	Accidentes que provocan contaminación fría	54
2.4.2.	Accidentes que provocan contaminación caliente	56
2.4.2.1.	Causas de accidentes calientes en un transformador	57
3.	CAPACITORES ELÉCTRICOS Y LOS PCBs	59
3.1.	Características Generales de un Capacitor	61
3.1.1.	Características Físicas	61
3.1.2.	Características Eléctricas	62
3.2.	Tipos de bancos de capacitores	63

3.2.1.	Bancos de capacitores en estructuras tipo subestación	64
3.2.2.	Bancos de capacitores en gabinete	65
3.2.3.	Celdas monofásicas para alta tensión	66
3.2.4.	Celdas trifásicas tipo HWT	67
3.2.5.	Bancos de capacitores tipo poste	67
3.2.6.	Capacitores para hornos de inducción	68
3.2.7.	Desconectadotes en aceite y en vacío	69
3.2.8.	Capacitores prácticos	69
3.3.	Aplicaciones de los capacitores en un sistema de potencia	71
3.3.1.	Corrección del factor de potencia	71
3.3.1.1.	Razones por las que se exige un bajo factor de potencia	72
3.3.1.2.	Razones por las cuales es caro mantener un bajo factor de potencia	72
3.3.1.3.	Justificación económica para el uso de capacitores	74
3.3.1.4.	Incremento del factor de potencia	75
3.3.1.5.	Fenómenos transitorios	76
3.3.1.6.	Corrientes armónicas	77
3.4.	Fabricación de condensadores con PCBs	78
3.4.1.	Mantenimiento de un capacitor	81
4.	COMO DETERMINAR LA PRESENCIA DE PCBs EN EQUIPOS ELÉCTRICOS	83
4.1.	Como determinar la presencia de PCBs en equipos con placa de características	83
4.2.	Como determinar la existencia de PCBs en equipos eléctricos y contenedores sin información del dieléctrico	87
4.3.	Pruebas analíticas para detectar la presencia de PCBs	88
4.3.1.	Análisis simple de campo	88
4.3.2.	Análisis rápidos de detección en sitio	89
4.3.3.	Pruebas analíticas de laboratorio	90
4.4.	Lineamientos para la toma de muestras	91
4.4.1.	Precauciones para evitar contaminación en la muestra	92

4.4.2. Muestreo de equipos energizados	93
4.4.3. Muestreo de fondo	93
4.4.4. Muestreo de tanques grandes o contenedores de aceite	94
4.4.5. Muestreo de transformadores para análisis en laboratorio	95
4.4.6. Muestreo de equipos sin válvula para toma de muestras	96

5. LINEAMIENTOS TÉCNICOS DE MANEJO ADECUADO PARA EQUIPOS Y DESECHOS CON PCB **99**

5.1. Normas básicas de seguridad para el manejo de transformadores eléctricos de potencia	99
5.2. Niveles de protección personal	106
5.2.1. Nivel de protección tipo A	107
5.2.2. Nivel de protección tipo B	107
5.2.3. Nivel de protección tipo C	108
5.2.4. Nivel de protección tipo D	109
5.3. Respuesta en contaminación fría	109
5.3.1. Medidas preventivas ante el riesgo de contaminación fría	109
5.3.2. Medidas correctivas en caso de contaminación fría	111
5.3.2.1. Descontaminación de pisos	112
5.4. Respuesta en contaminación caliente	113
5.4.1. Medidas preventivas en caso de accidentes calientes	113
5.4.2. Medidas correctivas en caso de contaminación caliente	114
5.5. Salud laboral	117
5.5.1. Primeros auxilios	117
5.5.2. Exámenes preocupacionales y periódicos	118
5.6. Procedimientos de reparación y mantenimiento de transformadores con PCB	119
5.6.1. sustitución del dieléctrico en un transformador con PCB	121
5.6.2. Instalación de nuevos artefactos	125
5.7. Manejo adecuado de desechos contaminados con PCB	125

5.8.	Almacenamientos transitorio de equipos y desechos con PCB	127
5.8.1.	Requerimientos mínimos para áreas de almacenamiento de PCB	128
5.8.2.	Centros de acopio	130
5.8.3.	Ventilación	130
5.8.4.	Métodos de embalaje	131
5.8.5.	Planes de contingencia para áreas de almacenamiento temporal	133
5.9.	Señalización y etiquetado	135
5.9.1.	Etiquetado de equipos y desechos contaminados con PCB	135
5.9.2.	Etiquetado de artefactos descontaminados de PCB	136
5.10.	Medidas para la recolección de PCBs	137
5.11.	Transporte de los PCBs	138
5.11.1.	Documentación relativa al transporte	138
5.12.	Métodos de destrucción para Bifenilos Policlorados	140
5.12.1.	Método de incineración	141
5.12.2.	Reducción en sodio	143

6. INVENTARIO NACIONAL DE BIFENILOS POLICLORADOS Y EQUIPOS ELECTRICOS DE POTENCIA QUE LOS CONTENGAN EN GUATEMALA 145

6.1.	Antecedentes del proyecto	145
6.1.1.	Objetivos	146
6.1.2.	Enfoque del proyecto	147
6.1.3.	Metodología de inventario	148
6.1.4.	Resultados esperados	149
6.1.5.	Actividades	150
6.1.6.	Coordinación del proyecto	150
6.2.	Entidades Involucradas directamente	152
6.2.1.	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales	152
6.2.2.	Universidad de San Carlos de Guatemala	153
6.2.3.	Otros sectores involucrados	154
6.3.	De los datos del inventario	155

6.4.	El territorio abarcado	159
6.5.	Instituciones inspeccionadas	160
7.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DE LOS PCBs EN GUATEMALA	175
7.1.	Sector público	176
7.1.1.	Sector eléctrico público guatemalteco	176
7.1.1.1.	INDE	181
7.1.1.1.1.	Empresa de transporte y control de energía eléctrica	181
7.1.1.1.2.	Empresa de generación de energía eléctrica	183
7.1.1.2.	Empresas eléctricas municipales	186
7.1.1.2.1.	Personal de las empresas eléctricas municipales	189
7.1.1.2.2.	Usuarios de las EEMs	191
7.1.1.2.3.	Condiciones de almacenaje de desechos	194
7.1.1.2.4.	Resultados de pruebas a EEMs	196
7.1.1.2.5.	Condiciones generales	198
7.1.1.2.6.	Necesidades	199
7.1.2.	Sector salud	202
7.1.3.	Sector de servicios públicos	205
7.2.	Sector privado	207
7.2.1.	Sector eléctrico privado	208
7.2.1.1.	EEGSA	210
7.2.1.2.	Unión FENOSA	215
7.2.2.	Sector industrial	225
7.2.3.	Sector de mantenimiento y otros sectores	228
7.3.	Empresas con planes de desecho	230

8. ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL PROYECTO PCB GUATEMALA	233
8.1. Realización del inventario	233
8.1.1. Identificación de poseedores	233
8.1.2. Concertación de inspecciones	234
8.1.3. Realización de inspección	235
8.1.4. Alimentación de base de datos	235
8.2. Participación en talleres de capacitación	236
8.3. Creación de capacidad nacional	238
8.4. Reuniones con sector eléctrico de mantenimiento	238
8.5. Participación en el comité nacional de coordinación	239
8.6. Creación de documentación	239
9. ACCIONES PARA EL MANEJO AMBIENTALMENTE RACIONAL DE BIFENILOS POLICLORADOS EN GUATEMALA	241
9.1. Acciones que deben implementar los propietarios de transformadores con PCB	241
9.1.1. Sector eléctrico	242
9.1.2. Sector privado	244
9.1.3. Sector público	244
9.2. Acciones que deben implementar las empresas dedicadas a mantenimiento de equipos de potencia	245
9.3. Acciones que deben tomar las instituciones gubernamentales	246
9.3.1. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales	247
9.3.2. Ministerio de Energía y Minas	248
9.3.3. Comisión Nacional de Energía Eléctrica	249
9.3.4. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social	249
9.3.5. Superintendencia de Administración Tributaria SAT	250
9.3.6. Universidad de San Carlos de Guatemala	250

CONCLUSIONES	251
RECOMENDACIONES	255
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	257
APÉNDICES	259
ANEXOS	261

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Molécula de Bifenilo Policlorado	12
2	Detalle de un Condensador Eléctrico	16
3	Balastos de desecho antiguos	17
4	Transformador trifásico fabricado con PCB	18
5	Irritación cutánea causada por Bifenilos Policlorados	26
6	Detalle de un transformador trifásico de potencia	34
7	Transformador trifásico de potencia	36
8	Núcleo y devanado de un transformador tipo columna	37
9	Diagrama de núcleo tipo "Shell"	37
10	Nivel de absorción de partes porosas en un transformador	53
11	Transformador caído en Derruí	54
12	Transformador con fuga, Contaminación fría	55
13	Absorción de contaminación caliente en edificios	56
14	Núcleo de un capacitor de potencia	59
15	Aislador o bushing de un capacitor	61
16	Bancos de capacitores de potencia sobre bastidores metálicos	63
17	Bancos de capacitores en estructura tipo subestación	64
18	Bancos de capacitores en gabinete	65
19	Celdas monofásicas para alta tensión	66
20	celdas trifásicas tipo HWT	67
21	Bancos de capacitores tipo poste	68
22	Capacitores para hornos de inducción	68
23	Desconectores de aceite en vacío	69
24	Fotografía de capacitor con PCB	70
25	Capacitor instalado en un motor de inducción	75
26	Capacitor monofásico sin PCB	78
27	Capacitor trifásico sin PCB	78

28	Capacitores monofásicos	79
29	Capacitor fabricado con PCB	80
30	Detalle del tipo de dieléctrico en placa de transformadores y certificado “NON PCB”	83
31	Trafo con PCB por leyenda “No inflamable”	85
32	Equipos antiguos sin información de dieléctrico	87
33	Prueba de densidad de PCBs	88
34	Análisis de muestra con L200 PCB/ analizador de cloro	89
35	Resultados de análisis clorhídrico con kits CLOR-N-OIL	89
36	Kit CLOR-N-SOIL para determinar contaminación en suelos	90
37	Pruebas de laboratorio para aceites dieléctricos	91
38	Drenado de aceite de transformadores usando balde de acopio	94
39	Muestra de recipiente de vidrio para contener muestras	94
40	Modelos de etiqueta para identificación de muestras	95
41	Etiqueta para equipo contaminado con PCB	95
42	Detalle para la toma de muestra con tubo sumergible	96
43	EPP Nivel A	107
44	EPP Nivel B	107
45	EPP Nivel C	108
46	EPP Nivel D	109
47	Descontaminación de pisos	110
48	Impermeabilización de pisos con pintura epóxica	128
49	Manera de colocar trafos con PCB dentro de contenedores	131
50	Cajas metálicas para embalaje secundario	131
51	Cajas metálicas para embalaje de carcazas	132
52	Identificar los equipos almacenados con PCB	135
53	Etiqueta sugerida para contenedores y equipos con PCB	136
54	Etiqueta de muestra para equipos descontaminados	136
55	Embalaje para disposición final	137
56	Muestra para la ubicación de equipos en contenedor	138
57	Identificación de contenedores	139
58	Etiqueta ONU 2315 – contaminante marino	140
59	Proceso de fabricación de cemento en donde se destruye PCB	142
60	Esquema funcional de descontaminación de un transformador	143
61	Cobertura de las empresas de distribución en Guatemala	157

62	Transformadores inventariados fase I proyecto PCB	162
63	Transformadores inventariados en fase I Unión Fenosa y EEGSA	163
64	Transformadores inventariados en fase I otros propietarios	163
65	Transformadores inventariados en fase I según ubicación	164
66	Transformadores inventariados fase I según tipo en Unión Fenosa y EEGSA	165
67	Transformadores inventariados fase I según tipo	166
68	Transformadores inventariados fase I según propietario en sector consumidor	166
69	Porcentaje de instituciones inspeccionadas en fase I con contaminación fría	167
70	Bancos de capacitores inventariados por año	169
71	Capacitores monofásicos inventariados según año	170
72	Capacitores inventariados según condición	171
73	Tipos de capacitores inventariados en fase I	172
74	PCB en capacitores inventariados según tipo	173
75	Evolución del número de usuarios por distribuidora 1996-2004	180
76	Transformadores inventariados en ETCEE	182
77	Contención para PCB en Aguacapa	183
78	Equipos antiguos en subestación La Fragua	184
79	Equipo almacenado en galera compartida con EEM Zacapa	185
80	Equipos a la intemperie en subestación La Fragua	185
81	Resultados de pruebas hechas a INDE-EGEE	185
82	Composición sector distribución Guatemala	187
83	Edad de servicio e EEMs inspeccionadas por proyecto PCB Guatemala hasta febrero 2006-10-25	189
84	Número de empleados por empresa eléctrica municipal inspeccionadas por Proyecto PCB Guatemala hasta febrero 2006	191
85	Cantidad de usuarios por empresa eléctrica municipal inspeccionadas por Proyecto PCB Guatemala hasta febrero 2006	192
86	Cantidad de empleados vs cantidad de usuarios en las EEMs guatemaltecas	193
87	Carcasa de trafo utilizada como pila, La Fragua Zacapa	194
88	Condiciones de almacenaje EEM Quetzaltenango	194
89	Condiciones de almacenaje en EEM San Marcos	195
90	Condiciones de almacenaje EEM Zacapa	195
91	Condiciones de almacenaje EEM Guatatoya	195
92	Condiciones de almacenaje EEM Gualán, Zacapa	195

93	Cantidad de equipos de desecho por Empresa Eléctrica Municipal inspeccionados por Proyecto PCB Guatemala hasta febrero 2006	196
94	Resultados obtenidos de las pruebas a Empresas Eléctricas Municipales	197
95	Transformadores inventariados en sector salud pública	204
96	Equipo en desuso y con fuga en hospital Roosevelt	204
97	Transformadores susceptibles de contener PCB en FEGUA zona 1	206
98	Transformadores antiguos inventariados en FEGUA Pto Barrios	206
99	Trafos almacenados en bodega de Estadio Mateo Flores	207
100	Transformador instalado en los 50's en CONFEDE	207
101	Total de equipos reportados por EEGSA a proyecto PCB Guatemala	211
102	Datos de inventario preliminar TRELEC-EEGSA	212
102	Bancos de capacitores por tipo reportados por EEGSA	213
104	Cantidad de bancos de capacitores por potencia de EEGSA	214
105	Transformadores instalados en red de Unión FENOSA según propietario	215
106	Total de transformadores de distribución instalados en red de Unión Fenosa	216
107	Total de equipos propiedad de Unión FENOSA	217
108	Resultado de análisis a equipos incluidos en Fase I	218
109	Masa de aceite muestreado por Unión Fenosa	219
110	Volumen de aceite muestreado en Unión Fenosa	219
111	Proyección de contaminación en Unión Fenosa según pruebas en muestra	220
112	Bancos de capacitores según contenido de PCB	222
113	Bancos de capacitores según potencia	224
114	Bancos de capacitores en UF según años de instalación	225
115	Transformadores inventariados en Fase I sector Industrial	226
116	Contaminación en sector privado industrial según pruebas a equipos sospechosos	228
117	Inspección a planta EMPAGUA	235
118	Ejercicio en taller	236
119	Organización de talleres nacionales	237
120	Participación en congreso IEEE	238
121	Conferencia en USAC	238

TABLAS

I	Sectores usuarios de equipos susceptibles de contaminación con PC B	32
II	Clasificación de niveles de aislamiento, IEEE	40
III	Composición de temperatura máxima en un transformador	41
IV	Límites de prueba para aceite minerales	50
V	Código IEC 60076 para transformadores sumergidos en aceite	84
VI	Listado de nombres comerciales de PCB	86
VII	Distancias mínimas de aproximación del trabajador a partes energizadas	
	Expuestas en corriente alterna	103
VIII	Factores de corrección por altitud	103
IX	Características de reemplazo de PCB	123
X	Tipos de embalaje según tipo de desecho	133
XI	Integrantes de Comité Nacional de Coordinación	151
XII	Parámetros para clasificación de equipos eléctricos	159
XIII	Listado de instituciones inspeccionadas por Proyecto PCB Guatemala hasta febrero 2005	160
XIV	Transformadores inventariados en fase I	162
XV	Transformadores inventariados fase I según ubicación	164
XVI	Transformadores inventariados en Fase I según tipo	165
XVII	Capacitores hallados por año de fabricación	168
XVIII	Capacitores inventariados según condición	170
XIX	Capacitores inventariados en fase I	172
XX	Tipos de capacitores inventariados	172
XXI	PCB en capacitores inventariados según tipo	173
XXII	Detalle inventario ETCEE	181
XXIII	Datos generales de inventario en ETCEE	182
XXIV	Generadoras incluidas en fase I a las que se les hizo pruebas	186
XXV	Empresas eléctricas municipales identificadas en Fase I como potenciales Poseedores de PCB	197
XXVI	Identificación de prioridades según necesidades	201
XXVII	Hospitales cubiertos por el proyecto PCB Guatemala	203
XXVIII	Inventario preliminar fase I TRELEC-EEGSA	212
XXIX	Bancos de capacitores por tipo en EEGSA	213

XXX	Bancos de capacitores por potencia reportados por EEGSA	214
XXXI	Resultado análisis a muestra de 1007 transformadores UF	218
XXXII	Bancos de capacitores según contenido de PCB	221
XXXIII	Bancos de Capacitores reportados por UF según potencia	223
XXXIV	Transformadores reportados por UF según año de instalación	224
XXXV	Total de transformadores inventariados en fase II	227

LISTA DE ABREVIATURAS

Ppm	Partes por millón
KVA	Kilo volts-ampers
MVA	Mega volts-ampers
KW	Kilo watts
KV	Kilo Voltios
PCB	Polychlorated Biphenyls (Bifenilos Policlorados)
COPS	Contaminantes Orgánicos Persistentes
Trafo	Transformador
EPP	Equipo de protección personal
EPA	Enviromental Protection Agency
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
MEM	Ministerio de Energía y Minas
EEMs	Empresas Eléctricas Municipales
PNUMA	Proyecto de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
OSHA	Occupation Safety & Health Administration
PCDF	Dibenzofuranos Policlorados
IEEE	Institute of Electronic & Electrical Engineers
CONRED	Comité Nacional para la Reducción de Desastres
AAPE	Área de Almacenamiento de PCB
PCB-GUATE	Proyecto PCB Guatemala

GLOSARIO

Almacenaje transitorio	Almacenaje adecuado de PCBs en áreas acondicionadas para mantenerlos hasta su eliminación por incineración.
Antropogénico	Acción que se ejerce, por la influencia del hombre, en la introducción o desaparición de las especies
Askarel	Nombre comercial de PCB.
Bioacumulación	Proceso por el cual los organismos vivos, especialmente los acuáticos, pueden coleccionar y concentrar productos químicos (ej. xenobióticos o contaminantes) ya sea directamente del ambiente que les rodea o indirectamente a través del alimento.
Biota	La vida vegetal y animal de una región: fauna y flora.
Clophen	Nombre comercial de PCB.
Congéneres	Compuestos o especies que tienen características generales o constituciones similares.
Contaminación Caliente	Es la que incluye descomposición en presencia de calor de los PCBs, como picos de voltaje, sobrecargas. Todo aquello que produzca gasificación del dieléctrico.

Contaminación Cruzada	Es la producida por el contacto de dieléctricos con equipos, utensilios o dieléctricos que hayan sido expuestos a contaminación directa.
Contaminación Fría	Es la que no incluye descomposición de los PCBs, como derrames, fugas, etc.
Contaminado de PCB	Se considera como contaminado a dieléctricos con concentraciones entre 50 y 500 ppm.
Convección	Proceso de transferencia de calor, se produce únicamente en materiales fluidos. Éstos al calentarse disminuyen su densidad y ascienden al ser desplazados por las porciones a menor temperatura que, a su vez, descienden y se calientan repitiendo el ciclo. El resultado es el transporte de calor por medio de las parcelas de fluido ascendente y descendente.
Dieléctrico	Material o sustancia que no permite el paso de corriente eléctrica a través de sí, no es conductora.
Dioxinas	Las dioxinas, cuyo nombre genérico es policloro dibenzo-p-dioxinas (PCDD) son el nombre con el que se conoce a un grupo de 75 compuestos formados por un núcleo básico de dos anillos de benceno unidos por dos átomos de oxígeno en el cual puede haber como sustitutos de uno a ocho átomos de cloro.
Equipo con PCB	Se considera como PCB puro a dieléctricos con concentraciones superiores a 500 ppm.

Furanos	Los furanos cuyo nombre genérico es policloro-dibenzofuranos (PCDF) son un grupo de 135 compuestos de estructura y efectos similares a las dioxinas y cuyas fuentes de generación son las mismas. Tienen el dudoso honor de ser, junto con las dioxinas, los productos químicos más tóxicos que el hombre ha sido capaz de sintetizar.
Isómero	Compuestos con la misma fórmula molecular pero con diferentes propiedades debido a la estructura de la molécula.
Método de rascado	Consiste en remover sólidos contaminados (suelos, paredes pisos), debido a la absorción de contaminantes.
Organometales	Compuestos formados por moléculas generalmente constituidas por átomos metálicos unidos mediante enlaces covalentes a cadenas de moléculas orgánicas.
Organoclorados	Compuesto químico orgánico, es decir, compuesto por un esqueleto de átomos de carbono, en el cual, algunos de los átomos de hidrógeno unidos al carbono, han sido reemplazados por átomos de cloro.

RESUMEN

Los Bifenilos Policlorados, son sustancias que fueron utilizadas en la fabricación de aceites dieléctricos, su principal componente es el cloro, elemento que los hace altamente eficientes como aceites dieléctricos en transformadores y capacitares pero en contraparte los hace altamente contaminantes. En los últimos años, se ha incrementado el interés de la comunidad internacional para ayudar a los países pequeños a determinar su situación en cuanto a la cantidad existente dentro de sus fronteras de contaminantes de éste tipo. Con el aporte de la secretaría del Convenio de Basilea, se ha podido tener acceso al sector eléctrico nacional para determinar cuantitativa y cualitativamente la existencia de Bifenilos Policlorados (PCBs) en Guatemala por medio del Proyecto de Inventario Nacional de Bifenilos Policlorados y equipos que los contengan, ejecutado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

El contenido de este informe permitirá al lector obtener una panorámica de la situación en cuanto al manejo de equipos antiguos con PCB y desechos contaminados con éste.

Éste documento proporciona la información necesaria para conocer los aspectos más importantes para identificar, manejar y desechar Bifenilos Policlorados así como equipos contaminados con ésta sustancia.

Presentamos también dos secciones conteniendo las estadísticas que arroja el Inventario Preliminar, respaldado por pruebas de detección de PCBs

hechas a los equipos susceptibles de estar contaminados por las condiciones de manejo, edad y especificaciones de fábrica entre otros. En estas secciones se plantea la problemática de los sectores identificados como potenciales poseedores e identifica a los más vulnerables para tomarlos en cuenta y coordinar esfuerzos con instituciones gubernamentales que permitan darle manejo adecuado a los equipos en mención y proporcionar a los sectores deficientes capacidad de manejo.

Este proyecto ha sido producto de los esfuerzos coordinados del Ministerio de Ambiente como institución coordinadora y la Universidad de San Carlos de Guatemala proporcionando Personal técnico para el desarrollo de las actividades. En la sección final de este documento se encuentran detalladas las actividades en las que se ha tenido participación en el marco del Proyecto de Inventario.

OBJETIVOS

General

- Identificar y cuantificar las existencias de Bifenilos Policlorados en Guatemala, que permita realizar un planteamiento de un Plan de Acción y una Estrategia Nacional para su manejo racional y eliminación, en el marco de los Convenios de Estocolmo, Basilea y Róterdam

Específicos

- 1) Desarrollar la capacidad nacional en las instituciones involucradas en el tema, en cuanto al manejo ambientalmente racional de los PCB's, con la finalidad de fortalecer la implementación de los Convenios de Estocolmo, Basilea y Róterdam.
- 2) Realizar el inventario y cuantificación de existencia de transformadores con PCB's del 80% del volumen de aceite dieléctrico que potencialmente contiene PCBs en Guatemala.
- 3) Proporcionar las bases para la preparación de un plan de acción y una Estrategia Nacional para el manejo y eliminación de los equipos con PCB'S en Guatemala.
- 4) Documentar el trabajo desarrollado con PCB's, de tal manera que sea útil en el manejo de otros contaminantes orgánicos persistentes, así como para cualquier otra sustancia con similares características.

- 5) Promover el establecimiento de un marco regulatorio nacional, adecuado para el manejo ambientalmente racional de sustancias peligrosas.
- 6) Elaborar un manual de manejo ambientalmente racional de equipos eléctricos que contengan PCB's.

INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país asediado por la pobreza, esto influye directamente en el bajo nivel académico en el sector técnico, derivado de la escasez de oportunidades y en ocasiones de la falta de incentivos para que las personas dediquen tiempo a la superación académica. Este problema afecta actividades fundamentales como lo es la distribución y generación de energía eléctrica que requieren de personal capacitado y entrenado de manera adecuada para fortalecer las instituciones locales frente a empresas que presentan administraciones globales, y que por ende tienen todas los recursos para ser altamente rentables.

Esta característica, hace a nuestro país débil para enfrentar problemas derivados del crecimiento industrial en el que se está desarrollando nuestro planeta, problemas como la contaminación del medio ambiente y el decremento de la calidad de vida de los ciudadanos, producidos por el mal manejo de sustancias tóxicas utilizadas en la industria y de especial interés en equipos de potencia, como lo son los transformadores y capacitores eléctricos.

Una de estas sustancias tóxicas, son los Bifenilos Policlorados o PCBs, que forman parte de la docena sucia considerada en el Convenio de Estocolmo. Debido a su inadecuado manejo son culpables de la contaminación de aguas, cadena alimenticia y por último afectan la salubridad ciudadana.

El PNUMA ha dado su apoyo a la región centroamericana para el desarrollo de proyectos relacionados con la eliminación de PCB a nivel mundial, el Proyecto Nacional de Inventario de Bifenilos Policlorados y equipos que los contengan en Guatemala, está siendo ejecutado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, con el apoyo de la Secretaria del Convenio de Basilea.

El Ministerio de Ambiente ha coordinado con diferentes sectores e instituciones gubernamentales, para la ejecución de éste proyecto y de especial importancia el sector académico, tal es el caso de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que por medio de acuerdo firmado entre la Facultad de Ingeniería y el MARN, ha puesto a disposición el recurso humano calificado para la ejecución del proyecto.

En el marco del Proyecto Nacional de Inventario de Bifenilos Policlorados en Guatemala, se han realizado inspecciones a nivel nacional, cubriendo el ochenta por ciento del sector eléctrico guatemalteco, con la finalidad de obtener datos que nos permitan estimar las condiciones guatemaltecas en cuanto a existencia de PCBs en el territorio nacional se refiere.

La falta de interés en actividades para el mejoramiento de nuestro entorno ambiental, ha sido el principal obstáculo para la obtención de datos y acceso a instituciones poseedoras de equipos eléctricos de potencia. La falta de regulación nacional para el manejo adecuado de dicha sustancia, incrementa las dificultades para el acceso a información de equipos susceptibles de contener PCB.

Presentamos entonces, un informe detallado que abarca desde los antecedentes de los PCBs en el mundo, hasta las condiciones en que se encuentra Guatemala, con relación al manejo equipos eléctricos de potencia sumergidos en aceite, susceptibles de estar contaminados con PCB.

1. LOS CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES

La mayoría de los COPs son compuestos organoclorados. La química del cloro produce más de 11.000 compuestos organoclorados, la mayoría dañinos para las personas, los animales y el medio ambiente en general. Los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs), POPs por sus siglas en inglés (Persistent Organic Pollutants), son sustancias químicas extraordinariamente tóxicas y duraderas.

Los contaminantes orgánicos persistentes tienen las siguientes propiedades:

- **Son Persistentes**, es decir no se descomponen con facilidad.
- **Son Orgánicos**, su estructura molecular está basada en el carbono.
- **Es Contaminante**, debido a ser muy tóxico en el ambiente y a la salud humana.
- **Son solubles en grasas**, por consiguiente se acumulan en los tejidos vivos.
- **Pueden viajar grandes distancia**, por lo que se han encontrado rastros de COPs lejos de los lugares de fabricación y de uso.

Estas cinco propiedades juntas los hacen muy peligrosos. La aleatoriedad aparente de la amenaza se agrava por el hecho de que la lesión o efectos, a menudo tardan en aparecer o son indirectos. Los productos químicos sumamente tóxicos pueden pasar su tiempo de descomposición envenenando a sus víctimas de maneras tales que son muy difíciles de identificar.

Los productos organoclorados son muy estables, y de ahí el atractivo de su fabricación, en contraparte ésta estabilidad los hace difíciles de eliminar sin producir más contaminación en el proceso. Tienden a ser solubles en las grasas, lo que significa que se bioacumulan, muchos tienen una toxicidad crónica, lo que significa que aunque la exposición a corto plazo frecuentemente no sea peligrosa, a largo plazo sí lo es.

Ciertamente no es necesario que un producto tenga cloro para que sea un COP. Entre los COP sin cloro hay varios organometales (usados, por ejemplo, en pinturas de barcos) y organobromuros (usados como plaguicidas y como aislantes líquidos en equipos eléctricos). Pero la mayoría de los COP conocidos son organoclorados. Los plaguicidas organoclorados son los COP más notorios.

La convención de Estocolmo contiene una lista inicial de COPS de preocupación mundial que se caracterizan por ser:

- De origen antropogénico
- Tienen potencial de afectar adversamente la salud y el ambiente
- Son persistentes ya sea en el agua, aire, suelo o biota
- Se concentran en el ambiente a niveles preocupantes bajo circunstancias en las que especies mayores acumulan COP mediante la ingestión de organismos contaminados con COPS (bioacumulación)
- Se desplazan a largas distancias del lugar de origen.

1.1. La docena sucia

El Convenio de Estocolmo persigue la eliminación total de 12 de estas sustancias ("**la docena sucia**"). Para ello, se acuerdan una serie de medidas dirigidas a la sustitución de los productos y procesos que las generan, así como un procedimiento de identificación de nuevos COPs.

La docena sucia es compone así:

- Los Plaguicidas: Aldrin, Dieldrin, Clordano, DDT, Endrin, Heptacloro, Hexaclorobenceno, Mirex y Toxafeno.
- La Sustancias Químicas Industriales: Hexaclorobenceno (HCB), **Los Bifenilos Policlorados (PCBs)**.
- Los productos secundarios no intencionales: Dioxinas y Furanos.

Estas sustancias tóxicas se caracterizan por su capacidad de viajar grandes distancias, por medio del ciclo del agua y la bioacumulación a la que se prestan, han sido encontradas a miles de kilómetros de las fuentes que los originan y permanecer inalterables durante mucho tiempo como es el caso del Mirex que persiste durante 600 años en el suelo, el Hexaclorobenceno por más de 100 años en el agua.

Contaminan los alimentos, especialmente la leche y sus derivados, la carne, que al ser ingeridos por el ser humano se concentran en sus tejidos grasos, atraviesan la placenta y se transfieren al feto, son excretados por la leche materna a los lactantes, es decir tienen un efecto transgeneracional, amenazando el derecho de las mujeres de proteger su salud reproductiva y la de sus hijos¹.

¹ Álvarez Comunas, Iván. Gabinete de Salud Laboral de UGT - Asturias

1.2. Usos de los COPS

Hexaclorobenceno (HCB): Fungicida usado para el tratamiento de semillas de trigo, cebolla, sorgo. Se encuentra como impureza en varias formulaciones de plaguicidas. También es un producto industrial secundario.

Endrin: Insecticida usado principalmente en campos de cosechas de algodón y granos. Usado como raticida para controlar ratones y topes. También usado para combatir aves.

Mirex: Insecticida estomacal usado para combatir hormigas desfoliadoras, termitas, hormigas arrieras. También usado como retardador de fuego en plásticos, caucho, materiales eléctricos.

Toxafeno: Una mezcla de más de 670 sustancias químicas, es usado como insecticida principalmente en el control de insectos de algodón y otros cultivos. Además es usado en el control de garrapatas y ácaros en el ganado y matar peces indeseables en lagos.

Clordano: Insecticida de contacto de amplio espectro, usado en cultivos agrícolas incluyendo vegetales, granos pequeños, maíz, papas, caña de azúcar, frutas, nueces, cítricos, algodón y yute. Usado en céspedes residenciales y jardines. También usado en el control de termitas.

Heptacloro: Insecticida estomacal y de contacto, usado principalmente contra insectos de suelo y termitas. También se usa contra insectos de algodón, saltamontes, algunas plagas de cultivos y para combatir el paludismo.

DDT²: Insecticida usado en cultivos agrícolas, particularmente algodón. Actualmente se usa especialmente como control de vectores.

Aldrin y Dieldrin: Insecticidas usados en cultivos de maíz, papas y algodón. También usado para el control de termitas.

Bifenilos Policlorados (PCBs): Utilizados en una variedad de usos industriales, incluyendo transformadores eléctricos, capacitores o condensadores eléctricos, fluidos de intercambio de calor, aditivos para pintura, en papel para copias sin carbón y en plásticos.

Hexaclorobenceno (HCB): Una sustancia química industrial utilizada para hacer fuegos artificiales, municiones y caucho sintético. También es un producto secundario de la manufactura de sustancias químicas industriales incluyendo el tetracloruro de carbono, percloroetileno, tricloroetileno y pentaclorobenceno.

Dioxinas: No son producidas comercialmente de manera intencional y no se sabe que tengan ningún uso. Son los productos secundarios resultantes de la producción de otras sustancias químicas, como plaguicidas, cloruro de polivinilo y otros solventes clorados.

Furanos: Uno de los contaminantes principales de los PCBs. Producto secundario frecuentemente enlazado a la dioxina. Son de hecho un grupo consiste de 115 congéneres con los mismos efectos biológicos que las dioxinas pero menos potentes.

² DDT: 1,1,1-tricloro-2, 2-bis(4-clorofenil) etano

Las dioxinas y furanos también se originan en procesos de incineración de desechos hospitalarios, municipales, emisiones de vehículos, incineración de solventes y plásticos (polivinil cloruro), quema de llantas. Las dioxinas y furanos también se originan en procesos de producción de gas cloro, blanqueo de pulpa de papel con gas cloro, producción de hidrocarburos aromáticos clorados, producción de solventes clorados (tetracloroetileno, tetracloruro de carbono). Las dioxinas se forman en procesos de fundición de metales, en refinerías y hornos de cemento. También se originan en incendios forestales, quema de madera tratada con preservantes clorados, fundición y reciclado chatarra.

1.3. Categorías de fuentes

1.3.1. Fuentes directas o de liberación elevada

Las dibenzoparadioxinas y los dibenzofuranos policlorados, el hexaclorobenceno, y los PCBs se liberan de forma no intencionada a partir de procesos térmicos, que comprenden materia orgánica y cloro, como resultado de una combustión incompleta o de reacciones químicas. Las siguientes categorías de fuentes industriales tienen un potencial de formación y liberación relativamente elevadas de estos productos químicos al medio ambiente:

- a) Incineradoras de desechos, incluidas las coincineradoras de desechos municipales, peligrosos o médicos o de fango cloacal³.
- b) Desechos peligrosos procedentes de la combustión en hornos de cemento.
- c) Producción de pasta de papel utilizando cloro elemental o productos químicos que producen cloro elemental para el blanqueo.
- d) Procesos térmicos de la industria metalúrgica.

³ Los desechos a incinerar contienen gran cantidad de productos plásticos que generan dioxinas en su combustión.

1.3.2. Fuentes menos intensivas

Pueden también producirse y liberarse en forma no intencionada dibenzoparadioxinas y dibenzofuranos policlorados, hexaclorobenceno y bifenilos policlorados a partir de las siguientes categorías de fuentes, en particular:

- a) Quema a cielo abierto de desechos, incluida la quema en vertederos.
- b) Procesos térmicos de la industria metalúrgica no mencionados en la parte.
- c) Fuentes de combustión domésticas.
- d) Combustión de combustibles fósiles en centrales termoeléctricas o calderas industriales.
- e) Instalaciones de combustión de madera u otros combustibles de biomasa.
- f) Procesos de producción de productos químicos determinados que liberan de forma no intencional contaminantes orgánicos persistentes formados, especialmente la producción de clorofenoles y cloranil.
- g) Crematorios.
- h) Vehículos de motor, en particular los que utilizan gasolina con plomo como combustible.
- i) Destrucción de carcasas de animales.
- j) Teñido (con cloranil) y terminación (con extracción alcalina) de textiles y cueros.
- k) Plantas de desguace para el tratamiento de vehículos una vez acabada su vida útil.
- l) Combustión lenta de cables de cobre.
- m) Desechos de refinerías de petróleo.

1.4. Repercusiones en la salud y el medio ambiente

Aunque los COP son tóxicos por definición, sus efectos en la salud y los impactos ambientales a largo plazo en gran parte se desconocen.

La característica esencial de los COPs es su alto riesgo para el medio ambiente y la salud de las personas. En concentraciones extraordinariamente bajas, son capaces de inducir trastornos hormonales, nerviosos, inmunológicos y reproductivos, así como cánceres y tumores de múltiples tipos en hombres y mujeres. El daño que causan no se expresa en la población adulta expuesta a ellos, sino en la generación siguiente: los COPs presentes en el cuerpo de la madre son transferidos a través de la placenta al feto en desarrollo y a través de la leche materna al lactante, provocando daños en etapas vulnerables del desarrollo que pueden expresarse cuando el niño alcanza la pubertad o la edad adulta.

Estas sustancias afectan la salud humana y el ambiente por períodos largos. Existen evidencias que asocian la exposición humana a COPS con efectos en la salud, incluyendo lo siguiente:

- Cáncer y tumores en múltiples lugares
- Desórdenes de aprendizaje y cambios de temperamento
- Cambio en los sistemas inmunológicos
- Déficit reproductivo y desórdenes sexuales relacionados
- Menor período de lactancia
- Enfermedades como la endometriosis e incremento de la diabetes entre otras.

Mujeres, niños y lactantes son los más vulnerables a ciertos efectos producidos por los COPS.

Las investigaciones asociadas a los efectos en la salud continúan y se requiere mayor documentación en muchos países del mundo así como más investigaciones, sin embargo se ha considerado que la evidencia es suficiente para tomar acción a nivel mundial con el Convenio de Estocolmo.

Asimismo, los científicos han comprobado que los COPS se encuentran en la comida humana. Se han encontrado COPS en los tejidos humanos y en las muestras de sangre. Algunos grupos humanos son más sensibles a la contaminación por COPS, por ejemplo, los agricultores, pescadores y a veces cazadores de subsistencia.

La función hormonal también es afectada por estas sustancias que son conocidas como disruptores hormonales o endocrinos, inhibiendo o imitando la acción de las hormonas como la tiroides y hormonas sexuales como la testosterona provocando desarrollo sexual anormal, crecimiento alterado de los testículos, feminización, disminución de la fertilidad, riesgo de aborto, mal funcionamiento de los ovarios, endometriosis (afección uterina dolorosa y grave).

Asimismo, la fauna silvestre expuesta a COPS exhibe diversos tipos de daños:

- Fracaso reproductivo y declinación de la población
- Funcionamiento anormal de la tiroides y otras hormonas
- Feminización de machos y masculinización de hembras.
- Afectación de sistema inmunológico
- Anormalidades en el comportamiento.
- Tumores y cáncer
- Defectos de tamaño de nacimiento.

1.5. Alternativas para los COPs

A continuación se listan algunas alternativas que pudieran aplicarse en lugar de los COPs:

- En lugar de DDT implementar programas de control integral del mosquito y del paludismo: insecticidas alternativos, repelentes botánicos mejoramiento de vivienda, detección y tratamiento oportuno de enfermos.
- En lugar de plaguicidas químicos, fomentar el manejo ecológico de plagas: control biológico, insecticidas botánicos, fertilización biológica, rotación y asociación de cultivos.
- En lugar de utilizar equipos con aceites a base de cloro, utilizar aceites de tipo mineral.
- Evitar la incineración de residuos clorados presentes en los desechos hospitalarios, residuos peligrosos y basura urbana; y apoyar programas de producción más limpia y tecnologías de tratamiento que no produzcan dioxinas.
- Usar gas en lugar de residuos peligrosos como combustible en hornos de cemento.

1.6. El porqué de un tratado internacional

Los contaminantes orgánicos persistentes cruzan las fronteras de los países y pueden alterar ecosistemas y afectar la salud humana en lugares distantes del lugar de origen e incluso en zonas más allá de la jurisdicción nacional, especialmente en el ambiente marino. Los gobiernos que más dependen de los recursos marinos han sido los más interesados en promover un acuerdo internacional.

Sin embargo, si los COPS contribuyen a dañar la fauna silvestre y la salud humana a largas distancias del lugar del origen, estos mismos COPS deben causar daños significativos a la gente y a los animales que viven cerca. Los trabajadores y las comunidades también requieren de protección frente a los COPS y tendrían que requerir más urgentemente protección que las personas y animales que se encuentran a larga distancia afectados. Los niños sufren también problemas de aprendizaje cuando las madres han sido expuestas prenatalmente a COPS.

Por tal razón, el Convenio de Estocolmo ha considerado que el cumplimiento de los compromisos de los países en desarrollo dependerá del cumplimiento efectivo de los compromisos de los países desarrollados en relación con los recursos financieros, asistencia técnica y transferencia de tecnología.

1.6.1. Medidas contenidas en la Convención de Estocolmo para COPS

Para lograr la protección de la salud humana y el medio ambiente frente a los contaminantes orgánicos persistentes, se procederá a:

- La eliminación de 7 pesticidas, un fungicida y bifenilos policlorados contenidos en el anexo 1 prohibiéndose su producción, uso, importación y exportación
- La reducción del uso del DDT así como de dioxinas y furanos policlorinados que se generan por procesos de combustión y utilización de algunos químicos
- Identificación de COPS en productos y residuos que deberán ser destruidos eliminando su contenido contaminante. Esto incluye también la identificación de lugares contaminados con COPS.

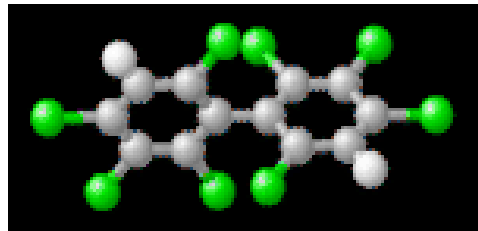
El DDT también se usa como insecticida pero no será eliminado debido a que se utiliza para eliminar vectores como la malaria. La Convención obliga a eliminar el uso agrícola del DDT y permite su uso para control de vectores en concordancia con las directrices de la Organización Mundial de la Salud. Sin embargo, cada país deberá reportar cada 3 años los montos de DDT utilizado, sus condiciones de uso y la necesidad de utilizarlo.

1.7. Los Bifenilos Policlorados (PCBs)

En cuanto a los bifenilos policlorados, se trata de químicos usados en la industria desde 1930 y existen unas 209 variedades y la mayoría de sus aplicaciones comerciales han involucrado mezclas de todas estas variedades. También se prohíben bajo la Convención de Estocolmo su producción, uso, importación y exportación. Su uso ha sido fundamentalmente para transformadores y capacitores eléctricos, fluidos hidráulicos así como aditivos en pinturas y plásticos. **Su eliminación total deberá lograrse antes del año 2025.**

Los Bifenilos Policlorados, Clorobifenilos, PCB's, o Askareles forman parte de la llamada "docena sucia" junto con otros compuestos nocivos, son sustancias que no se encuentran naturalmente en el ambiente, sino que son generadas en procesos tecnológicos.

Figura 1 Molécula de Bifenilo Policlorado.



Fuente: www.pops.int

Se definen como un compuesto químico que comprende la molécula Bifenílica Policlorada $C_{12}H_{10-n}Cl_n$ (n máximo 10), y cuyas propiedades dependen de la cantidad y posición de los átomos de cloro en la molécula.

El Convenio de Basilea⁴ ha definido a los PCB como sustancias o material con una concentración de PCB superior a 50 ppm (50 mg/7kg). Debe asumirse además que los artefactos no identificados contienen PCB hasta su posterior identificación realizada por ensayos en laboratorios de análisis. Esta definición es importante porque incluye:

- Transformadores aislados con PCB.
- Transformadores de aceites minerales que contienen PCB con una concentración superior a 50 ppm.
- Capacitores eléctricos de potencia.
- Interruptores eléctricos.
- Aisladores en estaciones de distribución de alto voltaje.
- Aceites usados que contengan PCB en una concentración superior a 50 ppm.
- Solventes de limpieza de circuitos magnéticos.
- Sólidos contaminados como alfombras, guantes, botas.

Su principal uso fue como refrigerante de transformadores, estos equipos en servicio tienen pérdidas de energía, las que se convierten en calor, a fin de que el calor producido no supere los niveles tolerados por los distintos componentes del transformador, es necesario evacuarlo al medio exterior, para lo cual se sumerge en una cuba llena de aceite refrigerante.

⁴ Convenio de Basilea referente al control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su disposición final. Acuerdo Legislativo No. 3-95.

Las sustancias de elección para esta función fueron los PCB's por su elevada constante dieléctrica con respecto a los aceites minerales y por ser no combustibles, también encuentran aplicación como aislantes para capacitores y termostatos, como plastificantes para material sintético y como impregnantes para madera y papel.

1.7.1. Aplicaciones abiertas de los PCBs

Antes de 1976, los PCB eran parte de la composición de muchos productos. Algunos de sus usos fueron:

- Enlazantes o plastificantes en barnices.
- Ceras.
- Pinturas.
- Tintas.
- Gomas.
- Papel copiante, etc.

También se encontraban en varios otros productos como:

- Insecticidas
- Envases
- Aceites lubricantes y de corte.

1.7.2. Aplicaciones cerradas de los PCBs

Debido a su considerable potencial dieléctrico, su alta capacidad de absorción de calor y sus propiedades de resistencia al fuego (combustión arriba de 400° C), se utilizan como:

- Fluidos dieléctricos (resistentes al fuego) en transformadores y, por lo tanto, mezclas con clorobencenos, en condensadores, interruptores, etc.
- Refrigerantes en lugares donde no es admisible el riesgo de incendio como en el transporte en barco de productos inflamables
- Fluidos hidráulicos por razones de seguridad donde hay consideraciones de calor, por ejemplo, en algunas instalaciones mineras.

Los tipos de equipos eléctricos de potencia fabricados con PCB fueron:

- Transformadores aislados con PCB
- Condensadores
- Interruptores de energía eléctrica
- Unidades de distribución
- Aislante en unidades de distribución de muy alto voltaje⁵

En nuestro estudio son de especial importancia las aplicaciones cerradas, pues son las referentes a equipos eléctricos, mencionaremos a continuación generalidades de dichas aplicaciones, dejando el detalle de las mismas para secciones específicas.

1.7.2.1. Condensadores Eléctricos fabricados con PCBs

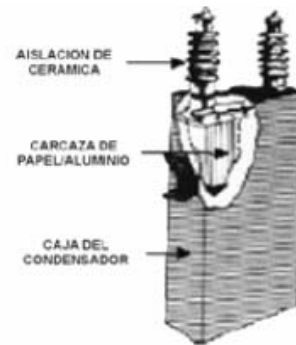
El tamaño de estos condensadores varía en gran medida, desde el de un cubo de hielo hasta el de un refrigerador.

⁵ Compilation of PCB transformer Manufacturers. UNEP. Primera Edición.

Frecuentemente pueden reconocerse por las letras “kVAR” en su placa de identificación. Estas letras muestran la clasificación eléctrica de un capacitor, que usualmente esté posicionado entre 5 y 200 KVA. En la realidad, en todos los condensadores fabricados entre 1930 y 1977; utilizan como sustitutos de líquidos dieléctricos PCB.

En el caso de condensadores eléctricos existen dos posibilidades: haber sido fabricados con PCB o bien haber sido fabricados con otro tipo de dieléctrico. Debido a que son equipos sellados, no requieren mantenimiento y su manejo y riesgos de contaminación cruzada son relativamente bajos en comparación con los transformadores de potencia fabricados con PCB o con aceite mineral con concentraciones importantes de PCB (arriba de 50 ppm).

Figura 2: Detalle de un condensador eléctrico.



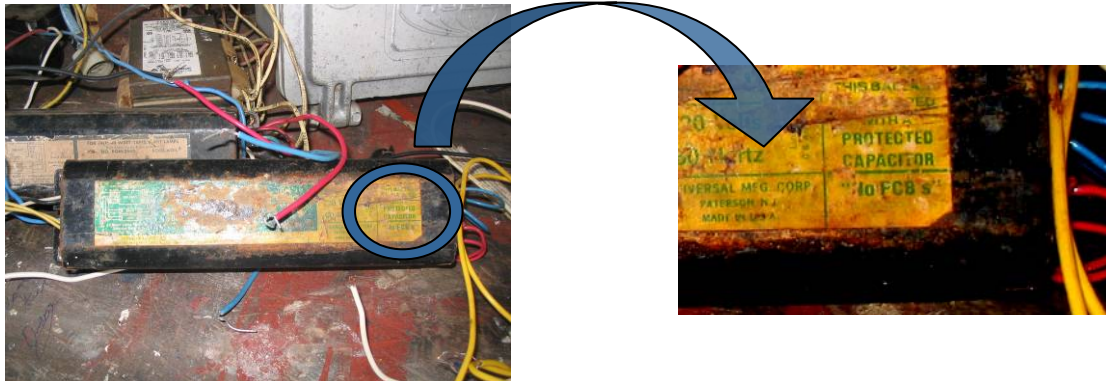
Fuente: Manual de Capacitación Serie Convenio de Basilea 01/2003.

1.7.2.2. Luces de balastro que contienen PCBs

Las luces de balastro aseguran que se esté suministrando el voltaje correcto para el funcionamiento de una luz fluorescente. Los condensadores que contienen PCB en estos balastros generalmente están encajados en un compuesto de asfalto ubicado en una caja de acero dentro de la luz fluorescente. Estos condensadores tienen dos terminales eléctricas en el extremo de una camisa metálica sellada herméticamente. Un capacitor convencional utilizado para iluminar una oficina con luz fluorescente contiene aproximadamente 25 gramos de PCB.

Los condensadores de PCB utilizados en luces de alta intensidad contienen entre 91 y 386 gramos de PCB. Estas luces de balastro fluorescentes han sido fabricadas sin PCB desde 1978.

Figura 3 Balastros de desecho antiguos.



Fuente: Información de campo proyecto PCB Guatemala

Como regla general a partir de 1975 los equipos fueron fabricados con rotulación de PCB.

1.7.2.3. Transformadores Eléctricos que contienen PCBs

El principal uso de los PCBs fue como refrigerante de transformadores, éstos equipos en servicio tienen pérdidas de energía, las que se convierten en calor, a fin de que el calor producido no supere los niveles tolerados por los distintos componentes del transformador, es necesario evacuarlo al medio exterior, para lo cual se sumerge en una cuba llena de aceite refrigerante, las sustancias de elección para esta función fueron los PCB's por su elevada constante dieléctrica con respecto a los aceites minerales y por ser no combustibles, también encuentran aplicación como aislantes para capacitores y termostatos, como plastificantes para material sintético y como impregnantes para madera y papel.

De preferencia se usaba aceite a base de PCB en equipos a instalar en sótanos por representar bajo riesgo en caso de incendio, incluso en transformadores de distribución para montar en poste.

Figura 4. transformador trifasico fabricado con PCB



Fuente: PCB-GUATE

1.7.3. Definición de propietario de PCB

El propietario de PCB es cualquier individuo o entidad legal que tenga en su propiedad y/o para su propio uso artefactos eléctricos, contenedores, desechos y áreas contaminadas que contengan PCB⁶.

1.7.4. Propiedades Físico-Químicas de los PCBs usados en equipos eléctricos

Las propiedades varían apreciablemente de acuerdo con su contenido de cloro.

⁶ Proyecto PCB Guatemala.

- Los PCB están bajo la forma de líquidos viscosos o incluso resinas. Son incoloros o amarillentos y tienen un olor fuerte en comparación con el aceite mineral.
- Los PCB son virtualmente insolubles en agua – particularmente aquéllos con alto contenido de cloro – pero, en contraste, son levemente solubles en aceite y altamente solubles en la mayoría de los solventes orgánicos.
- La luz no afecta a los PCB.
- Tiene alta estabilidad frente al calor, lo cual aumenta con el contenido de cloro, y solamente se descomponen a muy altas temperaturas (> 1.000 °C).
- Los PCB tienen un alto nivel de inercia química y son altamente resistentes a agentes químicos como ácidos, bases y oxidantes, debido a su contenido de cloro.
- A pesar de que no afectan metales básicos, disuelven o suavizan algunas gomas o plásticos.
- Tienen densidad desde 1.3 a 1.5 dependiendo de la concentración de cloro, por lo que se consideran pesados en comparación con dieléctricos minerales.

1.7.5. La producción de los PCBs

Se empezaron a fabricar a escala industrial en 1929 en Monsanto, E.E.U.U. y se utilizaron intensamente entre los años de 1930 a 1989 a nivel mundial.

- En 1970, la EPA⁷ inicia estudios sobre los PCBs.
- En 1976 se prohíbe la producción comercial de todos los PCBs en los E.E.U.U.

⁷ EPA: Por sus siglas en inglés Agencia de Protección del Medio Ambiente. EEUU

- Entre 1929 y 1977 se calcula que se produjeron aproximadamente 555,000 toneladas de PCBs, solo en los E.E.U.U.

Algunos de los principales países productores de PCB fueron: Austria, China, Checoslovaquia, Francia, Alemania, Italia, Japón, Rusia, España, Reino Unido y Estados Unidos.

1.7.6. Medidas de control para los PCBs en algunos países industrializados

Suiza (1986) Está prohibida la fabricación, adquisición, importación y utilización de PCB y productos que contengan esta sustancia, exceptuándose únicamente la importación de desechos para su eliminación.

Canadá (1977-85) La utilización de los PCB se autoriza únicamente para los condensadores, transformadores y mecanismos de manejo asociados que ya se encontraban en Canadá antes del 1.º de julio de 1980, así como para el funcionamiento de otros equipos que se especifican y que se hallasen antes del 1.º de septiembre de 1977 (1977). Prohibida la publicidad, venta o importación de líquidos que contengan PCB y destinados a la microscopia, inclusive aceites de inmersión pero excluidos los aceites de índice de refracción (1985). La concentración máxima de PCB que pueden contener ciertos productos es de 50 ppm por peso (1985).

Países de la CEE⁸ (1988) No se autoriza el uso de PCB, exceptuados los bifenilos mono y diclorados, o las preparaciones, inclusive aceites usados, cuya concentración de PCB sea superior a 0,01 % por peso.

E.E.U.U. (1982) Hay una prohibición general de fabricación, procesado, distribución comercial y uso de PCB. Pero se permite la fabricación en procedimientos cerrados y en procedimientos de fabricación que comprendan la vigilancia de los desechos y en los que las concentraciones de PCB liberadas sean inferiores a unos límites especificados de cuantificación practicables.

Para ciertos aparatos eléctricos que utilizan un líquido dieléctrico que contenga PCB, se especifican unas exigencias en lo que respecta a su utilización, mantenimiento, inspección, vigilancia y mantenimiento de registro. Los desechos que contengan concentraciones de PCB superiores a cierto nivel deberán ser eliminados en incineradores apropiados o en vertederos aprobados, o bien almacenados de una forma que se especifica.

Argelia (1987) Se prohíbe su uso en los nuevos aparatos eléctricos. Se prohíbe asimismo la reparación de aparatos eléctricos que utilicen aceites que contengan PCB. Se reglamentan los aparatos eléctricos que estén en funcionamiento, almacenados o desechados. Se reglamenta el transporte y el almacenamiento. Está totalmente prohibida su evacuación a la naturaleza.

Chile (1982) Está prohibido el uso de PCB en los equipos eléctricos.

Suecia (1973) Sin la autorización del Consejo de Vigilancia de Productos: - no se pueden importar o manejar PCB; - no se pueden ofrecer para su venta, transportar o poner en funcionamiento transformadores y condensadores de capacidad superior a 2 kilovoltios-amperios que contengan PCB; - no deben ofrecerse para su venta, transportarse o utilizarse profesionalmente los productos con PCB de los siguientes tipos:

⁸ Países de la CEE: Alemania, Bélgica, Dinamarca, España, Francia, Grecia, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Países Bajos, Portugal y Reino Unido.

Pinturas, tintas de imprenta, productos de calafateo o impermeabilizantes, aceites hidráulicos, aceites lubricantes, lubricantes para cortar, medios para la transferencia de calor, condensadores independientes de 2 kilovatios-amperio o menos.

Japón (1981) Están prohibidas la fabricación e importación sin autorización del Gobierno. Están prohibidos todos los usos no especificados por orden del Gabinete. Está prohibida la importación de productos especificados que contengan esta sustancia.

1.7.7. Razones por las cuales se restringió el uso de PCBs en aplicaciones cerradas

En 1976 se restringió el uso de PCB debido a sus principales desventajas:

- No son biodegradables.
- Se bioacumulan.
- Desde 1966 los científicos se dieron cuenta que los PCB son virtualmente indestructibles y se acumulan en las cadenas biológicas, por lo que dañan la salud del ambiente y de los seres humanos. Se encuentran en todos los escalones de la cadena alimenticia y estudios revelaron su presencia, particularmente, en tejido adiposo de especies vivientes al final de la cadena: peces, focas, pájaros y finalmente en humanos. Se encuentran los siguientes niveles de PCB en tejido adiposo humano:
 - 1mg/kg de PCB en Canadá
 - 8 mg/kg en Francia
 - hasta 10 mg/kg en Alemania (estudio realizado en 1977)
- Se encontraron trazas de PCB incluso en leche materna.

- En vista de estas observaciones, fue lógico que el uso de los PCB se restringiera a aplicaciones cerradas (con arreglos estrictos para asegurar que no hubiera liberaciones accidentales hacia la naturaleza y para recuperar, reparar, o destruir PCB usados, así como la carcasa de equipos que contienen PCB).
- Más del 90% ingerido atraviesa el intestino y es retenido en el organismo.
- El órgano más propenso para acumularse es el Hígado.

1.7.8. Efectos de los PCBs

1.7.8.1. Efectos de los PCBs en el ambiente

Muchas de las características de los PCBs que lo hacen ideal para la industria, lo hacen crear problemas en el ambiente cuando se descarga.

Hasta los accidentes de SEVESO (1976) y Times Beach, Missouri (1971) se iniciaron las investigaciones sobre las consecuencias de las contaminaciones agudas o prolongadas. En YUSHO se envenenaron 1,800 personas por comer arroz contaminado con PCB causado por un derrame de un transformador.⁹

Los accidentes en mención son producto del inadecuado manejo de estas sustancias, pues en ese tiempo aún no se le daba la importancia debida a los bifenilos policlorados como agente contaminante.

⁹ Brailovsky, Antonio. "El negocio de Envenenar" . Buenos Aires. Editorial Fraterna. 1985
www.pilardetodos.com.ar

Agua: El ingreso se produce por lavado de la atmósfera, arrastrado por las precipitaciones.

Atmósfera: Llega por la evaporación favorecida por altas temperaturas.

Suelo: Se acumula en la capa de humus, desde donde se moviliza con dificultad.

Degradación: Se produce muy poca degradación y su persistencia aumenta en relación directa con el grado de cloración. No se produce una degradación por hidrólisis ya que son estables incluso en presencia de ácidos y álcalis fuertes.

La descomposición por oxidación solo se produce con gran consumo de energía. La biodegradación por acción de microorganismos se cumple en condiciones aeróbicas, la adsorción y/o la transición a condiciones anaeróbicas interrumpe completamente el proceso de descomposición del suelo. Los PCB con cinco o más átomos de cloro son bastante resistentes a la biodegradación, la media vida del producto en el suelo es de 5 años. Se filtran en el manto terrestre y pueden llegar a contaminar aguas subterráneas.

La mineralización solo es posible por efecto de una fuerte radiación con rayos ultravioletas. Por todo lo expuesto surge que el grupo de los Bifenilos Policlorados se caracteriza por su alta persistencia, sus efectos nocivos y su amplia gama de aplicaciones. La distribución en el medio ambiente de los PCBs esta relacionado con el ciclo del agua, en especial, los de altos valores de sustitución de cloro. Son bioacumulables, es decir, se van acumulando en la cadena alimenticia, estudios revelaron su presencia en especies vivientes al final de la cadena alimenticia; peces, focas, pájaros y finalmente humanos.

Sobre las plantas reducen la velocidad de división celular y la fijación de dióxido de carbono en las algas e inhiben el crecimiento en general.

1.7.8.2. Efectos en la salud humana

Estudios de casos de envenenamientos causados por absorción accidental de dosis de 800-1.000 mg de PCB/kg muestran que las primeras áreas en las que aparecen los síntomas son la piel (acné, hiperpigmentación) y los ojos (edema de párpados, lagrimeo de los ojos). Los síntomas más generales (fatiga, anorexia, pérdida de peso), desórdenes hepáticos, bronquitis, algunas neuropatías periféricas y disrupciones endocrinas completan el cuadro clínico. Estos síntomas retroceden después de cerca de un año.

Existen 3 maneras de exponerse a los PCBs:

- INGESTIÓN,
- INHALACIÓN Y
- ABSORCIÓN CUTÁNEA (a través de la piel)

El riesgo de intoxicación por inhalación es bajo dada su baja presión de vapor. El contacto con la piel y la ingestión puede tener consecuencias graves. Los principales puntos de ataque son el hígado y el sistema enzimático, cuando el hígado sufre severas lesiones, el paciente entra en coma y hasta puede producir la muerte.

En experimentos con animales se ha demostrado que ejercen efectos cancerígenos y teratógenos.

➤ **Efectos Agudos**

Son las reacciones fisiológicas que ocurren poco después de la exposición. Como por ejemplo:

- Irritación Cutánea (Acné, hiperpigmentación, etc.)
- Irritación Ocular por hipersecreción en

las glándulas lagrimales

- Dolor de cabeza y/o Fiebre
- Entumecimiento
- Desordenes del Hígado

➤ **Efectos crónicos**

Son las reacciones que ocurren después de una exposición prolongada.

- Trastornos inmunitarios
- Efectos sobre la reproducción
- Posible carcinógeno
- Trastorno del desarrollo neurológico

Debido a que son pocos solubles en el agua pero muy solubles en grasas, los PCBs se acumulan en el cuerpo en los tejidos adiposos.

➤ **Efectos toxicológicos**

- Desordenes de la piel
- Desordenes en el hígado
- Efectos Neuro musculares
- Otros desordenes viscerales
- Sistema Inmunológico

Figura 5. Irritación Cutánea causada por PCBs.



Fuente, Secretaria del Convenio de Basilea

- Desordenes Metabólicos
- Problemas reproductivos y anomalías fetales
- Carcinógenos y efectos citogenéticas

Estudios epidemiológicos indican que no hubo un aumento significativo de la incidencia de cáncer entre personas expuestas a PCBs. Sin embargo, se han encontrado tumores de piel, digestivos y hepáticos e incluso casos de leucemia, pero los análisis científicos han fallado en el momento de establecer vínculos entre los índices de aumento de cáncer de piel y de páncreas y la exposición ocupacional de las víctimas de PCBs.

La Agencia Internacional de Investigación sobre Cáncer (IARC), que es parte de la Organización Mundial de la Salud (OMS), mide el riesgo carcinogénico de varias sustancias químicas y las clasifica en dos grupos:

- Las que son “carcinógenos humanos” (grupo 1)
- Las que son “probables carcinógenos humanos” (grupo 2)

Asimismo el último grupo se subdivide en grupos A y B:

- Para el grupo 2A, la evidencia de carcinogenicidad es “bastante sólida”
- Para el grupo 2B, la evidencia es “menos sólida”

Los PCB se clasifican en el grupo 2 B.

Cuando los PCBs se descomponen por calor, producen al principio y por encima de todo cloro, gas clorhídrico y monóxido de carbono. Los vapores de gas clorhídrico pueden causar serias irritaciones del tracto respiratorio, de las áreas de piel expuestas, de mucosas (particularmente las de los ojos), y resultar en faringitis, laringitis, bronquitis e inflamación ocular. En concentraciones elevadas existe riesgo de edema pulmonar agudo. Por lo tanto, nunca se debería olfatear un equipo eléctrico que esté dañado.

1.7.9. Las Dioxinas y Furanos

Como se mencionó anteriormente, las dioxinas y furanos son contaminantes producto de la combustión de varios tipos de sustancias, entre ellas los PCBs.

Las dioxinas, cuya denominación química es dibenzo-p-dioxinas, son compuestos orgánicos formados por dos anillos de benceno unidos por un par de átomos de oxígeno.

Los furanos (dibenzo furanos), cuyas propiedades químicas son similares a las que presentan las dioxinas, son compuestos orgánicos heterocíclicos (sus moléculas contienen por lo menos un átomo que no sea de carbono), cuya estructura anular está formada por un átomo de oxígeno y cuatro de carbono.

En total se conocen 210 dioxinas y furanos. Es importante destacar que, a diferencia de los PCBs, las dioxinas y furanos no son productos fabricados a propósito por el hombre con fines utilitarios determinados. En la práctica, estas sustancias se generan involuntariamente, como subproductos no deseados durante la fabricación de herbicidas, conservantes de madera, antisépticos, pesticidas, productos de papel, etc., o durante reacciones químicas fuera de control. También se producen cuando se queman a temperaturas no muy elevadas, de 250 a 400 °C, diversas sustancias, tales como PCBs, plásticos, papel y madera. Asimismo, pueden formarse dioxinas luego de las combustiones.

Las dioxinas cloradas son algunos de los compuestos químicos más peligrosos conocidos hasta hoy. Entre ellas, la más conocida y más tóxica es la 2,3,7,8-tetracloro-dibenzo-p-dioxina (2,3,7,8-TCDD). Debido a sus riesgos, la presencia de dioxinas en efluentes gaseosos está limitada internacionalmente a 0,10 nanogramo por metro cúbico de descarga por chimeneas.

Es de destacar, y conviene tener en consideración que las dioxinas son más tóxicas que los PCBs, pero la cantidad de PCBs liberados al ambiente es mucho mayor. Al Incinerar PCBs a temperaturas entre 300 y 1000 grados centígrados en presencia del aire se forman dioxina y furanos.

Se cree que algunas dioxinas pueden formarse durante procesos de calentamiento en la naturaleza, como por ejemplo en los incendios forestales, ya que se las ha detectado en sedimentos, suelos y en ciertos tipos de vegetación. El aumento posterior de su presencia ambiental se debe a actividades humanas. Las dioxinas se encuentran generalmente en el aire, el suelo, los sedimentos y ciertos alimentos. La mayoría de las dioxinas ingresan al aire en pequeñas cantidades, generadas durante diversas combustiones, incluyendo las de líquidos refrigerantes de capacitores y transformadores con PCBs e incendios forestales.

En los organismos vivos se observa una fuerte acumulación de dioxinas a través de la cadena alimenticia. En algunos casos, se han observado factores de bioconcentración (que es la capacidad de ciertas sustancias de alcanzar concentraciones más elevadas en los organismos que en el agua, debida a su mayor afinidad con los tejidos vivos que con el agua), del orden de 2000 a 9000.

Las principales dioxinas son prácticamente insolubles en agua y en la mayoría de los compuestos orgánicos, pero son solubles en aceites. Esto hace que en los suelos resistan la dilución por el agua de lluvia y, si son absorbidas por el hombre o los animales, ingresen al tejido graso.

Además, los vientos transportan estas sustancias y las depositan sobre los suelos, edificaciones, pavimentos, hojas de las plantas y ríos y arroyos. La principal ruta o modo de ingreso de las dioxinas a las masas de agua se debe al desplazamiento de tierra erosionada a arroyos y ríos, y a la descarga de la precipitación pluvial caída sobre áreas urbanas.

Al presente, las principales posibilidades de exposición o contacto de los seres humanos con las sustancias mencionadas son las que se refieren a continuación:

- Alimentos ingeridos (carnes rojas, cerdo, pescados, leche, lácteos, verduras, etc.).
- Accidentes industriales o tecnológicos (incendios, derrames, etc.)
- Contacto por actividad laboral (industrial/tecnológica, etc.).
- Contaminación del aire y el ambiente.

1.7.10. Donde podemos encontrar los PCBs

En el área de potencia eléctrica, los desechos de PCB se agrupan en 3 Categorías:

- Líquidos de PCB puros (Ascarel, Piralina, así como cualquier otro nombre comercial de bifenilos policlorados).
- PCB sólidos (equipos y desechos contaminados)
- Suelos **contaminados con PCB**

Estas tres categorías son derivadas de la fabricación, uso y desecho inadecuado de equipos eléctricos o aceites dieléctricos de transformadores de potencia.

Se consideró por mucho tiempo que los equipos eléctricos con PCBs representaban un avance considerable frente a los de aceite, con su concomitante peligro de incendio. Las compañías aseguradoras contra riesgos de accidentes ocasionados por incendio y electricidad otorgaban descuentos de hasta el 10% sobre los precios de los equipos con aceite. Además, la normativa para edificios públicos de gran altura prohibía el uso de dieléctricos inflamables como los aceites. Al mismo tiempo, como las restricciones sobre las instalaciones de equipos con PCB aislados eran menos estrictas que las impuestas para aparatos aislados con aceites minerales, era más barato usar los aislados con PCB, aún cuando los PCBs propiamente costaban un 25 % más que los aceites minerales:

- No había necesidad de protección contra el fuego porque los PCBs no son inflamables. No es necesario rellenar el refractario ni los sistemas de extinción.
- Había rebajas en el precio de los cables eléctricos y menores pérdidas en la red principal de electricidad, dado que los equipos eléctricos con PCBs pueden ser ubicados cerca del área de uso, lo que significa que los cables de baja tensión no necesitan ser muy largos.

Tabla I Sectores usuarios de equipos susceptibles de contaminación con PCB

Sectores	Usos
Eléctrico (incluyendo distribución)	Transformadores Grandes condensadores Condensadores pequeños Interruptores Reguladores de voltaje Cables rellenos de líquido Interruptores de circuito Electroimanes

Continuación

<p>Instalaciones industriales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Metal: aluminio, cobre, hierro, acero. • Cemento • Química • Plásticos • Refinerías de petróleo 	<p>Transformadores, grandes Condensadores, Condensadores pequeños, Fluidos Refrigerantes Fluidos hidráulicos (equipos) Reguladores de voltaje, Interruptores de circuito, Electroimanes</p>
<p>Ferrocarril</p>	<p>Transformadores Grandes condensadores Reguladores de voltaje Electroimanes</p>
<p>Operaciones mineras subterráneas</p>	<p>Transformadores Condensadores Fluidos hidráulicos (equipos) Tomas de tierra</p>
<p>Edificios comerciales y residenciales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hospitales • Oficinas • Escuelas • Comercios • Residencias 	<p>Pequeños condensadores (en lavadoras, secadoras de pelo...) Interruptores de circuito Electroimanes</p>
<p>Instalaciones militares</p>	<p>Transformadores Grandes condensadores Condensadores pequeños Interruptores de circuito Reguladores de voltaje Fluidos hidráulicos (equipos)</p>
<p>Laboratorios de investigación</p>	<p>Bombas de vacío Balastos de lámparas fluorescentes Pequeños condensadores Interruptores de circuito</p>
<p>Fabricación de componentes electrónicos</p>	<p>Bombas de vacío Balastos de lámparas fluorescentes Pequeños condensadores Interruptores de circuito</p>
<p>Plantas depuradores de aguas residuales</p>	<p>Bombas de vacío Motores de pozos</p>
<p>Talleres de reparación y mantenimiento de automóviles</p>	<p>Aceites usados</p>
<p>Vertederos y plantas de gestión de residuos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Residuos urbanos e industriales • Chatarrerías 	<p>Aparatos y equipos desguazados Escombras Chatarras, vertidos</p>

Fuente: ISTAS - Revista Por Experiencia - Estefanía Blount, Dolores Romano

2. TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS Y LOS PCB

El estudio de la situación de los PCB en Guatemala se centra en equipos eléctricos de potencia, como los son; transformadores y capacitores. Si bien es verdad que se utilizaron en la fabricación de muchos otros equipos y aplicaciones, debido a la vida útil de los equipos y aplicaciones en mención, en la actualidad son de importancia únicamente los equipos de potencia.

Antes de entrar de lleno al uso de PCBs en transformadores de potencia, desarrollaremos las generalidades de los equipos en mención.

Los transformadores eléctricos según su fabricación pueden ser:

- Secos
- Sumergidos en aceite
- Con Gas (SF₆) que recientemente se identificó como contaminante.

En términos generales, un transformador está compuesto de las siguientes partes, que hay que tomar en cuenta al retirarlo de servicio:

- una cuba metálica;
- un núcleo de acero magnético (láminas ensambladas);
- bobinas de cobre, cubiertas con una capa aislante de resina o papel;
- separadores de madera de diversas formas (son porosos y pueden absorber el aceite dieléctrico);
- aceite dieléctrico.

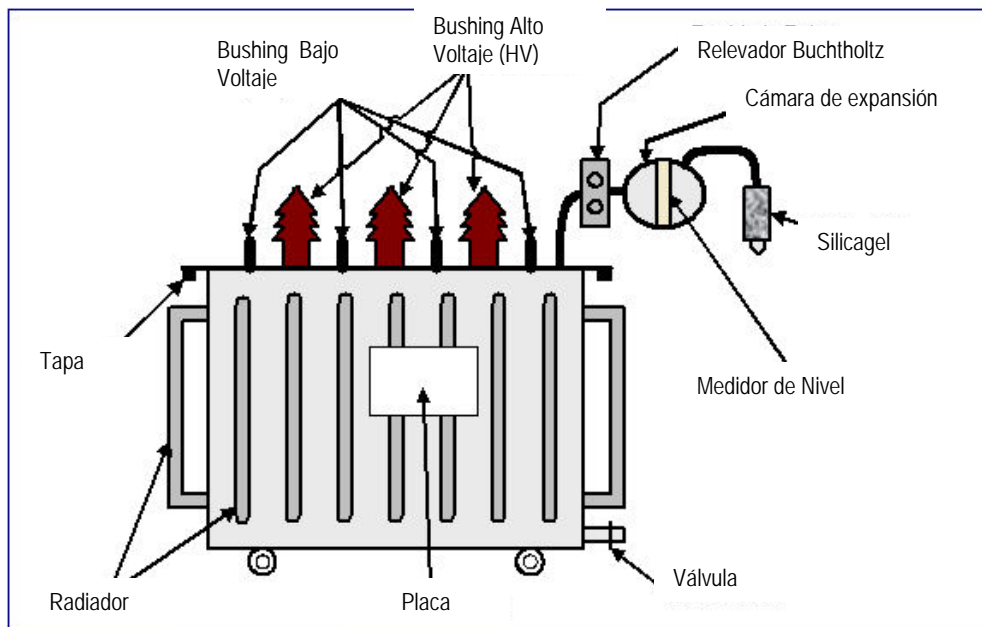
Hay diversos tipos de estructuras de transformadores y en ocasiones también se utilizan otros metales, como el aluminio.

Al diseñar el transformador se toma en cuenta el hecho de que su funcionamiento genera calor y que este calor debe ser expulsado para evitar:

- Calentamiento de todo el equipo, que provocaría disminución de la eficiencia eléctrica del equipo, aumentaría el riesgo de sobrecalentamiento y con ello el peligro de incendio.
- El daño de las partes del transformador por elevación de presión en la cuba debido a la gasificación del aceite.

De aquí la preferencia de utilizar transformadores sumergidos en aceite en instalaciones en donde se requiere una potencia constante.

Figura 6 Detalle de un transformador trifásico de potencia



Fuente: Compilation of PCB transformer Manufacturers. UNEP. Primera

2.1. Clasificación de los transformadores

Según su operación; que se refiere a la energía que manejan dentro del sistema eléctrico, se clasifican en:

- **Transformadores de Distribución;** Los que tienen capacidad desde 3KVA y voltajes hasta de 34.5 KV.
- **Transformadores de Potencia;** Los que tienen capacidad superior a 500 KVA y voltajes hasta de 400 KV.

Según su utilización, que va de acuerdo a la posición que ocupan dentro del sistema eléctrico, tenemos lo siguiente:

- **Transformador para Generador;** Son transformadores de potencia que van conectados a la salida del generador elevando el voltaje producido por este para enviar la energía a través de las líneas de transmisión.
- **Transformador de Subestación;** son transformadores de potencia que se conectan en diferentes puntos de las líneas de transmisión para reducir el voltaje a niveles requeridos por la red eléctrica (Sub-transmisión).
- **Transformadores de Distribución;** estos reducen el voltaje de sub-transmisión a valores utilizables en zonas de consumo comercial y doméstico.
- **Transformadores Especiales;** son transformadores de potencia o de distribución diseñados para aplicaciones no incluidas en las anteriores, estas pueden ser:
 - Transformadores para rectificador
 - Transformadores para horno de arco eléctrico o de inducción
 - Transformadores desfasadores
 - Transformadores para la industria minera
 - Transformadores para pruebas

- Autotransformadores
- Reguladores de voltaje
- Reactores limitadores de corriente
- Otros

Según su número de fases y dependiendo de las características del sistema al que se conectarán, pueden ser:

- **Monofásicos;** Transformadores de potencia o de distribución que son conectados a una línea o fase y a un neutro o tierra. Tienen un solo devanado de alta tensión y uno de baja tensión. Se representan por el símbolo 1Φ .

- **Trifásicos;** transformadores de potencia o de distribución que son conectados a tres líneas o fases y pueden estar o no conectados a un neutro o tierra común. Tienen devanados de alta tensión y tres devanados de baja tensión. Se representan por el símbolo 3Φ .

Figura 7 transformador trifásico de potencia.



Fuente: Proyecto PCB-GUATE

También los podemos clasificar por su número de devanados:

- **Un Devanado** (Autotransformador)
- **Dos devanados** (transformador)
- **Tres o más devanados**

De acuerdo con la posición que guardan los devanados respecto al núcleo en la construcción del transformador, se tienen dos tipos:

- **Tipo de columnas;** conocido también como tipo núcleo o tipo “Core”. En esta construcción, el núcleo proporciona un solo circuito magnético formado por un yugo superior y 2 ó 3 columnas verticales o piernas para 1 ó 3 fases, respectivamente. Los devanados son ensamblados concéntricamente en cada una de las columnas o piernas del núcleo. De esta manera, el circuito eléctrico envuelve al circuito magnético principal.

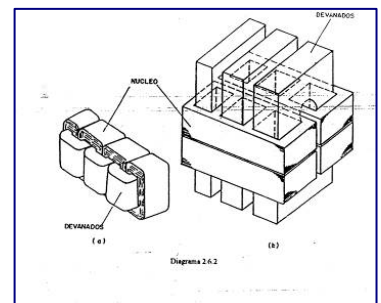
Figura 8 Núcleo y devanado de un trafo



Fuente: Proyecto PCB-GUATE

- **Tipo acorazado;** conocido como tipo “SHELL”. En esta construcción los devanados forman 1 ó 3 anillos para 1 ó 3 fases respectivamente y el núcleo se ensambla alrededor de ellos formando 2 o más circuitos magnéticos que envuelven al circuito eléctrico.

Figura 9 Diagrama de un núcleo tipo “Shell



Fuente: www.monografias.com

2.2. Tipos de aislamientos

Los sistemas o estructuras aislantes de la mayoría de los transformadores consisten casi completamente de la combinación de cartón comprimido, papel y aceite mineral, derivados de celulosa, aceites y algunos plásticos. La combinación de aceite y papel es altamente recomendable, resultando en propiedades dieléctricas superior a cualquiera de las dos en forma separada.

En el caso de los transformadores de potencia que es en donde se presentan las condiciones de operación más críticas, es necesario seleccionar un líquido que posea no solo buenas características aislantes, si no que también sirva como un buen medio de transmisión de calor para transportar hacia el exterior, el que se genera en las bobinas del transformador.

La energía convertida en calor en el circuito magnético por histéresis, corrientes de Eddy y en el cobre de los devanados por efecto Joule, deberá ser transmitida a algún medio refrigerante y disipada antes de permitir que los aislamientos lleguen a una temperatura excesiva que provoque su degradación acelerada.

Los medios refrigerantes más usuales en transformadores son: el aire, el aceite dieléctrico, el silicón, los askareles y el gas SF₆; el más común de ellos es el aceite dieléctrico de baja viscosidad, ya que por experiencia, se ha demostrado que además de tener excelentes propiedades dieléctricas, es un buen medio de refrigeración.

2.2.1. Aislamientos sólidos

Las funciones que realizan los aislamientos sólidos en un transformador son las siguientes:

- Aislar entre si las espiras de una misma bobina
- Aislar entre si a los devanado
- Aislar contra tierra los devanados
- Soportar sin daño los esfuerzos eléctricos a que son sometidos los devanados

- Soportar sin daño los esfuerzos mecánicos a que son sometidos los devanados
- Soportar sin daño los esfuerzos térmicos a que son sometidos los devanados.

Los aislantes sólidos que más frecuentemente se emplean son:

- Papel Kraft (fibra de madera)
- Papel Kraft board (Fibra de madera)
- Papel Crepé
- Papel Press borrad (Madera y algodón)
- Cartón Comprimido (Presspann)
- Fibra de Vidrio
- Porcelana
- Aislantes Termoplásticos
- Cintas de Algodón
- Derivados de celulosa
- Algunos plásticos

Existen diferentes tipos de materiales aislantes de uso más común en equipo eléctrico, han sido clasificados por el IEEE y lo ha establecido con fines de normalización con los siguientes valores máximos de “MANCHA MAS CALIENTE”

Tabla II Clasificación de niveles de aislamiento, IEEE

AISLAMIENTO	TEMPERATURA MAXIMA
CLASE O	90° C Algodón, seda, papel y materiales orgánicos similares, que no estén impregnados ni sumergidos en líquido dieléctrico
CLASE A	105° C Algodón, seda, papel y materiales orgánicos similares, que estén impregnados en líquidos dieléctricos.
CLASE B	130° C Mica, amianto, fibra de vidrio y materiales inorgánicos o análogos, reforzados con sustancias orgánicas aglutinantes como estructura y en pequeñas cantidades.
CLASE C	No se señala límite Mica, porcelana, vidrio, cuarzo y materiales inorgánicos análogos.

Fuente: Operación y mantenimiento de transformadores de Potencia.
Subdirección de Generación, Centro de capacitación Celaya

El deterioro de aislantes clase A y B, a temperaturas elevadas es gradual y sus curvas no tienen pendientes ni cambios bruscos. El material se reseca y carboniza, esto lo hace quebradizo disminuyendo con ellos la resistencia mecánica y provocando la falla por vibración. De aquí proviene la “regla de los 8°” ya que el deterioro es más severo si está impregnado de aceite. La regla dice: “a temperaturas mayores de 110° C, un aumento de 8° C, duplica el envejecimiento”. Trabajando con 106°C, se puede duplicar la vida del aislamiento (4°C de decremento), en estas condiciones, el equipo puede durar del orden de 60 años (con 104°C exactamente)¹⁰.

¹⁰ Ing. Oscar N. Martínez Hinojosa. “Mantenimiento de transformadores en la Industria”. IEI.

La temperatura de operación del punto más caliente no debe ser superior a 105° y está compuesta de la siguiente manera:

Tabla III Composición de temperatura máxima en un transformador.

Temperatura ambiente máxima	40 ° C
Elevación de temperatura en el cobre, sobre la temperatura ambiente máxima de 40°C	55 ° C
Gradiente de temperatura (valor promedio)	10 ° C
SUMA	105 ° C

Fuente: Operación y mantenimiento de transformadores de Potencia.
Subdirección de Generación, Centro de capacitación Celaya

2.2.2. Aislamientos líquidos

Los líquidos aislantes para usos electrotécnicos son obtenidos por destilación fraccionada del petróleo y, es comúnmente conocido como aceite dieléctrico.

Las funciones que debe cumplir el aceite aislantes en un transformador son:

- Actúa como aislante eléctrico
- Actúa como refrigerante
- Protege los aislamientos sólidos contra la humedad y el aire.

Durante la operación de los transformadores, las pérdidas de energía aparecen en forma de calor, principalmente en los devanados y el núcleo. Este calor generado debe ser disipado antes de permitir que los devanados lleguen a una temperatura que ocasione degradación excesiva de aislamiento; para ello se utiliza el aceite aislante de baja viscosidad el cual actúa como refrigerante.

Las formas de transferencia de calor de un transformador por orden de importancia son las siguientes:

- **Convección;** la transferencia de calor por convección es posible de dos maneras.
 - **Convección natural (termosifón)** es la circulación natural que presentan los fluidos, debido a las diferencias de densidades que se originan al calentarse. La columna de aceite caliente comienza en la parte inferior de la bobina y se extiende al extremo superior de la misma, donde permanece a su máximo valor. La columna de aceite frío comienza en la parte superior de los radiadores y se expande hacia el fondo del tanque a través de ellos.
 - **Convección forzada** con el objeto de aumentar la eficiencia de transición del flujo de calor se utilizan bombas para obligar al aceite a fluir sobre las superficies de las bobinas a velocidades más elevadas (generalmente de 9.14 a 30.48 cm/seg). El coeficiente de transferencia de calor del aceite aislante se determina por sus propiedades físicas, tales como: Densidad relativa, calor específico, conductividad térmica y viscosidad.
- **Radiación** consiste en la emisión o absorción de ondas electromagnéticas que se desplazan a la velocidad de la luz. Todos los cuerpos continuamente irradian energía en forma de ondas electromagnéticas. La rapidez con que un cuerpo emite esta radiación térmica aumenta velozmente con la temperatura ya que es aproximadamente proporcional a T^4 donde T es la temperatura en grados Kelvin del cuerpo. A temperaturas elevadas la radiación es frecuentemente el principal mecanismo de pérdidas de calor.

- **Conducción** es un proceso lento por el cual se transmite el calor a través de una sustancia por actividad molecular. La capacidad de una sustancia para conducir el calor, se mide por la “Conductividad Térmica”. Esta forma de transferencia de calor se presenta en mayor o menor grado en un transformador.

Existen dos tipos de aceites aislantes, los derivados del petróleo y los aceites artificiales clorados;

- **Aceites artificiales** comúnmente se les llama askareles y son compuestos sintéticos no flamables, los cuales una vez descompuestos por arco eléctrico, solamente producen mezclas gaseosas no flamables. Pero lo mismo son muy estables y difíciles de destruir, son contaminantes ambientales y tóxicos; además producen acné por contacto o disturbios al hígado o riñones por inhalación de los gases producidos. Los más comunes son el tricloro difenil, pentacloro difenil y triclorobenceno¹¹
- **Aceites derivados del petróleo** Básicamente son dos, los de base nafténica, que normalmente son los de importación ya que tiene un bajo punto de congelación ideal para usarlos en lugares donde la temperatura ambiente es muy baja y los de base parafínica a los que pertenece el aceite mineral. Hasta hace poco tiempo con sólo determinar el tipo básico, indicaba ya la calidad del aceite, con esto se decía que el aceite nafténico era de mejor calidad y por lo tanto se podía usar en equipo de alto voltaje y que el parafínico era de inferior calidad y sólo podía usarse en equipo de bajo voltaje o en transformadores de distribución.

¹¹ Las características de los aceites artificiales o PCBs, son tratados con detalle en la sección 1 de éste informe.

Dependiendo del lugar donde se ubique el transformador y su potencia, es seleccionado el sistema de enfriamiento del dieléctrico o refrigerante.

Transformadores de aceite mineral

- **ONAN** mineral oil – natural – air – natural
- **ONAF** mineral oil – natural – air – forced
- **OFAF** mineral oil – forced – air – forced
- **OFAN** mineral oil – forced – air – forced

Transformadores con PCB

- **CNAN** **Clophen** – natural – air – natural
- **LNAN** **Askarel** – natural – air – natural
- **CNAF** **Clophen** – natural – air – forced
- **LNAF** **Askarel** – natural – air – forced
- **CFAF** **Clophen** – forced – air – forced
- **LFAF** **Askarel** – forced – air – forced

2.3. Transformadores sumergidos en aceite:

Los transformadores sumergidos en aceite son frecuentemente utilizados debido a su relativamente bajo costo. Además que son mas compactos que un transformador tipo seco. Se utilizan en lugares en donde es importante el aislamiento y la reducción de riesgo de arco eléctrico. Como en la distribución de energía eléctrica. El aceite cumple tres funciones primordiales:

- Actúa como aislante eléctrico
- Actúa como refrigerante
- Protege los aislamiento sólidos contra la humedad y el aire

El líquido aislante juega un papel imprescindible en el buen desempeño de transformadores sumergidos en aceite, pues garantiza el mínimo de pérdidas por efecto Joule en los devanados, reflejándose esto en la facturación de las empresas eléctricas a los consumidores. Pues mientras más caliente esta un transformador más corriente absorbe y puede ocasionar la baja de tensión en bornes. Dependiendo de lo compacto que deba ser el equipo, tensiones y potencia, puede utilizarse la Convección Natural o Convección Forzada. La convección forzada es muy utilizada en transformadores de potencia, en contraste con el área de distribución que utiliza convección natural (efecto termosifón).

Hasta mediados de 1986, aún se fabricaron transformadores utilizando como base PCB en dieléctrico aislantes. Se utilizaban en equipos que iban a ser instalados en lugares que requerían alta resistencia a los incendios, como sótanos de edificios. Hasta esa época un trafo con PCB era de la mejor tecnología pues presentaba elata resistencia a la temperatura, alta constante dieléctrica y mayor seguridad de manejo. Incluso las aseguradoras ofrecían rebajas en sus letras si se utilizaban equipos con PCB; pues era lo mas seguro del mercado.

El mantenimiento de un equipo de potencia es imprescindible para evitar accidentes que pueden evitarse por medio de las buenas prácticas. Existen tres tipos de mantenimiento:

- **El mantenimiento Predictivo;** incluye pruebas realizadas al transformador para evaluar sus condiciones de funcionamiento. Además de arrojar datos para proyecciones de vida útil u horas de funcionamiento. Para este mantenimiento son muy utilices y exactas los diferentes tipos de cromatografías de laboratorio.

- **El mantenimiento Preventivo;** incluye pruebas y actividades para incrementar la vida útil de un equipo de transformación como el filtrado y secado del aceite.
- **Mantenimiento Correctivo;** incluye actividades para resolver el mal funcionamiento de un equipo, tales como cambio, cambio de bushings, etc.

En los tres tipos de mantenimiento existentes, es común que la persona encargada de hacerlo entre en contacto con el aceite dieléctrico, en Guatemala se trabaja con bajos niveles de seguridad y en todos los casos el personal entra en contacto directo con el dieléctrico¹².

2.3.1. Pruebas de laboratorio para transformadores sumergidos en aceite

Mencionaremos algunas de las pruebas a las que son sometidos los transformadores de potencia para garantizar su buen funcionamiento en operación y detectar posibles fallas de construcción, es decir, su calidad.

Rigidez dieléctrica: los factores mas dañinos para esta característica son el agua, el oxígeno y las muchas combinaciones de compuestos que se forman por la acción combinada de éstos a temperaturas elevadas. Por esta razón se efectúa la prueba de rigidez dieléctrica, la cual consiste en verificar si el líquido aislante cumple con las condiciones de limpieza y grado de humedad necesarias para el desarrollo de su cometido dieléctrico, entre devanados y entre devanados y tierra.

¹² Ver anexo Informe Situación Empresas Eléctricas Municipales para el Proyecto PCB.

Potencial aplicado: La prueba de potencial aplicado consiste en verificar que la clase y cantidad de material aislante son adecuados y apropiadamente colocados.

Potencial inducido: Esta prueba se aplica para comprobar el aislamiento entre vueltas, capas y secciones de un devanado. Detectará un punto débil en los aislamientos. La prueba es a doble voltaje nominal y hasta completar 7200 ciclos.

Resistencia de aislamiento: La resistencia del aislamiento depende del grado de humedad y limpieza del mismo, éste es el motivo por el cual su medición se orienta primordialmente a determinar si el aislamiento ha sido adecuadamente secado. Básicamente la prueba consisten en hallar el valor ohmico del transformador. Con este valor podemos determinar su grado de humedad entre devanados o entre devanados y tierra, y al mismo tiempo verificar si el aparato está capacitado para soportar las pruebas dieléctricas a que será sometido.

Relación de transformación: La prueba de relación de transformación tiene como principal objetivo, la determinación de la relación entre el número de vueltas del devanado primario y el secundario, o sea, nos determina si la tensión suministrada puede ser transformada.

Polaridad: El objetivo es determinar el desplazamiento angular expresado en grados entre el vector que representa la tensión de línea a neutro de una fase de alta tensión y el vector que representa la tensión de línea a neutro en la fase correspondiente en baja tensión.

Pérdidas en vacío: Las pérdidas en vacío son la suma de las pérdidas por histéresis, más las pérdidas por corrientes inducidas en el hierro del núcleo. Esta prueba consiste en determinar las pérdidas que tiene el transformador cuando se alimenta un devanado con su voltaje y frecuencia nominal, y el otro devanado se encuentra abierto.

Corriente de excitación: La corriente de excitación es la corriente que toma un transformador eléctrico al estar operando en vacío, y su medición tiene como objetivo la determinación de la forma en que está trabajando el circuito magnético, así como la comprobación de la adecuada construcción del núcleo.

Pérdida con carga: Es la energía consumida por los conductores al circular en ellos la corriente nominal del transformador. Consiste en colocar el devanado de baja tensión en corto circuito, mientras que el devanado de alto voltaje es ajustado de manera que fluya en el mismo, corriente nominal, determinándose así el valor de la pérdidas con carga. Este valor es sumado al valor encontrado de las pérdidas en vacío, obteniéndose así la suma total de pérdidas.

Impedancia: la impedancia de un transformador se mide colocando en corto circuito un devanado y haciendo circular por el otro corriente de plena carga, leyendo así directamente un voltaje, el cual nos sirve para calcular el porcentaje de impedancia del transformador.

Las pruebas recomendadas para garantizar la buena calidad del aceite son:

Resistencia dieléctrica: Se coloca una muestra de aceite en una copa patrón (Standard) limpia de modo que cubra dos electrodos verticales de una pulgada de diámetro y 0.1 pulgadas de separación. Se aplica un voltaje de 60 cps de CA a través de los electrodos hasta que aparece el arco. Esto se repite cuando menos en tres muestras y se computa el promedio.

Número de neutralización: la acidez de un líquido aislante de tipo mineral es una medida de la cantidad de oxidación que ha tenido el aceite y es por lo tanto, una indicación del deterioro que ha ocurrido. También es una indicación de la tendencia a formar sedimentos. El número de neutralización se define como el peso, en miligramos de hidróxido de potasio (KOH) requerido para neutralizar el ácido en un gramo de aceite dieléctrico.

Color: Otra prueba sencilla de mantenimiento en el campo para evaluar la condición del líquido dieléctrico en servicio es un examen de su color. El aceite nuevo es por lo general muy claro y casi sin color. Conforme se va haciendo viejo en el servicio, tiende a oscurecerse, principalmente por la formación de sedimento y otros contaminantes. Se puede comprar un comparador portátil de color por aproximadamente \$.200.00.

Normalmente éstas tres pruebas son suficientes para determinar las condiciones del dieléctrico y la frecuencia de éstas determinará el grado de degradación.

El siguiente cuadro muestra los límites para programar mantenimiento correctivo en los aceites de tipo mineral, esto se refiere a la regeneración del aceite.

Tabla IV Límites de prueba para aceites minerales

LIMITES DE PRUEBA PARA ACEITES DE TIPO MINERAL		
PRUEBA	SATISFACTORIO	DEBE SER FILTRADO
Resistencia dieléctrica	26 KV	Menor de 22 KV
No. De Neutralización	0.4	0.4 A 1.0
Factor de Potencia	0.5	0.5 A 0.9
% de Humedad	35 ppm	100 ppm

Fuente: Mantenimiento de transformadores en la Industria. IEI. Ing. Oscar N. Martínez.

2.3.2. Distribución de materiales en un transformador sumergido en aceite

En un transformador tipo sumergido en aceite, el circuito magnético está totalmente sumergido en el dieléctrico. Luego de 20 o más años de uso, los materiales porosos en el circuito magnético estarán impregnados con dieléctrico. Estos materiales porosos incluyen los siguientes:

- Las cuñas de madera, que absorben hasta un 70 % de su propio peso (por lo que un bloque que pese 10 kg puede absorber hasta 5 kg de dieléctrico)
- Cartón y papel aislantes
- Cubiertas de resinas de los cables de cobre

Las estadísticas sobre la descontaminación de los transformadores indican que el 5% del contenido inicial de PCB en la fabricación se impregna en los componentes porosos del transformador¹³.

¹³ Convenio de Basilea. **Manual de Capacitación**. "Preparación de un plan nacional de manejo ambientalmente adecuado de los bifenilos policlorados (PCB) y de equipos contaminados con PCBs". Serie del Convenio de Basilea No 2003/01

Por lo tanto un transformador de dieléctrico tipo PCB con un peso total de 1.500 kg está compuesto por:

10 %: 150 kg de tanque (masa metálica)

60 %: 900 kg de circuito magnético

30 %: 450 kg de dieléctricos de los cuales el 5 % de los dieléctricos están impregnados en los circuitos magnéticos, 5 % de 450 kg o 22,5 kg de PCB impregnado.

Si se presenta esta cantidad como relación de la masa dieléctrica en un transformador de PCB, el PCB constituye una relación de peso de 22,5 kg / 900 kg o un nivel de contaminación de 25.000 ppm.

Suponiendo que el nivel máximo permitido sea de 50 ppm, esto es 500 veces mayor. Por lo cual, toda la parte metálica debe considerarse como desecho de PCB y debería ser destruida de igual manera que los PCB.

El procedimiento de destrucción de estas partes metálicas consiste en la descontaminación de las mismas, por ejemplo la extracción del contenido de PCB en los componentes metálicos y porosos, por medio de tecnologías de manejo adecuado de residuos contaminantes que deben garantizar que no existirá contaminación cruzada.

La contaminación cruzada de equipos, es la que se da por la utilización de equipos contaminados (bombas, recipientes) que entran en contacto con componentes (aceites en este caso) de equipos libres de contaminación, o bien en el relleno de equipos con dieléctrico tipo PCB; existe un riesgo significativo de contaminación cruzada de transformadores con PCB durante el MANTENIMIENTO de los equipos, como consecuencia de un inadecuado manejo.

Debe notarse que los transformadores de aceite mineral pueden ser contaminados por los PCB. Esta contaminación tiene dos causas:

- **El uso de PCB para rellenar artefactos con aceite.** Debido a las ventajas técnicas y a la facilidad con la cual se mezclan con los aceites minerales, los PCB han sido utilizados como un suplemento para los dieléctricos. Las pruebas de detección de PCB en transformadores de redes de suministro de electricidad llevadas a cabo en varios países, cuando éstos son desguasados, muestran niveles de contaminación (> 50ppm) en el orden del 30-40% de los equipos analizados. El dieléctrico de estos transformadores está entonces considerado como desecho de PCB y deben destruirse bajo las mismas condiciones que los bifenilos policlorados.
- **El cambio de los PCB de los transformadores por aceites minerales**
Esta operación consiste en dejar drenar el dieléctrico del transformador y volverlo a rellenar si contenían PCB. Dado el potencial de impregnación de los PCB, especialmente en las partes porosas del transformador, por ejemplo, las maderas de las cuñas de los bloques, los cartones y las resinas, estas impregnaciones de PCB lixivian gradualmente al aceite mineral sustituto. La fotografía muestra; a la izquierda, una cuña de madera, y a la derecha, la cantidad de PCB extraída por vacío.

Figura 10. Nivel de absorción de partes porosas en un transformador



Fuente: Manual de capacitación convenio de Basilea 01/2003

Una cuña de madera puede contener hasta un 70 % de su propio peso en PCB. Los lixiviados de estos PCB pueden continuar por un período de hasta tres años antes de estabilizarse. Por ejemplo, un transformador de 630 kVA que contenga 20 kg de bloques de cuñas de madera, liberará con el tiempo un 70 % de su peso, es decir, cerca de 14 kg de los PCB que se lixivian. Esto explica los niveles de contaminación de PCB en transformadores rellenos que pueden alcanzar los 10.000 ppm o 6 kg de PCB cada 600 Kg de dieléctricos.

Debería prestarse particular atención a los transformadores de aceite mineral. Programas pilotos han revelado una significativa falta de información sobre este tipo de artefactos por lo que se recomienda enfáticamente que se aumente la concientización de los gerentes en lo que se refiere a causas históricas de contaminación de transformadores aislados con aceites minerales.

2.4. Accidentes con transformadores eléctricos con PCB

2.4.1. Accidentes que provocan contaminación fría

Este tipo de accidentes resulta en la dispersión del PCB, posiblemente sobre una gran área si el aparato no tiene un sistema de retención. Puede ocurrir con aparatos instalados o cuando el aparato está siendo transportado. (Por ejemplo, cuando el aparato está siendo enviado para su destrucción). **La experiencia muestra que la contaminación con PCB penetra rápidamente en el suelo y, en algunos casos, puede incluso alcanzar aguas subterráneas.** Las cantidades involucradas están en el orden de decenas o centenas de kilogramos. Esto es lo que significa “contaminación fría”.

Figura 11. Transformador caído en Derqui, Provincia de Buenos Aires, el 3 de Octubre del 2000.



Fuente: www.pilardetodos.com.ar

Entre éste tipo de accidentes, podemos mencionar a los causantes de la ruptura de los sellos y pérdidas de PCB de la carcaza, pero sin afectar la composición de los dieléctricos. Las pérdidas provienen, por ejemplo, del sello entre el tanque y su cubierta y de puntos oxidados en el ventilador de enfriamiento del transformador.

Para casos de contaminación superficial, como por ejemplo en paredes contaminadas en una explosión se debería tener en cuenta lo siguiente:

- Contaminación superficial, si la pared no es porosa
- Contaminación interna, si la pared es porosa

Se podrá averiguar qué tipo de contaminación está presente tomando muestras por el método de raspado (raspado).

También se consideran accidentes fríos los derivados de desordenes eléctricos causados por picos de voltaje y defectos en el aislamiento. El arco eléctrico resultante conduce a la gasificación del aceite y crea presión en la estructura del equipo, lo cual causa el resquebrajamiento del cartón o papel aislante, en ocasiones puede llegar a romper partes oxidadas de la carcaza y dejar escapar el aceite y los gases generados. La formación de los gases causa contaminación por emisión y formación de cantidades considerables de ácido clorhídrico que pueden incluso causar problemas al servicio de emergencia. Como los PCB se descomponen en ausencia de aire, los expertos creen que hay poca posibilidad de formación de dioxinas y furanos.

Figura 12. Transformador con fuga, "accidente frío".



Fuente: Proyecto PCB-GUATE

En lo relativo a la protección ambiental, este tipo de accidentes es de especial interés debido a la presencia de PCB. Por consiguiente, es un caso de “accidente frío”.

2.4.2. Accidentes que provocan contaminación caliente

En accidentes de este tipo, la dispersión del humo y hollín provoca que la contaminación se extienda ampliamente. Además, en accidentes documentados, todos los edificios afectados aparecen contaminados a niveles muy diferentes. La duración de la falla eléctrica (la causa usual presumible de los accidentes) parece jugar un papel importante.

Cuando los PCBs son sometidos a temperaturas de 300° C a 600° C emiten dioxinas y furanos. A temperatura mucho más altas (1200°C), las dioxinas y furanos se pueden eliminar¹⁴

Finalmente, también parece haber una correlación entre el contenido de PCB y PCDF¹⁵, con niveles de descomposición del 1%. En accidentes de este último tipo, se utiliza el término “contaminación caliente”.

Figura 13. Absorción de contaminantes en superficies porosas.



Fuente: The Egg Report.

¹⁴ Proyecto CERI-ACDI-Colombia Medio Ambiente Hidrocarburos y Minas. “Manual de Manejo PCB para Colombia”. Julio 1999.

¹⁵PCDF: Dibenzofuranos Policlorados; compuestos tricíclicos aromáticos constituidos por dos anillos bencénicos unidos entre sí por un átomo de oxígeno y un enlace carbono-carbono y átomos de hidrógeno que pueden ser sustituidos por hasta ocho átomos de cloro.

Cabe mencionar que en un accidente caliente, los altos niveles de humedad en el dieléctrico ocasionarían la rápida formación de vapor o gases dentro de la carcasa y aumentarían de manera súbita la presión dentro del transformador incrementando el riesgo de dañar los componentes del mismo.

2.4.2.1. Causas de accidentes calientes en un transformador

Hay varias causas posibles de este tipo de accidentes:

- Una sobrecarga secundaria de voltaje – por cortocircuito, maniobras o descargas atmosféricas - en los circuitos principales puede conducir a un sobrecalentamiento significativo y causar un incendio. Estas sobrecargas deberían normalmente ser detenidas y suprimidas por dispositivos de protección en la parte superior, si éstos han sido colocados y ajustados de la manera correcta.
- El hecho puede verse agravado en el caso de fuentes principales que se vuelvan a encender automáticamente, si el aparato no cuenta con un dispositivo de protección primaria.
- Finalmente, el transformador puede dañarse a causa de un incendio proveniente de otra fuente.

3. CAPACITORES ELÉCTRICOS Y LOS PCBs

Los capacitores o condensadores son aparatos que pueden acumular y mantener una carga eléctrica. Consiste en un contenedor metálico sellado con un núcleo activo, el núcleo está constituido por unas láminas continuas de una fina hoja metálica (aluminio) enrollada con la separación de una película aislante de polipropileno y/o papel impregnado con PCB. Este núcleo está introducido en la caja del capacitor y el espacio que queda libre se rellena con un aceite dieléctrico. Estas placas son bobinas de láminas metálicas que están separadas eléctricamente, y cada una tiene contactos que salen del capacitor. El material dieléctrico suele ser un fluido dieléctrico que puede o no contener PCBs.

Figura 14. Núcleo de un capacitor de potencia



Fuente: www.leyden.com.ar

En las redes eléctricas se utilizan grandes condensadores para distintas aplicaciones, cabe mencionar que en la mayoría de empresas e industrias en el país se utilizan para elevar el factor de potencia.

Además tienen gran aplicación y son utilizados en:

- Ventiladores.
- Motores de Aire Acondicionado.
- Iluminación.
- Refrigeración.
- Compresores.
- Bombas de Agua.
- Motores de Corriente Alterna.

En ciertos casos en la red se encuentran capacitores, su función es ayudar a un mejor comportamiento de la red (o de la carga), pero en principio se puede concebir la red y las cargas sin capacitores, estos son necesarios y convenientes para reducir pérdidas, mejorar valores de tensión, filtrar armónicas y otros efectos.

La red de distribución esta formada por torres, líneas (cables) y transformadores. Las cargas son múltiples y variadas, pero podemos pensar que en esencia son cargas resistivas (iluminación incandescente) o resistivas e inductivas (motores).

Los Capacitores se fabrican en gran variedad de formas, siendo la más sencilla el formado por dos placas separados por un dieléctrico. Como dieléctrico o aislador según la utilidad del capacitor se utilizan los siguientes materiales:

- El aire
- La mica
- La cerámica
- El papel
- El vacío
- El **aceite**

Para capacitores del orden de 110 v en adelante se utilizan como aislantes el vacío y el aceite. Siendo éste último el de mayor consideración para el estudio de los aceites dieléctricos con bifenilos policlorados o PCBs.

3.1. Características generales de un capacitor

3.1.1. Características físicas

A continuación se listan las características Físicas o partes que posee un capacitor o condensador

- **Bushings o Aisladores:** Son fabricados con material cerámico (ver ilustración).
- **Carcaza:** Tiene la forma de una caja rectangular sellada y es fabricada de metal.
- **Placa de Características:** Presenta la información básica del equipo: Potencia, Serie, Tipo de Aceite, Fabricante y País, Voltaje Nominal.

Figura 15. Aislador o Bushing de un Capacitor.



Fuente: Provector PCB-GUATE.

- **Láminas o Núcleo:** Fabricadas de aluminio y aisladas una de otra.
- **Dieléctrico (Aceite):** Aislante con el que se rellena la caja metálica.
- **Capacitores en un banco:** Tienen la forma de cilindros metálicos, con bornes en la parte superior.

3.1.2. Características eléctricas

Las características eléctricas que posee un capacitor son:

- Debido a las laminaciones con las que está fabricado el núcleo de un capacitor tiene la propiedad de acumular y mantener carga eléctrica.
- La corriente de adelanto (capacitiva) que mantiene el capacitor alimenta con corriente de retraso (inductiva) a las cargas inductivas.
- Las laminaciones del núcleo poseen contactos que salen del capacitor y se encuentran aislados por cerámica de gran resistencia mecánica y eléctrica.
- Por las laminaciones aisladas circula corriente eléctrica, el material con el que se encuentran fabricadas dichas laminaciones presenta resistencia eléctrica al paso de dicha corriente, creando aumentos de temperatura en cada una de las laminaciones. Este aumento de temperatura representa pérdidas de potencia suministrada al capacitor. Es decir las laminaciones disipan potencia en forma calorífica.
- La energía calorífica es absorbida por el aceite dieléctrico con el que es rellena la carcasa del equipo, siendo ésta una de las propiedades más importantes de todo aceite dieléctrico.

3.2. Tipos de bancos de capacitores

Los bancos de capacitores de potencia son agrupamientos de unidades montadas sobre bastidores metálicos, que se instalan en un punto de la red eléctrica (en subestaciones o en alimentadores de distribución) con el objeto de suministrar potencia reactiva y regular la tensión del sistema.

El diseño de los bancos debe atender a los siguientes criterios:

- Lograr la potencia reactiva deseada en un punto del sistema, dividiendo este valor en una determinada cantidad de capacitores monofásicos de una potencia unitaria normalizada.

Figura 16. Bancos de capacitores de Potencia sobre Bastidores Metálicos.



Fuente: www.leyden.com.ar

- Conectar las unidades en una conexión definida generalmente en estrella o doble estrella con neutro flotante. De este modo normalmente los capacitores tienen una tensión nominal igual a la tensión de fase del sistema.

- Efectuar el conexionado de modo tal que permita el uso de un esquema de protección seguro, sencillo y económico.
- Si fuera conveniente, dividir la potencia total del banco en escalones, de modo de insertarlos progresivamente en función de las necesidades de potencia reactiva del sistema en cada momento.
- Instalar el banco en un sitio que satisfaga condiciones de seguridad, comodidad, facilidad para su operación, control y mantenimiento, y que esté protegido contra intervenciones no autorizadas.

Además de las unidades capacitivas (con o sin fusibles internos), los bancos pueden incluir elementos de protección, maniobra y control tales como seccionadores fusibles, llaves de maniobra en vacío o en aceite, sistemas de protección, etc.

3.2.1. Bancos de capacitores en estructura tipo subestación

Estos bancos, están formados básicamente por celdas capacitivas monofásicas de alta tensión en conexión Estrella, las cuales cuentan con el índice más bajo de fallas por año a nivel mundial y son protegidas mediante fusibles tipo expulsión en forma individual.

Las celdas son montadas en una o varias estructuras de acero galvanizado por inmersión en caliente con un diseño adecuado para su montaje a la intemperie.

Figura 17. Bancos de Capacitores en estructura tipo subestación.



Fuente: www.leyden.com.ar

Como elementos complementarios de los bancos de capacitores, se pueden suministrar con desconectores¹⁶ en aceite o en vacío, pararrayos, fusibles principales de potencia, cuchillas desconectoras y/o de puesta a tierra, sistemas de control y protección por medio de relevadores de protección y los CT's o PT's necesarios para el esquema de protección.

3.2.2. Bancos de capacitores en gabinete

Los bancos de capacitores para alta tensión en gabinete, son ampliamente utilizados por industrias medianas y grandes para obtener los siguientes beneficios técnicos y económicos:

- Liberar capacidad en KVAR de su sistema eléctrico.
- Mejorar la regulación de voltaje.
- Reducir las pérdidas en el sistema.
- Proporcionar la energía reactiva demandada por las cargas inductivas.
- Evitar el pago de multas por bajo Factor de Potencia.
- Alcanzar bonificaciones por alto Factor de Potencia.

Figura 18. Banco de Capacitores en Gabinete.



Fuente: Proyecto PCB-GUATE.

¹⁶ El desconector es un aparato destinado a proteger el material eléctrico contra sobretensiones transitorias elevadas y a limitar la duración y frecuentemente la amplitud de la corriente subsiguiente.

Los bancos tipo subestación tienen muy bajas pérdidas y requieren de muy poco mantenimiento. En el mercado se ofrecen una amplia gama de bancos de capacitores para alta tensión en gabinete, en versiones de operación fija o automática y pueden ser suministrados con todos sus elementos de protección, conexión-desconexión y control.

3.2.3. Celdas monofásicas para alta tensión

Las celdas monofásicas individuales son utilizadas fundamentalmente para la corrección del Factor de Potencia, formando con ellas bancos trifásicos o filtros de armónicas. Las capacidades estándar van desde 25 hasta 500 KVAR, en voltajes desde 2.4 KV, son fabricadas con tanque de acero inoxidable, en versiones con una o dos boquillas de porcelana (bushings) cuentan con resistencia interna de descarga conforme a normas. El nivel de fallas registrado para estas celdas es menor al 0.03%. De hecho, el equipo eléctrico más eficiente y con menores fallas es el capacitor.

Figura 19. Celdas Monofásicas para alta tensión.



Fuente: Proyecto PCB- GUATE.

3.2.4. Celdas trifásicas tipo HWT

Las celdas trifásicas de capacitores tipo HWT, resultan ser usualmente la opción más económica para corregir el Factor de Potencia en sistemas eléctricos con voltajes de 2400, 4160, y 4800 voltios. Pueden suministrarse las celdas sueltas o en arreglos montados en racks metálicos para montarse en piso y provistos con fusibles y caja cubre polvo, listas para conectarse a tableros o directamente a las terminales de motores de media tensión.

Pueden instalarse en interiores o exteriores y las capacidades va desde 25 a 900 KVAR en las tensiones indicadas anteriormente.

Figura 20. Celdas Trifásicas tipo HWT.



Fuente: www.leyden.com.ar

3.2.5. Bancos de capacitores tipo poste

La necesidad de regular el voltaje y de corregir el Factor de Potencia en la gran mayoría de las redes de distribución, dió origen a este tipo de bancos, los cuales pueden encontrarse en el mercado desde únicamente las celdas montadas en una estructura de acero galvanizado por inmersión en caliente, hasta el sistema más completo que puede integrar a las celdas con su estructura, los desconectadores en aceite o en vacío, el control automático, los CT's y PT's, así como los cortacircuitos fusible para la adecuada protección de todo el equipo.

Su aplicación también puede cubrir necesidades en la industria para la corrección del Factor de Potencia. Son fabricados en capacidades de 150 a 3600 KVAR y en voltajes de 2.4 a 34.5 KV.

Figura 21. Bancos de Capacitores Tipo Poste.



Fuente: www.leyden.com.ar

3.2.6. Capacitores para hornos de inducción

Para estos casos especiales, se encuentra una amplísima gama de opciones como son bancos de capacitores monofásicos o trifásicos, enfriados por aire, por agua o para altas frecuencias. Las capacidades abarcan los 4000 KVAR, el voltaje máximo al que se pueden fabricar es de 15,000 Volts., y en frecuencia de hasta 540 KHZ.

Figura 22. Capacitores para hornos de Inducción.

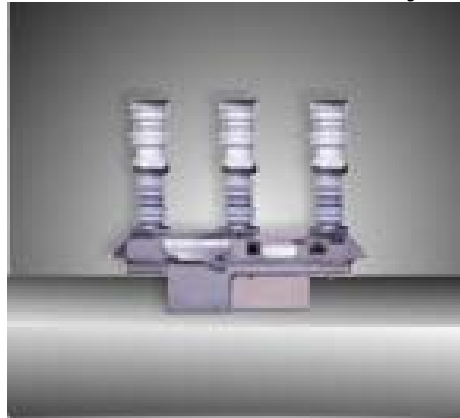


Fuente: www.leyden.com.ar

3.2.7. Desconectadores en aceite y en vacío

Los bancos de capacitores en gabinete y estructura, requieren de elementos desconectadores para su conexión y desconexión, los cuales pueden ser monofásicos o trifásicos y con medio de interrupción en aceite o en vacío.

Figura 23. Desconectadores en aceite y en vacío.



Fuente: www.leyden.com.ar

3.2.8. Capacitores prácticos

Los capacitores disponibles en el mercado se fabrican en una alta variedad de tipos, valores y escalas de voltaje. El tipo del capacitor se clasifica en general según la clase del dieléctrico utilizado y su capacitancia se determina según el tipo de dieléctrico y la geometría física del dispositivo. La escala de voltaje o voltaje de trabajo es el voltaje máximo que puede aplicarse con seguridad al capacitor. Los voltajes que exceden este valor pueden dañar en forma permanente al dispositivo o hacer que falle el dieléctrico.

Los capacitores prácticos, a diferencia de los ideales, disipan en general una pequeña cantidad de potencia. Esto se debe principalmente a las corrientes de dispersión que ocurre dentro del material dieléctrico del dispositivo. Los dieléctricos prácticos tienen una conductancia diferente de cero, lo cual permite que una corriente óhmica fluya entre las capas del condensador. Esta corriente se incluye fácilmente en un circuito equivalente del dispositivo colocando una resistencia en paralelo con una capacitancia ideal:

R_c representa las pérdidas óhmicas del dieléctrico y C la capacitancia. La resistencia de dispersión R_c, es inversamente proporcional a la capacitancia C. Por tanto, el producto de la resistencia de dispersión y la capacitancia R_cC, cantidad que con frecuencia dan los fabricantes, es útil para especificar las pérdidas del capacitor.

Figura 24. Fotografía de Capacitor con PCBs.



Fuente: Proyecto PCB-GUATE.

3.3. Aplicación de los capacitores en un sistema de potencia

3.3.1. Corrección del factor de potencia

Se enfoca este tema ya que es el uso más común de la aplicación de los capacitores en cualquier industria o institución con grandes sistemas eléctricos, es la corrección del Factor de Potencia.

Se denomina *Factor de Potencia* al cociente entre la potencia activa y la potencia aparente, que es coincidente con el coseno del ángulo entre la tensión y la corriente cuando la forma de onda es sinusoidal pura. El factor de potencia debe tratarse que coincida con el coseno ϕ pero en realidad no es lo mismo.

Es aconsejable que en una instalación eléctrica el factor de potencia sea alto y las empresas que prestan el servicio de venta de energía eléctrica exigen valores de 0,8 y más. Las cargas industriales en su naturaleza eléctrica son de carácter reactivo a causa de la presencia principalmente de equipos de refrigeración, motores, etc. Este carácter reactivo obliga que junto al consumo de potencia activa (KW) se sume el de una potencia llamada reactiva (KVAR), las cuales en su conjunto determinan el comportamiento operacional de dichos equipos y motores. Esta potencia reactiva es suministrada por las empresas de electricidad, aunque puede ser suministrada por las propias industrias.

Al ser suministradas por las empresas de electricidad deberá ser producida y transportada por las redes, ocasionando necesidades de inversión en capacidades mayores de los equipos y redes de transmisión y distribución. Todas estas cargas industriales necesitan de corrientes reactivas para su operación.

3.3.1.1. Razones por las que existe un bajo factor de potencia

La potencia reactiva, la cual no produce un trabajo físico directo en los equipos, es necesaria para producir el flujo electromagnético que pone en funcionamiento elementos tales como: motores, transformadores, lámparas fluorescentes, equipos de refrigeración y otros similares. Cuando la cantidad de estos equipos es apreciable los requerimientos de potencia reactiva también se hacen significativos, lo cual produce una disminución exagerada del factor de potencia.

Un alto consumo de energía reactiva puede producirse como consecuencia principalmente de:

- Un gran número de motores.
- Presencia de equipos de refrigeración y aire acondicionado.
- Una sub-utilización de la capacidad instalada en equipos electromecánicos, por una mala planificación y operación en el sistema eléctrico de la industria.
- Mal estado físico de la red eléctrica y de los equipos de la industria.

Cargas puramente resistivas, tales como el alumbrado incandescente, resistencias de calentamiento, entre otras, no causan este tipo de problema ya que no necesitan de la corriente reactiva.

3.3.1.2. Razones por las cuales es caro mantener un bajo factor de potencia

El hecho de que exista un bajo factor de potencia en las industrias produce los siguientes inconvenientes:

Al suscriptor:

- Aumento de la intensidad de corriente.
- Pérdidas en los conductores y fuertes caídas de tensión.
- Incrementos de potencia de las plantas, transformadores, reducción de su vida útil y reducción de la capacidad de conducción de los conductores.
- La temperatura de los conductores aumenta y esto disminuye la vida de su aislamiento.
- Aumentos en sus facturas por consumo de electricidad.

A la empresa distribuidora de energía:

- Mayor inversión en los equipos de generación, ya que su capacidad en KVA debe ser mayor, para poder entregar esa energía reactiva adicional.
- Mayores capacidades en líneas de transmisión y distribución así como en transformadores para el transporte y transformación de esta energía reactiva.
- Elevadas caídas de tensión y baja regulación de voltaje, lo cual puede afectar la estabilidad de la red eléctrica.
- Una forma de que las empresas de electricidad a nivel nacional hagan reflexionar a las industrias sobre la conveniencia de generar o controlar su consumo de energía reactiva ha sido a través de un cargo por demanda facturado, es decir cobrándole por capacidad suministrada en KVA. Factor donde se incluye el consumo de los KVAR que se entregan a la industria.

3.3.1.3. Justificación económica del uso de capacitores

La reducción de pérdidas es el primer justificativo económico de la aplicación de capacitores. La aplicación de capacitores lleva a reducir la potencia que debe generarse y transmitirse, lo que significa menor inversión en la red, o postergación de inversiones necesarias por el crecimiento, y menor costo de la energía generada.

Frecuentemente la tarifa incluye límites de $\cos \phi$ y multas si se está debajo del $\cos \phi$ límite. La razón de este accionar está en las mayores pérdidas que se presentan en la red, y el menor aprovechamiento útil de la misma, que obliga a ampliaciones anticipadas. Si se analiza cierto período de facturación con multas, y se simula con dada compensación, la situación sin multas (o con beneficios o incentivos como se presentan en algunos casos) se encuentra una justificación económica a la mejora del factor de potencia, que frecuentemente implica una rápida amortización de los equipos dedicados a esta función.

Además mejoras técnicas como menores pérdidas, mejores tensiones, mayor disponibilidad de equipos, se transforman en una ventaja económica que puede evaluarse, y tenerse en cuenta. Sin embargo la aplicación de capacitores puede originar algunos inconvenientes, la red con capacitores es causa de resonancias armónicas que exaltan corrientes o tensiones, y estos efectos deben controlarse.

3.3.1.4. Incremento del factor de potencia

Mejorar el factor de potencia resulta práctico y económico, por medio de la instalación de condensadores eléctricos estáticos. A continuación se tratará de explicar de una manera sencilla el principio de cómo se mejora el factor de potencia:

El consumo de KW y KVAR (KVA) en una industria se mantienen inalterables antes y después de la compensación reactiva (instalación de los condensadores), la diferencia estriba en que al principio los KVAR que esa planta estaba requiriendo, debían ser producidos, transportados y entregados por la empresa de distribución de energía eléctrica, lo cual como se ha mencionado anteriormente, le produce consecuencias negativas. Pero esta potencia reactiva puede ser generada y entregada de forma económica, por cada una de las industrias que lo requieran, a través de los bancos de capacitores evitando a la empresa de distribución de energía eléctrica, el generarla transportarla y distribuirla por sus redes.

Figura 25. Capacitor instalado en un motor de Inducción.



Fuente: Proyecto PCB-GUATE.

Como ejemplo se puede mencionar:

Un capacitor instalado en el mismo circuito de un motor de inducción tiene como efecto un intercambio de corriente reactiva entre ellos. La corriente de adelanto almacenada por el capacitor entonces alimenta la corriente de retraso requerida por el motor de inducción. El motor consume sólo 80 amperios para su carga de trabajo. Pero la corriente de magnetización que requiere el motor es de 60 amperios, por lo tanto el circuito de alimentación debe conducir: 100amp.

Por la línea de alimentación fluye la corriente de trabajo junto con la corriente no útil o corriente de magnetización. Después de instalar un capacitor en el motor para satisfacer las necesidades de magnetización del mismo, el circuito de alimentación sólo tiene que conducir y suministrar 80 amperios para que el motor efectúe el mismo trabajo. Ya que el capacitor se encarga de entregar los 60 amperios restantes. El circuito de alimentación conduce ahora únicamente corriente de trabajo. Esto permite conectar equipo eléctrico adicional en el mismo circuito y reduce los costos por consumo de energía como consecuencia de mantener un bajo factor de potencia.

3.3.1.5. Fenómenos transitorios

La inserción de capacitores causa fenómenos transitorios en la red. Al insertar un banco este se encuentra descargado, si la tensión es nula el banco se carga a la frecuencia de red, si en cambio se presenta la tensión máxima (en el sistema trifásico esto puede ocurrir en una fase) aparece un transitorio con elevado pico y frecuencia regulada por el circuito LC (red capacitor)

El transitorio de corriente que carga el banco, genera un transitorio de tensión en la red que alimenta otras cargas, y eventualmente otros bancos, pudiendo observarse sobrecorrientes y distorsiones asociadas.

Un transitorio particularmente importante es cuando se inserta un banco próximo a otro en servicio, aparece en este caso una corriente de gran amplitud entre los bancos, y para contener esta corriente es necesario instalar reactores (de choque) de cierta impedancia.

3.3.1.6. Armónicas

La evolución y modernización de las cargas eléctricas ha traído aparejada una gran dosis de electrónica que es responsable de la aparición de armónicas en la red. El efecto de las armónicas inyectadas por las cargas, es una deformación en la tensión, que hace que las cargas lineales absorban corriente también deformada. Las corrientes armónicas en la red a su vez también producen efecto de pérdidas adicionales. Se debe tratar de que las armónicas no se presenten en la red, y como no se puede impedir que se generen, se debe tratar de evitar que se propaguen a distancia.

La aplicación de capacitores en la red puede exaltar las armónicas presentes, ya que se presentan circuitos resonantes, un transformador con capacitores en su secundario es visto desde la red como un filtro con una frecuencia de resonancia a la cual se minimiza la impedancia, por lo tanto se comporta drenando las corrientes armónicas presentes en red.

3.4. Fabricación de condensadores con PCBs

Se inició la fabricación de capacitores con PCBs a escala mundial en el año 1930 y su finalización se dio en el año de 1985, los que fueron fabricados hasta éste año contienen PCBs y el hecho de que todos los capacitores son sellados de fabricación, los manufacturados entre las fechas mencionadas contienen PCBs, en tanto que los que fueron fabricados fechas posteriores no contienen PCBs, ya que en estos no existe la opción de relleno de dieléctrico por evaporación del mismo. Todos los capacitores fabricados a partir de 1986 indican en la placa de características que no contienen PCBs al momento de la fabricación o bien por medio de etiquetas debajo o al lado de la misma placa, como se muestra en las siguientes ilustraciones.

Figura 27. Capacitor Monofásico sin PCBs.



Figura 26. Capacitor Trifásico sin PCBs.



Fuente: Proyecto PCB-GUATE.

Originalmente se proponían los aceites con PCBs como fluidos dieléctricos para su uso en condensadores eléctricos de potencia, gracias a sus excelentes propiedades dieléctricas y a su muy baja inflamabilidad. Un aceite con PCBs puede absorber cambios rápidos en campos eléctricos sin calentarse mucho, es decir, con poca pérdida de energía. Además, los PCBs tienen un punto bajo de inflamación y no tienen punto de ignición, lo que significa que permanecen estables ante temperaturas variables. Sólo arden al contacto directo con una llama.

Figura 28. Capacitores Monofásicos.

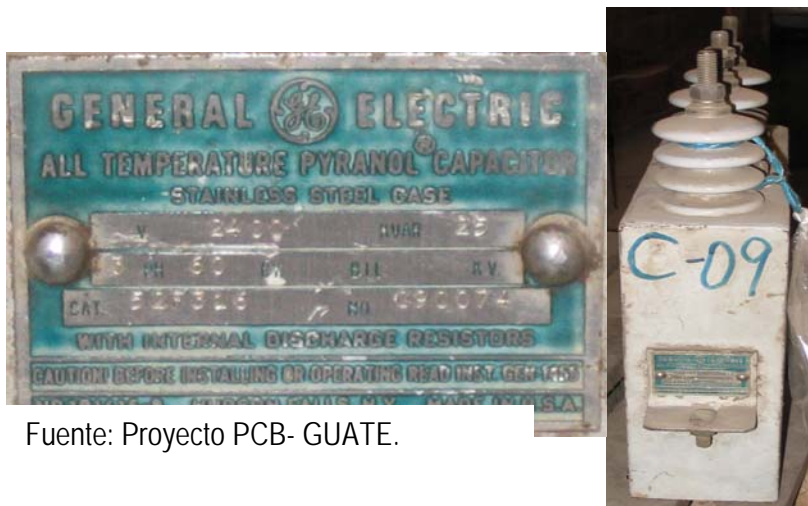


Fuente: Proyecto PCB-GUATE.

Los capacitores pueden contener PCBs o fluidos con niveles distintos de contaminación. Los bifenilos policlorados pueden encontrarse en condensadores de diversos tamaños sellados herméticamente, desde los que van integrados a lámparas fluorescentes, que contienen unos cuantos gramos de PCBs, hasta unidades de alto voltaje como los capacitores monofásicos y trifásicos, que contienen hasta 60 Kg de líquido con PCBs. Los condensadores contienen los congéneres menos clorados de los PCBs, por lo que son más volátiles. Aunque en fechas distintas según los países, desde principios de 1980 se han ido eliminando los usos de PCBs en equipos eléctricos. A menos que se tengan otros datos, puede decirse que todo equipo fabricado antes de 1986 contiene PCBs (Ver Anexo). Hoy en día aún hay muchos condensadores que contienen esta sustancia.

El tamaño de estos condensadores varía en gran medida, desde el de un cubo de hielo hasta el de un refrigerador. Frecuentemente pueden reconocerse por las letras “kVAR” en su placa de identificación. Estas letras muestran la clasificación eléctrica de un capacitor, que usualmente esté posicionado entre 5 y 250 KVAR. En la realidad, en todos los condensadores fabricados entre 1930 y 1985; utilizan como sustitutos de líquidos dieléctricos PCBs.

Figura 29. Capacitor fabricado con PCB. A la izquierda se muestra el Capacitor Trifásicos, arriba la placa del capacitor.



Fuente: Proyecto PCB- GUATE.

Cuando un capacitor está contaminado con PCBs la estructura el mismo es relativamente difícil de descontaminar. En general, los capacitores se destruyen por incineración después de haber retirado todo el aceite con PCBs que puede hallarse presente, y de separar la caja del núcleo. Nunca es fácil extraer los PCBs existentes en el interior de la lámina enrollada. Ello no obstante para el tratamiento de los capacitores existen ciertas tecnologías que permiten descontaminarlos y recuperar los materiales útiles para su reciclado. Los materiales útiles de un capacitor son la caja externa y la lámina de aluminio que se utiliza en los rollos.

El aluminio tiene una calidad eléctrica y si se descontamina por completo puede alcanzar precios elevados como material reciclado. En el reciclado de esta lámina lo más difícil es conseguir una buena separación entre las láminas de aluminio y las de papel/polímeros, se debe tener en cuenta que estas películas aislantes han absorbido PCBs y toda operación dirigida a recuperar el aluminio, que es fácil de descontaminar con un solvente, debe ocuparse así mismo de este material contaminado. Algunos capacitores se tratan y reciclan incluso en países donde se puede recurrir a la incineración; en estos casos se incineran después los materiales contaminados y de difícil descontaminación incluidos en la película orgánica, este es un buen método económico y técnicamente asequible para la descontaminación de capacitores con recuperación de materiales.

3.4.1. Mantenimiento de un capacitor

Los capacitores pueden contener PCBs, son siempre estructuras selladas, por tal razón el mantenimiento no representa gran problema, siempre y cuando el condensador esté en buen estado y no tenga fugas. No obstante, al final de su vida útil presentan peligro potencial; además, se usan en condiciones de alto voltaje (Mayores a 480V) lo que implica que están sujetos a los parámetros eléctricos para su funcionamiento por lo que pueden tener filtraciones en las soldaduras.

Todos los capacitores se encuentran sellados por fabricación, por lo que el mantenimiento es un procedimiento relativamente sencillo:

- El mantenimiento general comprende la limpieza de bornes, aisladores o bushings y carcasa en general.

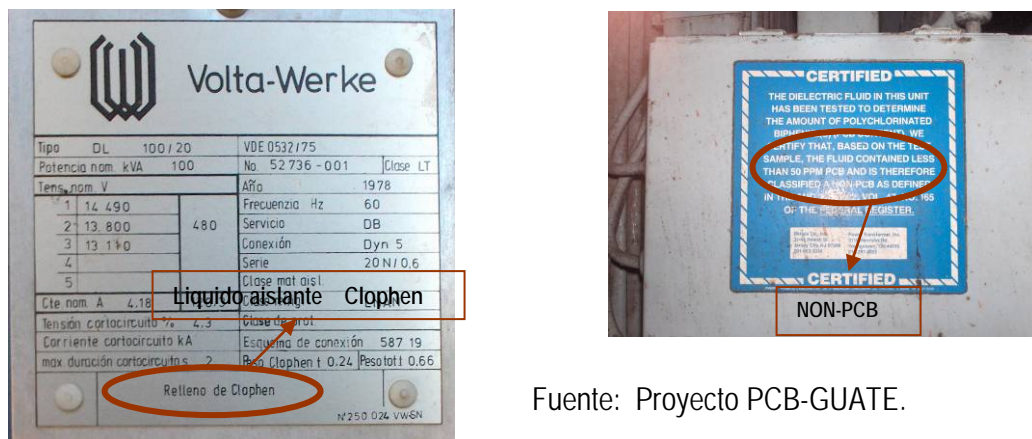
- No se puede extraer muestra alguna del dieléctrico para evaluar sus condiciones químicas y eléctricas. Por ésta razón es de importancia realizar una toma de muestra del aceite dieléctrico en los antiguos por tener alta probabilidad de haber sido fabricados con PCBs.

4. COMO DETERMINAR LA EXISTENCIA DE PCBs EN EQUIPOS ELÉCTRICOS

4.1. Como determinar la presencia de PCBs en equipos eléctricos con placa de características

Los equipos que originalmente fueron concebidos para contener PCB puro tienen en la placa de identificación la marca comercial del tipo de fluido dieléctrico utilizado (por ejemplo: Clophen, pyralène, etc.) Otra manera práctica de identificación del dieléctrico usado, que aparece en las placas de los transformadores es la siguiente: Si la identificación del fluido comienza con la letra O (ONAN,ONS,ONWF),el transformador contiene aceite mineral; si comienza con la letra L (LNAN,LNAF,LNWF)contiene fluido no inflamable (PCB)¹⁷.

Figura 30. Detalle del tipo de dieléctrico en placa de transformadores y certificación "NON PCB".



Fuente: Proyecto PCB-GUATE.

¹⁷ Los PCB tienen excepcional resistencia a altas temperaturas y son prácticamente ininflamables.

Normalmente, las propiedades de los dieléctricos están expresadas en la placa de identificación del artefacto. Es muy importante verificar en la placa los siguientes datos:

- Nombre del Fabricante
- Potencia en KVA
- Nombre del dieléctrico
- Peso (total y líquido)
- Año de fabricación

Estos datos servirán para indicar la presencia o no de PCBs en el equipo y de la cantidad de dieléctrico que debieran contener.

Tabla V Código IEC 60076 para transformadores sumergidos en aceite

1a Letra: "C" or "L" or "O"		2 ^{da} Letra: "N" or "F"	3 ^{ra} Letra: "A"	4 ^{ta} Letra: "N" or "F"
Tipo de refrigerante		Modo de circulación del refrigerante	Tipo de enfriamiento externo	Modo de circulación del enfriamiento externo
PCBs	Mineral oil	"N" = Natural	"A" = Air	"N" = Natural
"C" = Chlophen	"O" = Mineral oil			
"L" = Askarel				

Fuente: UNEP Chemicals, Compilation of transformer manufacturer.

* Las letras "C" o "L", indican la presencia de PCB en el dieléctrico identificado.

Es importante aclarar que el término ASKAREL se utiliza para denominar a un fluido dieléctrico que contenga más de 40% de PCB. Debido a que los PCB son poco fluidos, para utilizarlos en la industria se los mezclaba con Triclorobenceno. Es por eso que un transformador que posea ASKAREL puro tiene, generalmente, un 60% de PCB (600.000 ppm) y un 40% de Triclorobenceno. Un fluido dieléctrico con 50 ppm de PCB es, técnicamente, un aceite contaminado con PCB y el riesgo es muy inferior a un ASKAREL.

Como regla general a partir de 1975, los artefactos impregnados con PCB deben identificarse, **en tinta indeleble sobre un fondo amarillo**. Si el equipo fue instalado antes de 1975, puede que no tenga etiquetas de identificación del dieléctrico.

Como se mencionó anteriormente, cuando se encuentra aún la identificación del aceite en la placa del equipo: **Los líquidos que inician con la letra L como LFAF, LFAN, LFWN, LNP, LNS, LNW y LNWN; la letra C como CNAN, CNAF, CFAF; es indicativo que contienen PCB.** Estas letras representan el compuesto base que puede ser Askares o Clophen respectivamente.

Además de las señalizaciones que aparezcan en la placa, tales como:

- “NO INFLAMABLE”.
- “CONTIENE PCB”
- El nombre del aceite dieléctrico respectivamente, etc.

Todos estos son un indicativo de la existencia de PCB en los equipos.

Figura 31. trafo con PCB por la leyenda de la placa “Liquido no Inflamable”.



Fuente: Provento PCB-GUATE

Existen diferentes composiciones de PCB como: 1242, 1248, 1254, 1260; indica que tienen 42, 48, 54 y 60 % de sustitución de cloro. Los más utilizados en la industria eléctrica, en transformadores, fueron los AROCHLORES, especialmente los 1242, 1254 y 1260.

Tabla VI Listado de nombres comerciales de PCB

Listado de marcas por País			
Nombre	Manufactura/país	Nombre	Manufactura/país
Abuntol	American Corp. USA	Ducanol	UK
Aceclor	France	Dykanol	Comell Dubilier, USA
Acoclor	AGEC, Belgium	EEC-IS	Power Zone
Adine	France		Transformer, USA
Apirolio	Italy	E (d) ucral	Electrical Utilities Corp,
Apirolio	Caffara, Italy		USA
Aprolio	Caffaro, Italy	Elaol	Bayer, Germany
Apirolio	Italy	Electrophenyl	PCT, France
Aroc (h) lor 1221, 1232/1248	Monsanto, USA	Electrophenyl T-60	France
1254,1260,1268 1270, 1342,	PR. Mattorry 4 Go, USA	Elemex	McGraw Edison, USA
2565/4465/5460	United Kingdon, Japan	EUcarles	USA
Aroclor	UK, USA	Auxol	Monsanto, USA
Asbestol	Monsanto, USA	Fenchlor	Italy
Askarel	UK, USA	Fenclor 42,54,54,70	Caffaro, Italy
Ausol	Monsanto, USA	Firemaster	USA
Bakola 131	USA	Flammex	UK
Bakolo (6)	Monsanto, USA	HFO 101	UK
Bromkal	Germany	Hywol	Arovoc, Italy/USA
C (H) lophen A30	Bayer, Germany	Inclar	Caffaro, Italy
C (h) lophen A50	Bayer, Germany	Inclor	Italy
Chloresll*		Inerteen 300,400,600	Westinghouse, USA
Chlorextol	Allis-Chalmers, USA	Kanechlor	Japan
Chlorinol	USA	Kaneclor	Japan
Chlorintol	Sprayne Eletric Cos, USA	Leromoll	Germany

Continuación

Choresil		No-Flamol	USA
Chlorextol	Allis-Chalmers, USA	Phenoclor	France
Chlorphen	Jara Corp, USA	Plastivar	UK
Clophen	Bayer, Germany	Pydraul	USA
Cloresil	Italy	Pyralene	France
Clorinol		Pyranol	USA
Delor		Pyroclor	UK
Diachlor	Zángano Electric	Saft-Kuhl	USA
Diactor	USA	Santothem	France, UK
DI (a) conal		Solvol	Russian Federation
DK (deochlorodiphenyl)	Caffaro, Italy	Therminol	France, USA
DP3,4,5,6,5			

Fuente: Fiedler 1997; US EPA 1994; Dobson an van Esch 1993; Swedish Occupational Health an Safety Board 1985; Environmenta Canada 1985.

4.2. Como determinar la existencia de PCBs en equipos eléctricos y contenedores sin información del dieléctrico

Si no hay indicación clara en la placa, existen otras formas de identificar si el dieléctrico es PCB, considerando algunas características de los mismos, tales como; su apariencia incolora o amarillenta, su penetrante olor característico (puede causar dolores de cabeza e irritación de ojos) y su densidad de aproximadamente 1,5 contra 0,85-0,9 de los aceites minerales. Si esto falla, existen otros métodos para investigar los PCB.

Figura 32. Equipos antiguos sin información del dieléctrico.



Fuente: Proyecto PCB-GUATE

En el caso de los transformadores conteniendo aceites minerales contaminados con PCB, la identificación se puede hacer solamente por medio de un análisis del fluido, ya sea por medio de una cromatografía o un test colorimétrico (método cualitativo que, según el endpoint que se utilice - 20/50/100 ppm- indica la concentración mínima de cloro).

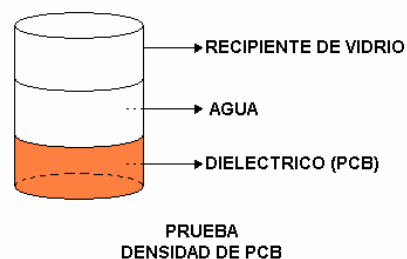
4.3. Pruebas analíticas para detectar la presencia de PCBs

Existen diferentes tipos de pruebas para detectar la presencia de bifenilos policlorados en una muestra de aceite o bien en un transformador eléctrico; que van desde pruebas sencillas de campo, hasta completos exámenes de laboratorio.

4.3.1. Análisis simple de campo

- **Prueba de densidad:** En un recipiente con agua agregue una pequeña muestra de aceite, si este se va al fondo tiene probabilidad de ser PCB por su alta densidad. Ésta reacción obedece a que los PCBs poseen densidades mucho mayores (1,2 – 1,5 kg/L) que el agua (1 kg/L) o aceite minerales (0,8 Kg/L).

Figura 33. Prueba de densidad de PCBs.



Fuente: Proyecto PCB-GUATE

- **Prueba de presencia de cloro:** La presencia de PCB es determinada observando el color de una flama después de encender la sustancia en un filamento de cobre, con una flama de gas. El color verde en la llama indica la presencia de PCB.

4.3.2. Análisis rápidos de detección en sitio

- CLOR-N-OIL KITS
- CLOR-N-SOIL KITS
- L2000 PCB/ analizador de cloro
- DR/2010 Espectrofotómetro portátil
- DR/800 Colorímetros
- DR/4000 UV-VIS Espectrofotómetros

Figura 34. L200 PCB/ analizador de cloro.



Fuente: www.dexsil.com

El L2000 PCB/Chlorine Analyzer. Puede utilizarse en suelos y muestras de aceite. Esta diseñado para ser usado en campo para aceites y superficies sólidas contaminadas. La prueba primero hace reaccionar la muestra con un reactivo que separa el cloro de la molécula orgánica. Un electrodo determina la concentración de PCB en la muestra reactiva.

Figura 35: Resultados de análisis clorhídrico con kits CLOR-N-OILS.



Fuente: www.dexsil.com

El CLOR-N-OIL, utiliza un cambio de color para indicar la presencia de cloro en una muestra. Tiene varios set point (20, 50, 100, 500 ppm). Estas son las pruebas utilizadas en el Proyecto PCB-GUATE

Figura 36. Kit Clor-N-Soil, para determinar concentración de PCB en suelos sospechosos de estar contaminados.



Fuente: www.dexsil.com

4.3.3. Pruebas analíticas de laboratorio

Las pruebas de laboratorio permiten determinar las concentraciones reales de PCB y verificar positivamente la presencia de estos cuerpos. Requieren equipos y materiales de ensayo específicos y deben ser realizadas por personas capacitadas para su uso. Algunas de las pruebas sólo dan la concentración general de PCB mientras que otras permiten identificar la presencia de los distintos congéneres.¹⁸

- Cromatografía de capa delgada (TLC)
- Cromatografía de gases (GC)
- Cromatografía de Gas-Líquido / Detección de captura del electrón

¹⁸ El documento "Verification of PCBs IPI Cleanup by Sampling and Analysis" (US EPA 1985) da detalles sobre las ventajas y los inconvenientes de muchas de las pruebas.

- Cromatografía de Gases de Columna Empacada / Detección de captura del electrón (METODO MAS ECONOMICO)
- Cromatografía de Gases de Columna Capilar
- Cromatografía de Gases / Detector de conductividad electrolítica
- Cromatografía de Gases / Espectrometría de masas.
- Extracción Térmica / Cromatografía de Gases / Espectrometría de masas (TE / GC / MS)

Figura 37 . Las pruebas de laboratorio arrojan los niveles de cloro de la muestra.



Fuente:
www.dexsil.com

4.4. Lineamientos para la toma de muestras

Para determinar presencia de PCBs en aceites dieléctricos, el muestreo de equipos, contenedores y desechos contaminados con PCB, debe hacerlo una persona capacitada para tal actividad, utilizando el equipo de seguridad adecuado (como mínimo guantes, lentes de protección, equipo de muestra), como los que se mencionan en la sección de equipo de protección personal de este manual.

Dependiendo del tipo de prueba que se le vaya a realizar a la muestra de aceite, así será la cantidad a tomar, de los contenedores o equipos eléctricos a estudiar. La cantidad puede ir desde algunos mililitros hasta uno o dos litros, se recomienda que para equipos eléctricos no se tome una muestra muy significativa para no variar en forma considerable las características dieléctricas del aceite en cuestión, pues esto produciría el mal funcionamiento del equipo, calentamiento, y riesgo de arcos eléctricos.

Las muestras deberán colocarse en un frasco de vidrio libre de contaminantes que pudieran afectar la muestra esterilizada. Siempre que tome una muestra utilice baldes de acopio para evitar la contaminación del área en donde esta trabajando por si hubiera algún derrame.

Los desechos derivados de la toma de muestras deben ser tratados como sólidos contaminados con PCB, y deberán almacenarse en contenedores especiales para su posterior tratamiento, sobre todo en aquellos que la prueba haya dado resultados positivos, así como para el resto de muestras, susceptibles de contaminación con PCB.

4.4.1. Precauciones para evitar contaminación en la muestra

- Evitar ingreso de tierra o grasa
- Utilizar solo frascos limpios preferentemente los proporcionados por el laboratorio.
- Inspeccionar tapas y roscas, que no estén rajados ni rotos.
- Trasladar inmediatamente el frasco al laboratorio, ya que este puede absorber agua del ambiente.
- Limpiar el aceite excedente y almacenar como desecho cualquier trapo o equipo de protección que entre en contacto con el aceite, hasta poder darle tratamiento por incineración a alta temperatura.

Se debe asumir que todo el aceite a muestrear contiene PCB hasta obtener los resultados concluyentes.

4.4.2. Muestreo de equipos energizados

- Si se tiene que tomar muestras de un equipo conectado con corriente y sin sello hermético, utilice la válvula para muestreo del transformador.
- Si no existe una salida externa de fondo, desconectar el equipo e ingrese por la parte de arriba, o por el registro de mano (hand hole), teniendo especial cuidado de utilizar equipo de protección y de no esparcir contaminación en el área de trabajo.
- Deberá mantener los niveles de líquido para que no se reduzca la resistencia dieléctrica del sistema de aislamiento.
- Precaución extrema con equipos pequeños o que tengan un volumen limitado del fluido aislante.
- No tomar muestra en transformadores de instrumentos que estén con corriente.

La resistencia dieléctrica de transformadores de instrumentos sellados de fábrica y de voltaje extra alto, podría reducirse de retirárseles demasiado fluido aislante, procure retirar como máximo 500 ml en un equipo de hasta 10 KVA.

4.4.3. Muestreo de fondo

- Se utiliza una boca de salida para muestreo externo en el fondo para tomar muestras del fondo de tanques o de equipos eléctricos conectados y desconectados. Este método es especialmente idóneo cuando se toman muestras directamente al recipiente de muestreo. La boca de salida podría consistir de una tubería de drenaje o extensión, una tapa o tapón de seguridad, con o sin una pequeña escotilla para muestreo, y una válvula de drenaje entre el equipo y la boca de salida.

- Verificar que la válvula este cerrada (Antes del tapón)
- Colocar recipiente para aceite debajo de la tubería de drenaje y retire la tapa / tapón de seguridad.
- Limpiar parte interna y roscas con trapos limpios sin pelusas.
- Verificar que tenga presión positiva.
- Antes de tomar muestra limpiar bote y

mangueras con solventes que se evaporen rápido y que no deje residuos (Ej: Alcohol)

- Si la tapa/tapón de seguridad viene equipado con una escotilla de muestreo, reinstalar la tapa/tapón con un sellador de rosca antiendurecedor y conectar un nuevo segmento de tubería de PVC o de Teflón a la escotilla de muestreo.

Figura 38: Drenado de aceite de transformadores utilizando balde de acopio.

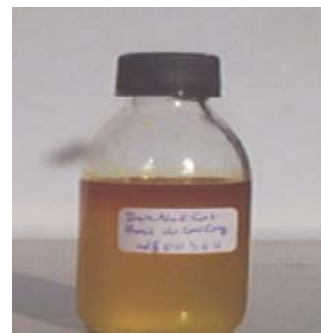


Fuente Manual de capacitación serie Convenio de Basilea 01/2003.

4.4.4. Muestreo de tanques grandes o contenedores de aceite

- Drenar de 1 a 2 litros de aceite a un recipiente recolector de desechos para poder enjuagar la válvula y tubería de drenaje.
- Luego de que la muestra haya sido recolectada en su frasco, devolver el aceite sobrante al tanque o darle trato de desecho líquido contaminado con PCB (ver sec. 5.7)

Figura 39. Recipiente de vidrio para contener muestras con ID.

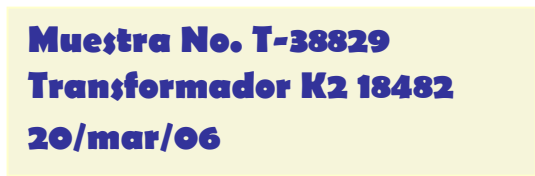


Fuente Proyecto PCB-GUATE

4.4.5. Muestreo de transformadores para análisis en laboratorio

- Sacar sólo suficiente aceite como para llenar la tubería de conexión o enjuagar la tubería/extensión de drenaje, y luego colocar los desechos en recipientes herméticos para su posterior incineración a temperaturas adecuadas (mayores a 1000°).

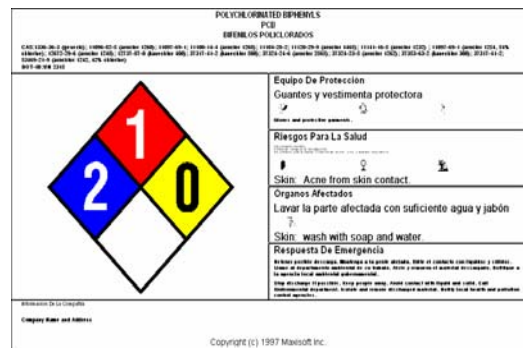
Figura 40. Modelo de Etiqueta de identificación para muestras.



Fuente: Proyecto PCB-GUATE

- Colocar la muestra en dos frascos de vidrio ámbar de 20 ml.
- Sostener el frasco o la tubería de manera que el aceite corra por la pared del frasco de muestreo y no se mezcle con demasiado aire.
- Llenar los frascos de muestreo casi totalmente, dejando un poco de espacio para que el aceite se expanda conforme se vaya calentando.
- Mantener un flujo suave y sin interrupción del aceite hasta que se hayan llenado los frascos de muestreo.
- Colocar una Etiqueta para PCB en cada frasco.

Figura 41. Etiqueta para equipo contaminado con PCB



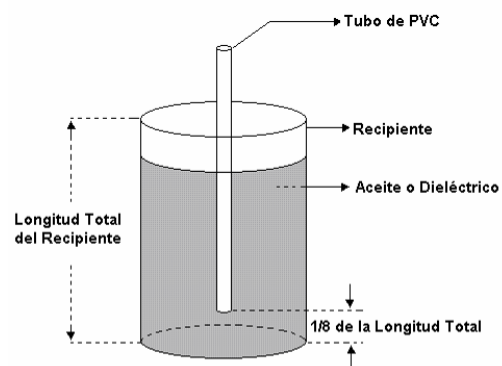
Fuente: www.pnuma.org

- Establecer un número de identificación único para cada muestra y etiquetar la bolsa de muestras.
- Llenar el Formulario de la Cadena de Custodia¹⁹ de PCB, e indicar en él cualquier problema o desviación de este procedimiento.
- Colocar la bolsa de muestras, las muestras, y el Formulario de la Cadena de Custodia de PCB en el contenedor en que se van a despachar, colocar la Etiqueta de PCB en el contenedor, y enviarlo o llevarlo al laboratorio.
- No volver a utilizar ni las tuberías ni los guantes y tratarlos como desechos contaminados.
- Colocar una etiqueta de PROBADO (TESTED) en el equipo que indique los resultados de la prueba de PCB.

4.4.6. Muestreo de equipos sin válvula para toma de muestra

Basta un sencillo tubo sumergible semi-rígido para tomar muestras del fondo de pequeños equipos eléctricos desconectados y de recipientes grandes. El tubo de reducido diámetro (1/2" de diámetro máximo) puede estar hecho de PVC y deberá ser lo suficientemente largo como para llegar al fondo del equipo eléctrico o del recipiente.

Figura 42. Detalle para toma de muestra con tubo sumergible.



Fuente Proyecto PCB-GUATE

¹⁹ Cadena de Custodia: son las personas capacitadas; quienes manejarán la muestra (quien toma la muestra, transporte, laboratorio, etc.)

Para la toma de muestras de este tipo de equipos o recipientes, se deberá considerar:

- Usar el EPP (Equipo de Protección Personal) apropiado; para no contaminar la muestra, evitar tocar aquellas partes del tubo que hayan estado en contacto con el aceite.
- Deberá desenergizar el equipo para tomar la muestra tomando en cuenta los lineamientos básicos que se mencionan en el apartado 5.1.
- Retirar la tapa o cubierta del registro de mano (hand-hole) del equipo eléctrico. (Aquel equipo eléctrico que no tenga registro de mano o tapa retirable podría tener un tapón lateral cerca del borde superior).
- Llenar el tubo de la manera siguiente:
 - Tapar el orificio superior del tubo sumergible con el pulgar.
 - Introducir el extremo inferior del tubo sumergible al fondo del contenedor y cerca al centro y levantarlo aproximadamente 1/8 de pulgada por encima del fondo, posteriormente retirar el pulgar.
 - Luego de llenarse el tubo sumergible, rápidamente volver a tapar el orificio con el pulgar y retirar el tubo sumergible.
- De no ser posible llegar al fondo del equipo, indicar en el Formulario de Cadena de Custodia del PCB a que altura por encima del fondo se tomó la muestra. Se debe tomar en cuenta que por la alta densidad de los PCBs, en comparación con otros dieléctricos, tienden a acumularse en la parte baja de los contenedores o equipos.
- Colocar la punta del tubo sumergible dentro del cuello del frasco para muestreo (de 20 ml) pegada a la pared.
- Soltar el pulgar (o girar la perilla de la pipeta), y dejar que el aceite fluya suavemente por la pared del recipiente y no se mezcle con demasiado aire.
- Sellar y etiquetar la muestra.

- Limpiar el área de trabajo y recolectar los desechos en bolsas de 20 micrones color rojo para posterior destrucción.

5. LINEAMIENTOS TÉCNICOS DE MANEJO ADECUADO PARA EQUIPOS ELÉCTRICOS Y DESECHOS CON PCB

5.1. Normas básicas de seguridad para el manejo de equipos eléctricos de potencia

Algunas medidas básicas que el trabajador deberá considerar son:

- El trabajador deberá tener especial cuidado de trabajar con el EPP para realizar maniobras con equipos energizados (botas, guantes, gafas, casco, ropa de trabajo), los equipos de protección no deben estar compuestos con partes metálicas.
- Queda terminantemente prohibido el uso de mangas, anillos de protección o de reloj metálicos que sirvan de conductores de electricidad, el oro y la plata son excelentes conductores de la electricidad.
- En caso de colocar herramientas en el cinturón de seguridad todas ellas sin excepción deben encontrarse aisladas o en su defecto estar dentro del bolso de herramientas y nunca dentro de la vestimenta.
- Si existen condiciones de extrema humedad, lluvias, etc. No inicie operaciones de mantenimiento y apertura de fases vivas, pues con la humedad aumenta el riesgo de choque eléctrico.
- Todo conductor deberá ser considerado como conductor vivo hasta comprobar lo contrario.
- Todo equipo eléctrico de potencia deberá estar puesto a tierra.

- Tenga cuidado de mantener las distancias adecuadas de las fases conductoras pues podría ocasionarse arco eléctrico. En la siguiente tabla se especifican las distancias máximas de aproximación según los niveles de tensión.

Los factores que causan accidentes eléctricos están representados por elementos físicos y elementos humanos, que en general estos últimos son los que causan los accidentes, debido a los siguientes factores:

- **Confianza excesiva**, debido al hábito que se tiene en la constante realización de los trabajos, se convierte en una confianza peligrosa y se olvidan las precauciones necesarias.
- **Ignorancia**, cuando no se respetan los consejos y encargos sobre la peligrosidad que conlleva el trabajar con equipos eléctricos de potencia.
- **Imprudencia**, la excesiva confianza que tienen los trabajadores, al creer demasiado en su experiencia y considerar que las acciones de precaución son solo para aprendices.
- **Precipitación**, se da cuando existen necesidades de cumplir con ciertos plazos de entrega que obliga al trabajador a efectuar trabajos precipitados y en malas condiciones.
- **Indisciplina**, a pesar de conocer el peligro de accidente, hay trabajadores que arriesgan totalmente su vida, por un detalle que consideran como de “hombria”.

Los equipos eléctricos deberán estar colocados en lugares que proporcionen condiciones de seguridad para los trabajadores. Algunos de los factores que se deben de tomar en cuenta en el manejo de equipos eléctricos son:

➤ **La humedad**

La presencia de la mayor o menor concentración de humedad en un cuerpo permite producir una trayectoria conductora de electricidad que puede causar un choque mortal.

Si usted, sus alrededores, su vestimenta y herramientas se encuentran mojadas, y cercanos a una fuente de electricidad, deberá suspender inmediatamente el trabajo que se esta realizando.

➤ **La atmósfera**

Cuando realice algún trabajo asegúrese que no existan partículas de polvo, vapores inflamables, exceso de oxígeno. El escape de una chispa en estas condiciones podría causar una explosión o un fuego. Ventile su área de trabajo para reducir la concentración de los peligros atmosféricos a un nivel seguro.

➤ **La iluminación**

La deficiente iluminación es un peligro muy común en muchos lugares de trabajo. Si no hay suficiente luz para trabajar seguramente instale lámparas para compensar la deficiencia de iluminación.

➤ **Las herramientas.**

En un gran porcentaje las herramientas desgastadas, defectuosas u operadas con descuido son la causa directa de muchos accidentes eléctricos escoja siempre la herramienta apropiada para el trabajo que va a realizar y úsela correctamente.

Una de las formas de evitar el mal uso de las herramientas es la siguiente:

Antes de comenzar cualquier trabajo, inspeccione todas sus herramientas para verificar que estén en buen estado, limpias, secas, libres de aceite o de depósitos de carbón, no modifique la herramienta para otros usos. No intente aislar las herramientas usted mismo.

Todo equipo eléctrico debe de ser sometido a inspecciones periódicas documentadas, para evaluar sus condiciones de trabajo. La documentación de la inspección deberá de contener como mínimo la siguiente información:

- Fecha de la inspección
- Identificación del equipo y localización
- Condiciones (en uso o almacenado)
- Existencia de fugas
- Condiciones de su entorno (ventilación, humedad, cerca de sustancias inflamables, etc.)

Tabla VII Distancias mínimas de aproximación del trabajador a partes energizadas expuestas de corrientes alterna.

Tensión de fase a fase (KV)	Distancia mínima de aproximación fase a tierra (m)	Distancia mínima de aproximación fase a fase (m)
0 – 0.300	Evitar contacto	Evitar contacto
0.301 – 0.750	0.31	0.31
0.751 – 15	0.65	0.67
0.751 – 15	0.77	0.86
15.1 – 36	0.77	0.86
36.1 – 46	0.84	0.96
46.1 -121	1.00	1.29
138 - 145	1.09	1.50
161 – 169	1.22	1.71
230 – 242	1.59	2.27
345 – 362	2.59	3.80
500 – 550	3.42	5.50
765 – 800	4.53	7.91

Fuente: Normas técnicas de Diseño y Operación de las Instalaciones de Distribución. CNEE

* Distancias para hasta 900 msnm. Para 1000 msnm aplicar factor de 1.01

Tabla VIII Factores de Corrección por Altitud

Altitud (msnm)	Factor de Corrección
900	1.00
1200	1.02
1500	1.05
1800	1.08
2100	1.11
2400	1.14
2700	1.17
3000	1.2
3600	1.25
4200	1.30

Fuente: Normas técnicas de Diseño y Operación de las Instalaciones de Distribución. CNEE

La ubicación de los equipos eléctricos deberá de proporcionar al trabajador condiciones de trabajo seguras.

En sitios abiertos:

- El área donde estén instalados los equipos deberá de estar señalizada con avisos de precaución.
- Las fases vivas deberán estar dispuestas de manera que proporcionen distancias adecuadas de trabajo según los voltajes.
- Las áreas deberán de estar en un lugar que evite al máximo el riesgo de inundaciones.
- Si los equipos están colocados en plataformas, postes, etc. Estos deberán ser sólidos y soportar el peso del equipo con tanques llenos y el peso del personal de mantenimiento. Se deberá verificar las condiciones de los soportes periódicamente, para evitar la caída de los equipos y personal de trabajo.

En sitios cerrados

- El área debe de ser únicamente dispuesta para equipos eléctricos.
- No se deben de almacenar sustancias inflamables con el equipo eléctrico.
- Deberá de tener una ventilación adecuada, como ventajas, o sistemas de ventilación artificial.²⁰
- El sitio deberá de estar libre de humedad.
- En caso de inundación del área, desconectar inmediatamente los equipos y ponerlos en funcionamiento hasta haber secado el área y verificar que no existan daños a los mismos. Acondicionar el área para evitar futuras inundaciones.

²⁰ Los sistemas de ventilación deberán ser de uso exclusivo para el área de equipos eléctricos pues en caso de incendio se evita contaminar otras áreas y por ende el riesgo de intoxicar al personal.

- Deberá de contar con iluminación suficiente para desarrollar tareas de mantenimiento.
- Deberá de poseer señalización de precaución
- Se recomienda que este provisto de sistema contra incendios.
- Deberá de estar libre de contaminación como polvo excesivo, basura, humedad, etc.

En cualquiera de los casos, el acceso a las áreas de equipo eléctrico de potencia y el manejo de los mismos deberá ser restringido a personal calificado y provisto de EPP mínimos:

- Guantes de protección de: Algodón, Goma, Cuero.
- Casco de seguridad
- Gafas de protección
- Botas o zapatos de seguridad
- Ropa de trabajo
- Cinturón de seguridad
- Bolsa aislada de herramientas

Debido a las propiedades tóxicas de los PCB y a su habilidad para bioacumularse, se deben aplicar medidas de protección y seguridad estrictas durante el almacenamiento, manejo y uso de los productos. Es entonces necesario:

- Advertir al personal de los riesgos presentes en estos productos, las precauciones necesarias y las medidas a tomar en caso de accidentes.
- Evitar, en la medida de lo posible, las emisiones de vapores en los talleres donde se estén reparando artefactos con PCB, asegurar que haya una buena ventilación en el área de trabajo.

- Prohibir el uso de artefactos productores de llamas en presencia de PCB o de artefactos que aumenten la temperatura en la superficie metálica a niveles altos, debido a los riesgos de descomposición y emisiones de sustancias tóxicas (esto significa la prohibición de operaciones de soldadura y de corte mediante oxi-acetileno en los transformadores de PCB).
- Almacenar productos y desechos en contenedores metálicos sellados y etiquetados, los cuales deberán mantenerse en instalaciones con adecuada ventilación
- Evitar cualquier contacto de los productos con la piel o los ojos. Se deberá proporcionar al personal equipos de protección apropiados.
- Los equipo identificados con PCB, deberán ser inspeccionados regularmente, para verificar la ausencia de fugas.
- Las inspecciones deberán ser documentadas.
- Todo equipo identificado como PCB deberá ser señalado con etiquetas indelebles o con pintura color rojo.

5.2. Niveles de protección personal

Antes de enumerar los lineamientos para el manejo adecuado de equipos con PCB, mencionaremos los equipos de protección personal (EPP) básicos; los siguientes niveles son los que la OSHA²¹ recomienda dependiendo de la ubicación de los equipos a inspeccionar o en la toma de muestra:

²¹ OSHA: Occupation Safety & Health Administration

5.2.1. Nivel de protección tipo A

Este es el mayor nivel de protección. Es utilizado en edificaciones con ventilación deficiente u otros espacios cerrados donde se hayan volatilizado los PCB a partir de superficies grandes, p.e., una situación de limpieza de un derrame grande.

- Respirador de aire (Self-contained Breathing Apparatus - SCBA) con presión positiva, con máscara facial completa.
- Ropa anti-químicas totalmente encapsulada
- Overoles Braga Tyvec
- Guantes exteriores anti-químicos para trabajo pesado
- Guantes interiores, anti-químicos para trabajo liviano
- Botas, anti-químicos, puntera y talón de acero
- Casco

Figura 43. EPP Nivel A



Fuente: EPA.

5.2.2. Nivel de protección tipo B

El trabajador solamente esta en un área de derrame sin ventilación natural para inspeccionar y no para participar en la operación de limpieza del derrame.

- Respirador de aire (Self-contained Breathing Apparatus - SCBA) con presión positiva, con máscara facial completa.
- Ropa anti-químicos totalmente encapsulada
- Overoles Braga Tyvec

Figura 44. EPP Nivel B



Fuente: EPA

- Guantes exteriores anti-químicos para trabajo pesado
- Guantes interiores, anti-químicos para trabajo liviano
- Botas, anti-químicos, puntera y talón de acero
- Casco

5.2.3. Nivel de protección tipo C

- Operaciones al aire libre en áreas grandes de derrame de PCB u operaciones en que se trabaje de manera estrecha y continua con equipo abierto de PCB o con tambores abiertos de material contaminado de PCB.
- Respirador purificador de aire, que cubre la cara totalmente o parcialmente (es decir, el respirador tipo cartucho con el cartucho apropiado para filtrar los vapores orgánicos). Ver normas NIOSH
- Ropa anti-químicos con capucha (p.e. Overoles Tyvex)
- Guantes exteriores, anti-químicos, para trabajo pesado
- Guantes interiores, anti-químicos, para trabajo liviano
- Botas, anti-químicos, puntera y talón de acero
- Cubre-botas exteriores, anti-químicos
- Mascara facial o gafas protectoras, de ser necesario

Figura 45. EPP Nivel C



Fuente: EPA

5.2.4. Nivel de protección tipo D

El equipo de protección de Nivel D se emplea cuando no hay riesgo respiratorio, pero puede existir el potencial de daños menores por contacto de los PCB con la piel o la ropa. Un ejemplo de situaciones donde el Nivel D se recomendaría con las tomas de muestras en transformadores PCB, o en áreas pequeñas de suelos o aguas contaminadas.

- Overoles tipo Tyvex
- Guantes anti-químicos
- Botas con puntera y talón de acero, de ser necesario
- Cubre-botas, anti-químicos
- Mascara facial o gafas de seguridad, de ser necesario

Para toma de muestras en lugares sin maquinaria trabajando, serán suficientes guates y gafas.

5.3. Respuesta en contaminación fría

5.3.1. Medidas preventivas ante el riesgo de contaminación fría

Se debería verificar en forma regular la hermeticidad de los equipos, pero en todos los casos debería existir un mecanismo hermético para la contención de los derrames:

Figura 46. EPP Nivel D



Fuente: EPA

- En las instalaciones existentes puede mantenerse el sistema de retención existente si es hermético y si no existe peligro de derrames hacia el ambiente o la red de sanidad pública;
- Se sugiere, que para instalaciones nuevas de almacenaje, el mecanismo tenga un mínimo de capacidad por lo menos igual al más alto de los siguientes valores:
 - 100% de la capacidad del contenedor más grande
 - 50% del volumen total almacenado (de esta forma, un taller en donde haya un transformador con 400 litros de piralina²² y otros dos transformadores que contengan 300 litros cada uno deberá tener una capacidad mínima de retención de 500 litros)
- No se aplica el requerimiento de un mecanismo de retención hermético para capacitores impregnados con PCB en forma de gel, dado que no es probable el mismo escape en caso de que la carcasa se rompa.

Para Talleres de reparación, recuperación, descontaminación y desmantelamiento se toman las medidas descritas anteriormente y además

- Los pisos de cada instalación deberán ser herméticos y fáciles de descontaminar. A tales efectos, sería aconsejable aumentar los umbrales y bloquear las aberturas por donde podría derramarse piralina (por ejemplo, los espacios para el pasaje de cables).
- Se prohíbe el alcantarillado y tuberías de combustible.

²² Piralina: Nombre comercial de PCB

5.3.2. Medidas correctivas en caso de contaminación fría

- Los derrames serán contenidos de inmediato, a fin de evitar el envenenamiento por los conductos de desagüe, sumideros, etc., utilizando materiales absorbentes como aserrín, arena o tierra, los cuales deberán ser tratados como desechos contaminados luego de ser utilizados.
- En caso de cualquier derrame de PCB y riesgo de contaminación ambiental, poner sobre aviso a las autoridades correspondientes (Ministerio de Ambiente).
- Alertar a los doctores de guardia y asegurarse de que el personal esté equipado con vestimenta la protección apropiada para PCB, tales como: lentes de seguridad, guantes, Botas de Hule, trajes impermeables.
- Delimitar un perímetro de seguridad, donde sea necesario, ventilar las instalaciones usando los medios disponibles.
- Limitar el derrame de PCB sellando la brecha (con trapos) y usando absorbentes (como arena, aserrín, cemento, tierra Fuller).
- Limpiar el piso:
 - Si es hermético, raspar completamente y usar vapor para ablandar los PCB. En ningún caso se deberá usar una llama sin protección. No se deben usar solventes clorados, sino únicamente detergentes suaves como por ejemplo detergente líquido lavavajillas que contiene niveles bajos de cloro, o algún otro parecido, esto con la finalidad de evitar la emisión de vapores contaminantes.
 - Si no es hermético, se debe remover todos los pisos subterráneos muy contaminados: concreto, tierra, etc. Pues los contaminantes podrían filtrarse al manto terrestre y hasta contaminar aguas subterráneas.

- Si existe riesgo de contaminación de las aguas subterráneas se deben tomar inmediatamente medidas apropiadas para limitar y finalmente eliminar la contaminación.
- Colocar todos los productos contaminados que se recogieron (aguas de lavado, tierras con niveles de contaminación superiores a 100 ppm, vestimenta, etc.) en contenedores herméticos para su subsiguiente destrucción por incineración (Ver sección de destrucción para PCBs). Pueden utilizarse bolsas plásticas 120 micrones de espesor de color rojo.
- Tratar los suelos con un nivel de contaminación superior a 100 ppm (puede determinar la concentración de PCB en suelos con los kits CLOR-N-SOIL). Por debajo de 10 ppm no se consideran contaminados.
- No se puede tirar el agua a menos que contenga menos de 0,5 ug/litro.

5.3.2.1. Descontaminación de pisos

- El personal deberá protegerse con overoles impermeables, lentes, guantes de látex, botas de hule.
- Las maniobras de descontaminación deberán hacerse con implementos desechables, tales como: cepillos plásticos, etc.

Figura 47. Equipo de protección para limpieza de pisos



Fuente: Manual de capacitación Serie Convenio de Basilea. 2003/01.

- Los desechos contaminados deberán almacenarse en tambores certificados para su posterior incineración.
- Raspar completamente y usar vapor para ablandar los PCB. En ningún caso se deberá usar una llama sin protección. No se deben utilizar solventes clorados, sino únicamente detergentes suaves como por ejemplo detergente líquido lavavajillas que contiene niveles bajos de cloro.

5.4. Respuesta en contaminación caliente

5.4.1. Medidas preventivas en caso de accidentes calientes

Para evitar la posibilidad de descomposición de los dieléctricos, la cual puede ocurrir cuando los vapores tóxicos alcanzan 300 °C, se deben seguir los siguientes pasos:

- Prohibir la acumulación de materiales inflamables (papel, cartones, trapos, pinturas, solventes) en los alrededores de los equipos o bloquear los equipos mediante el uso de tabiques refractarios con una clase de resistencia al fuego de dos horas (con puertas refractarias de una hora de resistencia) con el objetivo de protegerlos de posibles incendios externos
- Informar a los servicios de emergencia y bomberos de la presencia de equipos con PCB, de manera que puedan adaptar sus procedimientos tomando en cuenta la existencia de gases tóxicos en la atmósfera.
- Verificar (o disponer que una organización aprobada verifique) que los artefactos con PCB no estén operando en condiciones de sobrecarga eléctrica, pues esto provoca la gasificación del aceite, aumentando el riesgo de la existencia de vapores contaminantes en el área.

- Verificar que los transformadores tengan la protección correspondiente (relevadores de sobrepresión, sobrecalentamiento, sobretensión, etc.) para asegurar que se apaguen o desconecten, en caso de mal funcionamiento interno así como instrucciones que prohíban que se vuelvan a encender manualmente antes de determinar la causa del malfuncionamiento.
- Asegurar que los combustibles estén cerrados en forma apropiada. Los sitios donde se manejen los PCB y se depositen artefactos que contengan PCB deben ser distintos a aquéllos donde se realicen otras actividades. Es aconsejable tomar medidas para prevenir que el humo o vapor generado en caso de accidente se propague a sitios vecinos o a las oficinas (ductos de ventilación, tuberías de eliminación de desechos, etc.)

5.4.2. Medidas correctivas en caso de contaminación caliente

- **Primera situación:** La estructura del transformador está intacta. Hubo algún sobrecalentamiento interno por un pico de voltaje o sobrecarga del equipo, en éste caso se deberá considerar:
 - No abrir el transformador sin verificar los niveles de temperatura del aceite (50° - 60° C según tipo de equipo).
 - Liberar la sobrepresión en la cuba por medio del relevador de sobrepresión.
 - Usar equipo de protección nivel A (ver sección 5.2).
- **Segunda situación:** En caso de que la sobrecarga eléctrica en el equipo haya provocado una grieta en la cuba del artefacto pero no hubo descomposición ante la presencia de oxígeno (no se produjo un

incendio). Este tipo de accidente implica el vertido de los PCB en estado líquido y la producción de vapores de ácido clorhídrico. Es un “accidente frío” y se deben tomar las mismas medidas que las de la situación anterior.

- **Tercera situación:** Incendio en la planta o en las cercanías del equipo de transformación.

Debido al calor y la presencia de oxígeno, los tres casos presentan un riesgo de descomposición de los PCB y de formación no sólo de gas clorhídrico sino de compuestos tóxicos de mayor importancia como las dioxinas y furanos. Existe entonces un riesgo de “contaminación caliente”. En este caso es necesario:

- Desconectar la unidad.
- Llamar a la brigada de bomberos y brindarle detalles precisos sobre la naturaleza del accidente para que utilicen el equipamiento adecuado para entrar al sitio y combatir el incendio. Para evitar que los baldes de acopio²³ se desborden y viertan su contenido al ambiente se debería usar CO₂ como gas y hielo seco.
- Informar a las autoridades correspondientes sin demora
- Delimitar el área contaminada, asegurar y controlar estrictamente el acceso a la misma, permitiendo sólo la entrada a personas con equipos de protección (trajes a prueba de agua, lentes, máscaras, Botas, guantes) y sólo en el caso de ser absolutamente necesario y durante el menor tiempo posible

²³ Baldes de Acopio: Recipientes para evitar filtraciones en el área de toma de muestra.

- Detener la contaminación lo más posible mediante el sellado de los canales de comunicación entre áreas contaminadas y áreas no contaminadas. Las autoridades pueden ordenar la evacuación del área contaminada (en caso que la misma se extienda) y una inspección de la contaminación. Dicha inspección es una operación extremadamente compleja y delicada y debe realizarse en condiciones sumamente estrictas para determinar si las instalaciones pueden ser ocupadas de nuevo.
- Colocar en un contenedor los escombros, objetos sin valor y vestimenta contaminada para luego destruirla por incineración (ver sec. 5.12) en un sitio autorizado.
- Limpiar con vapor o lavar con solvente, las superficies fijas y los objetos inútiles para eliminar la contaminación extraíble y reducir drásticamente la contaminación general, con el fin de que las instalaciones vuelvan a su estado normal antes de ser ocupadas nuevamente. A pesar de que las técnicas involucradas son relativamente sencillas, la descontaminación de las instalaciones dañadas por incendio debe ser realizada por profesionales capacitados en el manejo de PCB²⁴.

²⁴ La operación de limpieza será llevada a cabo por expertos en descontaminación química en conjunto con especialistas y autoridades, quienes delimitarán el área y dispondrán de los métodos a aplicar y los materiales que deben ser desechados.

5.5. Salud laboral

5.5.1. Primeros auxilios²⁵

Contacto con la piel:

- Lavarse con abundante agua corriente fría y jabón neutro. En caso de grandes áreas contaminadas bañarse con abundante agua corriente fría y jabón neutro.
- No se usarán solventes, detergentes o abrasivos.
- Eventualmente se untará la piel afectada con crema emoliente.

Contacto con los ojos:

- Lavar con agua corriente en abundancia, y con solución de ácido bórico al 3% o con solución de cloruro de sodio (sal común) al 1,5%.

Inhalación:

- Retirar a la persona afectada del lugar y hacerle respirar aire fresco. En caso de intoxicación aguda , utilizar una máscara de oxígeno.

Ingestión:

- Suministrar 3 ml de vaselina medicinal por kg de peso y luego una cucharada de sulfato de sodio en 250 ml de agua.
- En todos los casos, luego de practicados los primeros auxilios concurrir al médico.

²⁵ Lic. Witold Kopytynski. Ingeniero Ambiental. UCA (Universidad Católica Argentina).

5.5.2. Exámenes preocupacionales y periódicos

Los exámenes a realizar determinarán eventuales alteraciones de:

- Hígado
- Aparato respiratorio
- Dermatológica
- Alérgicas
- Enfermedades crónicas de órganos enfermos

En las personas que presentan las siguientes afecciones aumenta el riesgo para su salud si realizan tareas con PCB:

- Inflamación del árbol respiratorio (bronquitis, etc.)
- Enfermedades crónicas de órganos enfermos
- Enfermedades infecciosas
- Eczemas
- Dermatitis alérgica
- Reacciones alérgicas específicas
- Los exámenes se realizarán anualmente en caso de tareas discontinuas.
- Si las tareas se realizan durante más de seis meses al año, estos exámenes se harán semestralmente

Los exámenes preocupacionales incluirán:

- Historia clínica con historial laboral, con especial énfasis en la función hepática, evaluación cutánea e historia reproductiva.
- Examen físico con particular atención en la piel y la función hepática, incluyendo determinaciones de SGOT y SGPT, así como triglicéridos y otros índices del metabolismo graso.

- Durante los exámenes preocupacionales o periódicos, los trabajadores a los que se halle una patología que directa o indirectamente pueda ser agravada por la exposición a PCB, serán informados y no podrán ser admitidos al ingreso y serán removidos de esta tarea.
- Las mujeres en edad gestacional o durante el período de lactancia, no podrán realizar tareas en lugares donde se utilice PCB.
- Se llevarán registros médicos de todos los trabajadores expuestos al PCB, y los mismos se guardarán durante el período de ocupación más treinta años.
- Todos los trabajadores que en algún momento hayan realizado tareas con PCB o que hayan estado expuestos a PCB o a equipos que lo contengan y aunque en la actualidad no efectúen tareas de este tipo en la empresa, se someterán a los exámenes de salud ya especificados.

El servicio de medicina del trabajo llevará juntamente con el servicio de higiene y seguridad en el trabajo, un registro personal de cada trabajador expuesto en el que constará:

- Tipo de tarea realizada.
- Tiempo de exposición y frecuencia.
- Fecha de realización de la tarea.
- Elementos de protección personal utilizados.

5.6. Procedimientos de reparación y mantenimiento de transformadores con PCB

Es posible realizar ciertos procedimientos de mantenimiento en sitio, tales como:

- Cambio de aceite y descontaminación de transformadores con PCB.

- Toma de muestras.

Para realizar estas operaciones en forma efectiva es necesario seguir los pasos que se indican a continuación:

- Facilitarle al médico de turno una lista del personal vinculado con el trabajo.
- Brindarle al personal mencionado anteriormente de equipos de protección para PCB obligatorios (guantes, lentes de seguridad).
- Asegurarse que el espacio de trabajo esté bien ventilado.
- Evitar cualquier emisión de PCB. El trabajo se debería realizar en superficies herméticas, con el agregado de una sábana cuando sea necesario.
- Asegurarse que los materiales de mantenimiento que se utilicen no estén impregnados con sustancias que presenten reacción al cloro y que sean de uso exclusivo para equipos con PCB (Guantes, mangueras, bombas, etc.)
- Evitar todo contacto con llamas desnudas y el calentamiento de los PCB o de los artefactos (en especial cuando haya soldaduras).
- Recolectar todos los desechos contaminados con PCB producidos en el trabajo y colocarlos en contenedores metálicos herméticos para que luego sean destruidos en un sitio autorizado (ver sec. 5.12).
- Los equipos y utensilios (bombas, mangueras, guantes, etc.) utilizados en un equipo con PCB no pueden ser reutilizados en equipos libres de éste, para evitar contaminación cruzada.

Todas las actividades relacionadas con mantenimiento de equipo con PCB deberán hacerse en lugares acondicionados con piso impermeable y con suficiente ventilación como mínimo.

Estas recomendaciones deberán seguirse para los equipos que, por no tener recursos inmediatos, se requiera seguir utilizando, debiendo mantener estricto control para los equipos, para evitar derrames o accidentes que provoquen contaminación de cualquier forma con PCB. Los equipos en mención deberán ser almacenados y eliminados posteriormente como se indica en la Sec. 5.12.

Los desechos de PCB generados durante el funcionamiento del equipo (mantenimiento, relleno, limpieza, etc.) se deberán almacenar primero y luego eliminar en condiciones apropiadas para el ambiente en lugares que, en todos los casos, estén debidamente acondicionados para este fin (ver sec. 5.8). Podrá requerirse al usuario que presente las pruebas correspondientes en cualquier momento.

5.6.1. Sustitución del dieléctrico en un transformador con PCB

A pesar de que la meta final es la eliminación total del uso de los PCB, es incluso preferible no apresurarse hacia una conversión a priori y sistemática de todos los equipos que contengan PCB.

Por un lado, esta operación plantea el problema de la remoción y destrucción en el mismo momento, de todos los equipos existentes y, por otro lado, el reemplazo de los equipos por otros artefactos igualmente confiables.

Se pueden considerar dos posibilidades cuando el estado del artefacto o de su dieléctrico necesita reemplazo:

- Cambio del líquido (“sustitución”).
- Instalación de un nuevo artefacto

En Guatemala no hay empresas dedicadas a dar mantenimiento certificado de equipo con PCB, si su empresa cuenta con recurso para hacer esta actividad recuerde que debe utilizar equipo exclusivo para mantenimiento de equipo con PCB (como bombas, mangueras, baldes de acopio, etc.). En términos generales, esta actividad involucra:

- **El drenaje del líquido con PCB:** La descontaminación del artefacto y el relleno con otro dieléctrico. (utilice bombas exclusivas para equipo con PCB)
- **La descontaminación del artefacto:** Incluye el drenado por vacío para garantizar que las partes porosas del equipo no contengan residuos significativos de PCB. (En Guatemala no existen empresas certificadas para realizar la descontaminación de equipos eléctricos con PCB).
- **La sustitución del aceite:** El sustituto podrá ser aceite mineral, debiendo tomar en cuenta que disminuirá la densidad del fluido y podrían presentarse niveles de temperatura mayores a los especificados por fábrica, para lo que se recomienda e acondicionamiento de sistema de enfriamiento por aire forzado.

Entre los dieléctricos que actualmente se sugieren para este propósito, los aceites minerales son los más fáciles de usar. En todos los casos, la elección debe hacerse luego de un cuidadoso estudio comparativo de riesgos y luego de consultar al fabricante del equipo. Se debe recordar que la constante dieléctrica de un aceite mineral no es la misma que un aceite a base de PCB; se requiere mas volumen de aceite mineral para alcanzar la protección que ofrece un aceite con PCB.

El cambio del líquido es una operación delicada, presenta el riesgo de derrames de PCB hacia el ambiente. **Todo aceite de transformador debe de considerarse como PCB hasta comprobar lo contrario.**

Tabla IX Características de reemplazos de PCB.

Tipo de dieléctrico	Desventajas	Ventajas	Comentarios
Aceites minerales	Peligro de incendio	Líquidos levemente tóxicos y muy conocidos. Líquidos dieléctricos más baratos	Se requiere un hoyo de evacuación o un sistema similar
Aceites pesados	- Alta viscosidad, se requieren arreglos especiales para el enfriamiento del transformador - Menor rigidez dieléctrica que los aceites normales	Aceite mineral	Se requiere un hoyo de evacuación o un sistema similar No muy disponibles en el mercado
Transformadores impregnados	- Precio alto, dependiendo del tipo de aislamiento - El comportamiento en incendios depende de las especificaciones técnicas - Muy sensibles a contaminación y humedad - Requieren una carcasa exterior - El nivel de ruido puede ser elevado	- No son contaminantes - Baja cantidad de productos combustibles en caso de incendio - Posibilidad de rápido enfriamiento	- Más voluminoso que un transformador con dieléctrico con dieléctrico líquido
Transformadores encajonados	- Alto precio - La descomposición puede producir sustancias tóxicas (aplicable a ciertas resinas con aminoproductos) - El nivel de sonido puede ser elevado	- No son contaminantes - Muy buena resistencia a la humedad y a la contaminación - Posibilidad de rápido enfriamiento	Requieren verificación de actuación en condiciones de sobrecarga Requieren pruebas de conducción de reacción Son más voluminosos que un transformador con dieléctrico líquido

Fuente: Manual de Capacitación. “Preparación de un plan Nacional de manejo ambientalmente adecuado de los bifenilos policlorados (PCB) y de equipos contaminados con PCB”. Serie del Convenio de Basilea No. 2003/01.

En el cuadro de arriba, se resume las principales ventajas y desventajas del reemplazo. No existe una solución que resuelva todos los problemas del reemplazo de los transformadores de PCB. Cada usuario debe seleccionar, entre los distintos productos que ofrece el mercado, el que mejor cumpla con los requerimientos específicos necesarios.

Los principales cuidados que deberán tenerse al realizar actividades relacionadas con el cambio de aceites son:

- Utilizar siempre Equipo de Protección Personal (como mínimo gafas y guantes)
- Utilizar baldes de acopio para evitar la contaminación del suelo inmediato.
- Si es posible hacerlos en un área con piso impermeabilizado con resina epóxica.
- No hacerlos en cercanías de combustibles o materiales inflamables.
- Evitar cualquier tipo de contacto directo con el cuerpo y el aceite. Si esto ocurre lave inmediatamente con abundante agua el área afectada.
- Se recomienda que el cambio de aceite lo hagan compañías calificadas para tal actividad por medio de personal capacitado y consciente del manejo adecuado de las sustancias en mención.

Si el proceso de descontaminación no puede garantizar que el nuevo líquido tendrá un contenido de PCB menor a 0,05 ppm a lo largo de su vida útil, debido a que, entre otras razones, exista impregnación con PCB de los componentes (cuñas de madera, aislantes, etc.), el artefacto deberá estar sujeto a las mismas medidas de seguridad que aquellos que contienen líquidos con base de PCB, es decir, etiquetado, medidas de prevención, y eliminación.

El etiquetado debería incluir la marca comercial y las propiedades del nuevo líquido y también sería aconsejable indicar la fecha en la cual comenzó a operar con el líquido sustituto.

5.6.2. Instalación de nuevos artefactos

La elección de un artefacto a instalar en un equipo con PCB, involucra una serie de criterios que incluyen:

- Probabilidad de que el artefacto cause un incendio en caso de falla, con la finalidad de evitar la formación de dioxinas y furanos.
- Comportamiento del artefacto en caso de incendio originado por una fuente distinta al propio artefacto.
- Toxicidad del material aislante al ser humano y al ambiente.
- Toxicidad, corrosividad y opalescencia de las liberaciones de humo en caso de incendio
- Costo del artefacto y de sus instalaciones. Deberá considerarse el costo de mantenimiento del equipo con el nuevo artefacto y garantizar el funcionamiento del equipo sin filtraciones.
- Posibilidad de ser destruido, etc.

5.7. Manejo adecuado de desechos contaminados con PCBs

El manejo adecuado para desechos contaminados con PCB, comprende desde el mantenimiento adecuado de equipos y contenedores con PCB, hasta la destrucción de los desechos y sustancias contaminantes.

La finalidad principal es evitar la dispersión de contaminación al medio ambiente y/o perjudicar la salud de la población en general. Es importante señalar que los PCBs son sustancias altamente contaminantes, pero hasta cierto punto manejables, siempre cuando se sigan las recomendaciones necesarias para evitar accidentes de contaminación.

Los desechos contaminados con PCB requieren de manejo adecuado al igual que los equipos que los contengan. La lista siguiente deberá ser considerada como desechos contaminados con PCB y deberán ser almacenados con especial cuidado como se menciona más adelante.

- Pedazos de artefactos que contengan o hayan contenido PCB.
- Transformadores de aceite mineral que contengan PCB (>50 ppm).
- PCB no reutilizables.
- Recipientes inutilizables que hayan contenido PCB.
- Vestimenta, trapos, overoles especiales, guantes, lentes de protección, etc.; es decir toda prenda que haya tenido contacto con PCB.
- Líquidos de lavado y aguas que contengan más de 0,5 microgramos/litro de PCB.
- Tierra, escombros y otros productos absorbentes que contengan (antes de alguna dilución) más de 50 ppm de PCB.
- Solventes de limpieza de transformadores.
- Arena de filtrado usada para fluidos dieléctricos.

Como se ha mencionado en secciones anteriores, los desechos son responsabilidad del propietario de los equipos o procesos que generen tales desechos. Bajo esta premisa, los propietarios deberán de almacenar transitoriamente sus desechos hasta poder darles destrucción por medio adecuado.

Se recomienda guardar los desechos como trapos, vestimenta, tierra, arena, etc en bolsas plásticas de color rojo, con espesor mínimo de 120 micrones, utilizando todas las medidas pertinentes para no contaminar el área de trabajo. Las bolsas con desechos podrán ser almacenadas en contenedores normales debidamente cerrados para evitar la dispersión de contaminación. Todos los desechos deberán ser almacenados de manera adecuada como se menciona más adelante, hasta darles la misma disposición final que a los equipos contaminados, aceites, etc.

5.8. Almacenamiento transitorio de equipos y desechos con PCBs

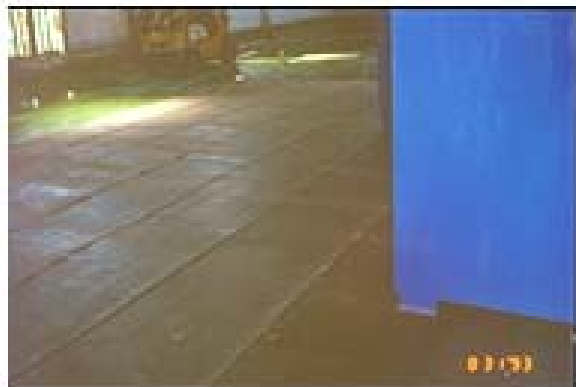
El almacenamiento transitorio se refiere al área asegurada, en donde se almacenaran desechos y equipos con PCB, hasta el momento de su destrucción o disposición final. El área de almacenamiento no constituirá un destino final para los equipos ni desechos; la única disposición final es la eliminación (por la vía más accesible; para el área de América latina es la incineración).

Dado el historial de la generación de desechos y su tiempo limitado de fabricación, parece más apropiado que este tipo de desechos tengan un área de almacenamiento transitorio específico para los PCB. No obstante, el flujo de desechos de PCB debería terminar en algún momento entre los años 2015 y 2025. Además, los PCB no se pueden almacenar conjuntamente con desechos inflamables, lo cual significa que la creación de áreas de almacenamiento de objetivos múltiples es virtualmente imposible.

5.8.1. Requerimientos mínimos para áreas de almacenamiento de PCBs

- Asegurar que se disponga de un Área segura para Almacenamiento de PCB.
- Las características que las Áreas de almacenamiento deben de poseer son:
 - Protección de la intemperie (techo y muros).
 - Contención secundaria (cajas metálicas conteniendo los toneles, barriles o equipos).
 - **Debe estar ubicado arriba de llanura para evitar problemas con inundaciones y la contaminación de las áreas aledañas.**
 - Debe estar al menos a 100 metros de lugares sensibles, tales como: aguas, escuelas, hospitales, alimentos o áreas de preparación de los mismos.
 - Lejos de zonas peatonales y zonas congestionadas de tráfico.
 - Tener avisos de Advertencia.
 - Piso hermético, es decir; elaborado con materiales impermeables, de preferencia sellado con dos capas de pintura epóxica, para evitar filtraciones de contaminantes al suelo inmediato.

Figura 48. piso impermeabilizado con pintura epóxica.



Fuente: Manual de Capacitación Serie convenio de Basilea 01/2003

- El AAPE debe de tener capacidad de contención de derrames equivalente a un 125% de su capacidad de almacenamiento o bien el volumen almacenado.
- Ventilación suficiente para evitar la acumulación de posibles emisiones de gases contaminantes.
- Inspeccionar el AAPE por lo menos cada 30 días, por cualquier infiltración que este sucediendo, registrar la inspección y las observaciones en un libro de registros destinado para esto.
- Cerciorarse que los trabajadores estén capacitados para manipular los PCBs con seguridad y que usen los equipos de protección adecuados, de preferencia clasificación D según OSHA (ver sec. 5.2).
- Restringir el ingreso al área de almacenamiento solamente para personal autorizado y capacitado para el manejo de PCBs.
- El área de almacenamiento debe ser única y exclusivamente para almacenamiento de equipos y sustancias con PCBs.
- Nunca almacenar materiales y sustancias inflamables en el mismo lugar que los PCBs, pues en caso de incendio producirían gases altamente tóxicos (dioxinas y furanos).
- Debe de tenerse plan de contingencias en caso de contaminación fría y caliente de preferencia coordinado con CONRED.
- Los líquidos deberán ser almacenados en barriles codificados 2001 por la ONU (con tapa calibre 18 o superior) y disponer de contención secundaria (cajas metálicas).
- Los transformadores pequeños debidamente drenados podrán almacenarse en barriles certificados y contar con contención secundaria como los líquidos.

5.8.2. Centros de acopio

Puede disponerse de un área de almacenamiento temporal cuando ya se tiene la disposición final tramitada, o bien si es necesario un centro de acopio en donde poner los equipos y desechos antes de llevarlos a su destino final o al área de almacenamiento transitorio.

El almacenamiento temporal no deberá ser mayor a 30 días y deberá de tener características mínimas de seguridad como:

- Protección de lluvias
- Acceso restringido a personal calificado (acceso bajo llave)
- Inspección rutinaria
- Piso de concreto
- Exclusivo para almacenaje de equipos con PCB o desechos de la misma clase.
- Su sistema de ventilación no debe de llegar a otras áreas de trabajo si estuviera dentro de un edificio, o poner en riesgo de contaminación áreas de viviendas cercanas.

5.8.3. Ventilación

Una ventilación adecuada ayudará a garantizar que no se acumule vapor o aerosol de PCB. En el caso de instalaciones construidas especialmente para estos fines, la ventilación puede ser parte integral del diseño. En los otros casos, o en las instalaciones temporales o centros de acopio, una buena ventilación general será suficiente, siempre y cuando la cantidad de aire que entre sea mayor que la cantidad que se extrae, para que se propicie una corriente descendiente.

Los vapores y aerosoles de PCB suelen ser más pesados que el aire, y con este procedimiento serán controlados más fácilmente. Si se requiere ventilación mecánica, convendrá asegurarse de que el aire sea extraído con un equipo de tratamiento de aire que tenga un sistema de filtración apropiado. Para prevenir la contaminación ambiental, los filtros tendrán que ser de dos fases: un filtro de tela o electrostático para eliminar el aerosol y un filtro de carbono activo para eliminar el vapor.

5.8.4. Métodos de embalaje

Paso seguido de un almacenaje transitorio adecuado, vendrá un sistema de embalaje para transportar los equipos con PCB hasta el centro de destrucción (de preferencia por incineración).

Figura 49. Manera de colocar un trafo con PCB dentro de contenedores para transporte.



Figura 50 . Cajas metálicas para embalaje secundario.



Fuente: Manual de capacitación serie convenio de Basilea 2003/1

Primero se drenan los transformadores en barriles metálicos del tipo 2001 con cierre codificado de la ONU (calibre 18 o superior); se colocan los barriles en cajas de metal para el traslado. Esta operación se puede realizar en las instalaciones del propietario para asegurar la seguridad del transporte hasta el área de almacenamiento. Se debe de disponer de baldes de acopio con arena de filtrado debajo de los transformadores a drenar para evitar la contaminación del área en uso.

El área de almacenamiento puede hacerse con contenedores de 40 pies llamados “viaje final”. Los mismos tienen una capacidad de 20 toneladas cada uno. Para lo que se requiere que estén en área de acceso restringido y en libre de inundaciones.

El principio básico del almacenamiento transitorio es la negativa a aceptar un producto, a menos que su destino final haya sido determinado previamente, tanto en el ámbito contractual como administrativo. Por “contractual” se entiende el contrato de destrucción convenido entre el propietario y el centro de destrucción y por “administrativo”, el procedimiento de destrucción autorizado para este tipo de desecho o el permiso de exportación emitido, en el caso de movimientos transfronterizos del citado desecho. A pesar de que el almacenamiento es transitorio, se requiere igualmente la autorización correspondiente. El área de almacenamiento transitorio deberá contar con planes de contingencia en caso de accidentes de contaminación fría y caliente.

Figura 51 Cajas metálicas para embalaje de carcasas.



Fuente: www.tredi.com

Tabla X Tipos de embalaje según tipo de desecho.

Tipo	Embalaje
Líquidos de PCBs	Barriles cerrados con carcasa metálica absorbente
Sólidos de PCBs	Barriles abiertos en la parte superior (sólidos)
Capacitores	Carcasas metálicas herméticas en plataformas de carga
Transformadores	Baldes de acopio para drenar transformadores con absorbentes

Fuente: Manual de Capacitación. Serie del Convenio de Basilea No. 2003/01.

5.8.5. Planes de contingencia para áreas de almacenamiento temporal

Es importante tener planes de contingencia en las áreas de almacenamiento para evitar la proliferación de contaminación al entorno del almacén. Los planes de contingencia deberán de contener las medidas de seguridad a tomar en casos de contaminación fría y caliente señalados anteriormente.

Además de estas acciones inmediatas a la contaminación, un plan debe de contar con una estructura de actividades encaminadas tanto como a prevenir como a subsanar cualquier accidentes con PCB.

- **Evitar que cualquier derrame o emisión de gases se disperse;** la contaminación fría o derrame debe de ser controlada inmediatamente. En caso de contaminación caliente debe de evacuarse a personal cercano a la contaminación y poner en aviso a brigadas contra incendios. Poner énfasis en evitar la contaminación de aguas y personas.
- **Señalización;** El propietario del almacén de desechos con PCB será responsable de señalar el lugar, indicando la existencia de PCB y los riesgos que la contaminación con dicha sustancia implica.

Además de la señalización de los desechos con etiquetas que sean difíciles de desprender. Esto con la finalidad de que los cuerpos de bomberos o brigadas industriales estén enterados de los cuidados necesarios a tomar en caso de contaminación con PCB.

- **Plan de comunicaciones:** el plan de comunicaciones deberá incluir a las personas dentro de la institución a quienes se les informará de la contaminación. Deberá proveerse al personal responsable del almacén equipo de comunicación eficiente (radios o celulares). Además se informará a brigadas de bomberos para atender cualquier eventualidad. Es importante que se le informe a la institución rectora en el manejo de PCBs (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales)

- **Entrenamiento de Personal (Incluyendo Bomberos o brigadas industriales):** Esta parte abarca la capacitación del personal en materia de manejo de equipos contaminados con PCB y la sustancia líquida. Requisitos mínimos de almacenamiento (mencionados más arriba) y etiquetado. Protocolos de comunicación en caso de emergencia y adiestramiento de primeros auxilios en caso de contaminación a personas. Acciones de emergencia que deberán tomarse y equipo de protección a utilizarse según las magnitudes de la contaminación.

- **Equipo para manejar contaminación fría:** Además de los equipos de protección personal (incluyendo overoles impermeables), en casos de contaminación fría, se deberá de disponer como mínimo de: escobas plásticas, palas, bolsas de color rojo de 120 micrones, sólido absorbente (aserrín, arena, tierra), barriles vacíos para contener los desechos emitidos por la limpieza.

- **Equipo para manejo de contaminación caliente:** Los mencionados en la sección 12 (Nivel A), serán los requisitos mínimos de los equipos de protección para bomberos y brigadistas industriales en caso de incendio y emisión de dioxinas y furanos. Se deberá poner énfasis en la evacuación de personal y civiles expuestos a la contaminación.

Si existiera incendio de PCBs, deberá ser reducido con agentes secos para evitar la dispersión de la contaminación con el agua. Se recomienda la coordinación con CONRED para la especificación de actividades encaminadas al manejo de contaminación caliente por PCB.

5.9. Señalización y Etiquetado

5.9.1. Etiquetado de equipos y desechos contaminados con PCB

- Los recipientes, artículos y contenedores de residuos deben estar permanentemente marcados, inclusive cuando se los almacena, reutiliza, transporta o elimina.
- Cada AAPE debe estar marcada todo el tiempo en que estén presentes los PCBs.
- Reemplazar cualquier etiqueta que esté descolorida o sucia.
- Marcar el acceso a un transformador o capacitor que contenga PCBs.
- Las estructuras que contienen capacitores o condensadores amplios de alto voltaje deben estar marcados.

Figura 52. Identificar los equipos almacenados con PCB.



Fuente: Proyecto PCB-GUATE.

- Marcar todo ítem que contenga PCB con la fecha en que es retirado de servicio para su eliminación.
- Mantener el AAPE para que los ítems con desechos de PCB puedan ser localizados por la fecha en que fueron retirados de servicio para su eliminación.

Todos los artefactos que contengan o que alguna vez hayan contenido PCB deben marcarse con etiquetas que incluyan la siguiente información: **Este artefacto contiene PCB que pueden contaminar el ambiente y por ley se deben eliminar.**

Figura 53. Etiqueta sugerida para contenedores y equipos con PCB.



Fuente: Manual de capacitación serie Convenio de Basilea 2003/1

5.9.2. Etiquetado de artefactos descontaminados que hayan contenido PCBs

Cada artefacto descontaminado debe estar marcado en forma clara e indeleble, calcomanía para intemperie con la siguiente información:

Artefacto con contenido de PCB descontaminado

El líquido con contenido de PCB fue sustituido:
 Por(Nombre del sustituto)
 El(Fecha)
 Por(Compañía)

Concentración de PCB:

En el líquido original% en peso
 En el líquido actual% en peso

Figura 54. Etiqueta de muestra para equipos descontaminados.

Fuente: Manual de capacitación Serie Convenio de Basilea 01/2003.

5.10. Medidas para la recolección de PCBs

Obligaciones generales relativas a las operaciones de transporte. La garantía del transportista entra en vigor en el momento que carga la mercadería. Esto libera al consignador de responsabilidad frente a cualquier eventualidad que pudiese ocurrir entre la carga y la entrega.

Obligación de brindar información. El cargador es responsable de brindar al transportista toda la información necesaria para asegurar el cumplimiento de la garantía para la entrega segura de la mercadería.

Obligaciones relativas a la carga, ubicación y estiba. Conciernen al cargador y no al

transportista. El transportista debe asegurar que estas operaciones se efectúan de acuerdo con las normas que regulan este tipo de transporte. Existen cinco tipos diferentes de normas, dependiendo del tipo de transporte

- Transporte terrestre nacional
- Transporte terrestre internacional (ADR - RID)
- Transporte marítimo (IMDG-IMO)
- Transporte aéreo
- Transporte ferroviario

Figura 55. Embalaje para disposición final.



Fuente: www.pilardetodos.com.ar

Por lo tanto, es necesario usar los métodos de empaque y embalaje establecidos por el Convenio de Basilea y Estocolmo para el tipo de transporte seleccionado en cualquier movimiento transfronterizo de materiales peligrosos.

Estas normas no son específicas para desechos peligrosos industriales pero se aplican a los productos químicos en general. Para el caso de desechos que contienen distintas sustancias mezcladas físicamente, dicha mezcla se clasifica en base a la sustancia más peligrosa. Es decir, una mezcla de aceite mineral con un contenido de PCBs superior a 50 ppm se clasifica como PCB.

Es muy importante que el consignador del producto peligroso esté consciente de las propiedades químicas para así:

- Cumplir con las directivas para el embalaje.
- Brindar al transportista la descripción exacta de la mercadería objeto del transporte y los riesgos de la misma.

5.11. Transporte de los PCBs

5.11.1. Documentación relativa al transporte

- Certificado de embalaje: El certificado de embalaje debe ser expedido por una compañía de control acreditada. Este certificado debe confirmar que los elementos siguientes concuerden con la normativa de transporte pertinente:

- Verificación del estado de los contenedores.
- Validez de la información en la placa.
- Ajuste de los equipos.
- Etiquetado.

Figura 56. Muestra para la ubicación de equipos dentro del contenedor.



Fuente: Manual de Capacitación. Serie del Convenio de Basilea No. 2003/01.

- Lista de embalaje.
 - Peso total del contenedor y peso de los materiales peligrosos.
- **Lista de embalaje:** La lista de embalaje debe indicar número, peso y tipo de equipos y de paquetes por contenedor, conjuntamente con un resumen del peso.
- **Declaración de mercancías peligrosas.**
- **Diagrama del empaquetado del contenedor.** Este diagrama muestra la ubicación de cada producto y la forma en que se coloca y ajusta dentro del contenedor.
- Los equipos deben colocarse a fin de evitar movimientos de lado, laterales, verticales durante el traslado. Este ajuste se puede realizar con vigas de madera o con bolsas de aire especiales aprobadas para transporte marítimo.
- **Etiquetado del contenedor y del vehículo:** Las etiquetas ONU 2315-contaminante marino (ilustración 22) deben colocarse en los cuatro lados de los contenedores marítimos, en las cajas metálicas y en el interior de los transformadores.

Figura 57. Identificación de contenedores.



Fuente: Manual de Capacitación. Serie del Convenio de Basilea No. 2003/01.

Los contenedores deben cerrarse con candado y sellarse. El número del sello deberá indicarse en la declaración de material tóxico.

Figura 58. Etiqueta ONU 2315-contaminante marino.



Fuente: Manual de Capacitación. Serie del Convenio de Basilea No. 2003/01.

5.12. Métodos de destrucción de Bifenilos Policlorados

Las posibilidades de eliminación de PCB dependerán de la concentración de este producto en el material de que trate. En ciertos países los desechos sólidos (por ejemplo, equipos y drenados) con concentraciones elevadas han de ser depositados en instalaciones subterráneas dotadas de sistemas permanentes de cierre (por ejemplo, revestimientos y cubiertas), mientras que los desechos líquidos se pueden eliminar mediante expuestas operaciones de incineración, almacenamiento o hidrogenación de desechos.

Muchos países industrializados disponen de incineradores a alta temperatura para destrucción de PCB y desechos contaminados con PCB (Environment Canadá 1985). Pero en cambio son muchos los países en desarrollo que no disponen de instalaciones de tratamiento de este tipo y en estos países es posible que se almacenen los PCB en espera de que existan esas instalaciones o se transporten a otros países que dispongan de los medios adecuados. El método primario utilizado en Europa y en los Estados Unidos para la eliminación de PCB líquidos y de desechos líquidos o sólidos que contengan PCB es la incineración a alta temperatura (>1100°C).

Entre las técnicas para la eliminación de los PCB figuran:

- Eliminación por enterrado (instalaciones con sistemas de sellos permanentes para evitar infiltraciones).
- Hidrogenación.
- Gasificación.
- Evapo-Incineración.
- Decloración Química.
- Calentamiento por Arco de Plasma.
- Procesos Electroquímicos basados en el Nitrato de Plata.
- Reducción con sodio
- **Incineración (Utilizando temperaturas mayores a 1,100 °C).**

5.12.1. Método de Incineración

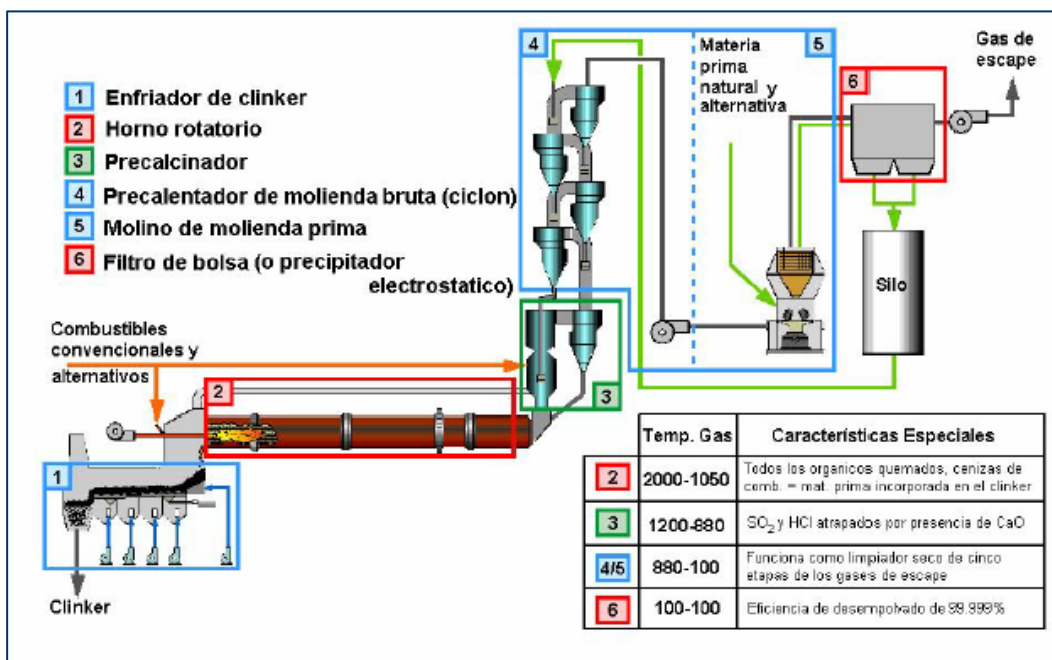
En Guatemala aún no existen instalaciones acondicionadas para la incineración adecuada de PCBs, de momento la única alternativa es una exportación de éstas a Europa, en donde son destruidas mediante incineración. En la actualidad Cementos Progreso se encuentra en proceso de evaluación de mercado en Guatemala para saber si es factible la implementación del servicio de incineración de PCB para nuestro país. Esta opción presenta la disminución de los costos de transporte especializado (alrededor de \$.2,500.00).

El método de incineración debe de hacerse en instituciones calificadas y certificadas, capaces de alcanzar temperaturas mayores a los 1100 °C y con control de emisiones. Para evitar la contaminación al ambiente con dioxinas y furanos.

En general la técnica de incineración debe cumplir con una incineración limpia de PCB (libre de emisiones), que se logra con una llama constante de 3

segundos a temperatura mayor a 1100°C. En los hornos de cemento, se incluyen los desechos líquidos de PCB como parte de materia prima para la fabricación de clinker, ya que no se pueden utilizar como combustibles alternativos pues las temperaturas en la quema de combustibles oscila entre los 300° y 600° C, rango en que se generan dioxinas y furanos (“**mala combustión**”). Es por esto que la incineración de PCB se considera como un servicio ambiental en empresas cementeras y conlleva la implementación de sistemas que garanticen la baja emisión de contaminantes al medio ambiente debido a ésta actividad.

Figura 59 Proceso de fabricación de cemento, en donde se incluye la incineración de PCBs.

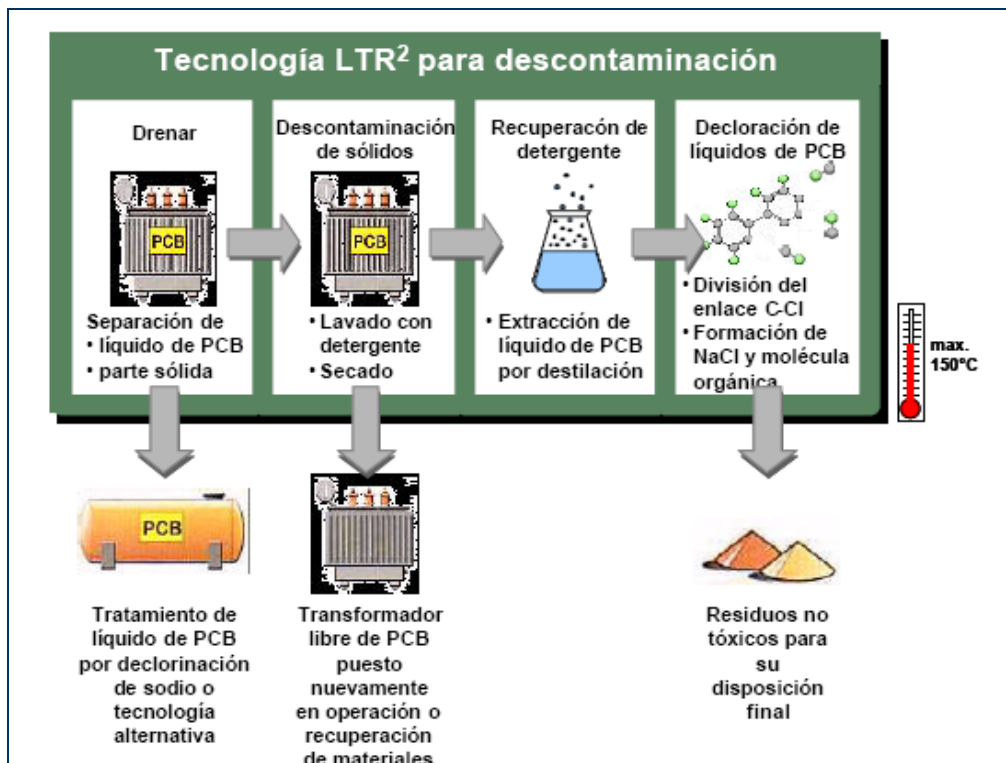


Fuente: Cementos Progreso

5.12.2. Reducción en sodio

La reducción con sodio es una alternativa para el tratado de equipos grandes, es capaz de descontaminar equipos eléctricos con PCBs. Permite la reclasificación y la reutilización de un alto porcentaje de transformadores, así reduciendo al mínimo el costo total de programas de eliminación de PCB y la necesidad de sustituir el equipo contaminado por nuevas unidades.²⁶

Figura 60. Esquema funcional del proceso de descontaminación de un transformador.



Fuente: ABB Environmental Services

La descontaminación de equipos es recomendable únicamente para equipos de gran potencia, que presenten altas probabilidades de buen

²⁶ ABB Environmental Services. ABB cuenta con unidades móviles para descontaminación in situ de los equipos en países industrializados, método adecuado para la descontaminación de las partes sólidas para su disposición final.

funcionamiento después de haber sido rellenos. Esto con la finalidad de no incurrir en gastos elevados al comprar nuevo equipo de inmediato.

6. INVENTARIO NACIONAL DE BIFENILOS POLICLORADOS Y EQUIPOS ELÉCTRICOS DE POTENCIA QUE LO CONTENGAN EN GUATEMALA

6.1. Antecedentes del Proyecto

El PNUMA²⁷ ha dado su apoyo a la región centroamericana para el desarrollo de proyectos relacionados con la eliminación de PCB a nivel mundial, el Proyecto Nacional de Inventario de Bifenilos Policlorados y equipos que los contengan en Guatemala, está siendo ejecutado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, con el apoyo de la Secretaria del Convenio de Basilea.

El Ministerio de Ambiente ha coordinado con diferentes sectores e instituciones gubernamentales, para la ejecución de éste proyecto y de especial importancia el sector académico, tal es el caso de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que por medio de acuerdo firmado entre la Facultad de Ingeniería y el MARN, ha puesto a disposición el recurso humano calificado para la ejecución del proyecto.

Las actividades del proyecto de inventario van desde la identificación de poseedores, contacto con los mismos, inspección a las instituciones y alimentación de una base de datos estandarizada a nivel internacional para la recolección de datos.

²⁷ PNUMA; Programa de las Naciones Unidad para el Medio Ambiental

Además de las actividades mencionadas, el proyecto tiene como uno de sus objetivos la creación de la capacidad local para el manejo ambientalmente racional de Bifenilos Policlorados y equipos que los contengan, por medio de la implementación de talleres, capacitaciones, charlas, distribución de documentos de informativos, a instituciones involucradas, como sector eléctrico, sector usuario, sector académico.

Los principales productos de proyecto son: Inventario y diagnóstico de la existencia de PCB en Guatemala, El Plan Nacional de Acción, que plantea acciones de seguimiento de acuerdo a las necesidades del identificadas en el diagnóstico.

6.1.1. Objetivos

➤ **Objetivo General:**

Determinar cuantitativamente la existencia de PCB's en Guatemala, que permita realizar un planteamiento de un Plan de Acción y una Estrategia Nacional para su manejo racional y eliminación, en el marco de los Convenios de Estocolmo, Basilea y Rotterdam.

➤ **Objetivos Específicos:**

- a. Desarrollar capacidad nacional en las instituciones involucradas en el tema, en cuanto al manejo ambientalmente racional de los PCB's, con la finalidad de fortalecer la implementación de los Convenios de Estocolmo, Basilea y Róterdam en Guatemala.
- b. Realizar el inventario y cuantificación de existencias de PCB's en Guatemala
- c. Preparación de un Plan de Acción y una Estrategia Nacional para el manejo y eliminación de los PCB's inventariados en Guatemala

- d. Documentar el trabajo desarrollado con PCB's, de tal manera que sea útil en el manejo de otros Contaminantes Orgánicos Persistentes, así como para cualquier otra sustancia con similares características.
- e. Promover el establecimiento de un marco regulatorio nacional adecuado, para el manejo ambientalmente racional de sustancias peligrosas

6.1.2. Enfoque del proyecto

- a. Preventivo y curativo hacia el riesgo de un inadecuado manejo de los equipos eléctricos en uso o en desuso que contengan PCB, incluyendo existencias de dieléctrico, sitios de disposición final y sitios contaminados: a un nivel de accesoria para la implementación de procedimientos del MAR²⁸ de PCB de acuerdo a lo establecido en el Convenio de Basilea y Estocolmo.
- b. Hacia la coordinación inter-institucional e inter-sectorial para fortalecer el desarrollo sostenible del país, en donde se contemple un MAR de sustancias y desechos peligrosos como lo son los PCBs.
- c. Hacia el establecimiento de reglas claras y concensudas para el MAR de PCBs.
- d. El proyecto no es sancionatorio hacia aquellos que usaron y siguen usando “tecnología obsoleta” (Capacitores con PCBs).
- e. El proyecto no es sancionatorio hacia aquellos que, bajo condiciones de desconocimiento de la magnitud del impacto a la salud ambiental, utilizaron mecanismos de disposición final “no sostenibles” para existencias o equipos eléctricos con PCBs.

²⁸ Manejo Ambientalmente Racional

- f. El proyecto no es impositivo hacia la eliminación inmediata de los equipos y existencias encontradas con PCBs, ya que se enmarca en lo establecido en el Convenio de Estocolmo.

6.1.3. Metodología de inventario

La falta de regulación en el manejo de Bifenilos Policlorados en Guatemala, influye directamente en el interés del sector privado de colaborar con proyectos de este tipo, pues simplemente nadie está obligado a participar en el inventario de dicha sustancia. Esto y la falta de interés en el cuidado del Medio Ambiente, ha hecho que el desarrollo del proyecto se lento y tedioso.

La metodología para realizar y llegar a feliz término del inventario se presenta de acuerdo a las siguientes características:

- Identificación y contacto de poseedores de equipo eléctrico, existencias o sitios contaminados que potencialmente puede contener PCBs.
- **Convención regional:** Se adoptó la convención regional sobre el porcentaje de equipos eléctricos de potencia que poseen los distintos sectores, en la cual se basan los esfuerzos y estudios del alcance del inventario en Guatemala, la que incluye:
 - 80 % de los poseedores son las empresas del sector eléctrico del país.
 - 20 % de los poseedores son usuarios individuales
 - El mayor porcentaje del volumen de aceite dieléctrico que potencialmente contiene PCBs está en el área de equipos eléctricos de potencia del país, por lo tanto, el inventario se enfoca en este sector.

- **Meta de país:** Como meta del país se planteó realizar el inventario del 80% del volumen de aceite dieléctrico que potencialmente contiene PCBs en Guatemala.²⁹

6.1.4. Resultados esperados

Capacidad institucional desarrollada en el manejo ambientalmente racional de PCB`s en el marco de la implementación de los Convenios de Basilea, Estocolmo y Rotterdam.

- a. Mecanismos de coordinación establecidos entre los sectores siguientes: sector público, académico y privado
- b. Inventario nacional de Bifenilos Policlorados –PCBs- y equipos que los contenga
- c. Plan de acción nacional elaborado para el manejo y eliminación de PCB´s
- d. Disponibilidad de Información sistematizada sobre la existencia de PCB´s y equipos que los contengan en Guatemala.
- e. Gestión iniciada para la elaboración de un marco nacional de regulación sobre sustancias peligrosas
- f. Capacidad desarrollada en los diferentes actores y sectores involucrados en la implementación de el Plan Técnico de Manejo Racional de PCB`s y equipos que los contengan, y sus movimientos transfronterizos, de acuerdo con lo que establecen los Convenios de Basilea, Estocolmo y Rotterdam.

²⁹ Al 80% del volumen de aceite dieléctrico que se plantea como meta del país, se refiere al que se puede hallar en equipos eléctricos de potencia los cuales son: Capacitores o Condensadores, Trafos de Potencia y de distribución.

6.1.5. Actividades

- **Actividades de capacitación en la realización de inventario y Plan Nacional de Acción para los PCBs**, dirigidas a:
 - Personas encargadas de la realización de inventarios
 - Instituciones involucradas en la realización de inventarios
 - Personal de Aduanas

- **Actividades de divulgación:** El objetivo de contar con material publicitario, es para lograr diseminar la información del proyecto, de tal manera que aquellas empresas poseedoras de equipos que contengan PCB's, se incorporen al desarrollo del proyecto. Estas actividades también están enfocadas a la concientización sobre el manejo ambientalmente racional de los aceites dielectricos.

- **Realización del Inventario de PCB`s**

- **Elaboración del Plan Nacional de Accion** a partir de la información recabada en el Inventario realizado

- **Actividades de Seguimiento y Control**

6.1.6. Coordinación del Proyecto

La Coordinación del proyecto está a cargo de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de la República de Guatemala, por medio de la Dirección de Gestión Ambiental, quien esta sujeto a la coordinación Regional en El Salvador.

La coordinación Nacional esta integrada por los sectores: Público, Académico, Privado, Eléctrico.

Tabla XI Integrantes del Comité Nacional de Coordinación

SECTOR	REPRESENTANTE	ATRIBUCIONES
PUBLICO	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, MARN	Tiene a su cargo la ejecución y coordinación del proyecto
	Ministerio de Energía y Minas, MEM	Ejerce la vigilancia y seguimiento de las actividades relacionadas con la generación, distribución y transporte de energía eléctrica
	Comisión Nacional de Energía, CNEE	Asesorar en el marco regulatorio de manejo de Bifenilos Policlorados en Guatemala
	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, MSPAS	Protección de la salud de todos los habitantes del país, investigación de antecedentes de enfermedades ligadas al contacto con PCB
	Superintendencia de Administración Tributaria, SAT	Control de productos y materiales que ingresan al país, evitar el tráfico ilegal de los mismos.
ACADEMICO	Universidad de San Carlos de Guatemala	Provee el recurso humano técnico para la realización del Inventario a Nivel Nacional y la asesoría en el sector eléctrico.
PRIVADO	Camara de Comercio de Guatemala	Convocatoria y conscientización del sector industrial guatemalteco
ELECTRICO	EEGSA	Proveer la información de los equipos instalados en su red y tomar acciones necesarias para manejo adecuado de PCB
	Unión FENOSA	Proveer la información de los equipos instalados en su red y tomar acciones necesarias para manejo adecuado de PCB
	INDE	Proveer la información de los equipos instalados en su red y tomar acciones necesarias para manejo adecuado de PCB

Fuente: Proyecto PCB Guatemala.

6.2. Entidades involucradas directamente

6.2.1. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, es la entidad pública encargada de formular y ejecutar las políticas relativas a su ramo, cumplir y hacer que se cumpla el régimen concerniente a la conservación y protección, sostenibilidad y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales en el país y el derecho humano a un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado, debiendo prevenir la contaminación del ambiente, disminuir el deterioro ambiental y la pérdida del patrimonio natural³⁰.

Enmarcado en éste mandamiento gubernativo, el MARN coordina y ejecuta el Proyecto PCB Guatemala poniendo el recurso humano como ente coordinador nacional, además de estar bajo la supervisión de la coordinación regional ejercida por el Ministerio de Ambiente de la república de El Salvador. El Ministerio de Ambiente, por medio de la coordinación nacional, tiene a su cargo coordinar el proyecto de inventario de PCBs para Guatemala, en las fases que considere pertinentes, debiendo seguir los lineamientos establecidos por la Secretaria del Convenio de Basilea.

Tiene la facultad aprobar, desaprobar o requerir evaluaciones de impacto ambiental a instituciones que considere pongan en riesgo el medio ambiente, por medio de actividades que conlleven el manejo de sustancias contaminantes. Además de ordenar la implementación de actividades y equipo que garanticen la disminución y erradicación de contaminación ambiental o imponer sanciones correspondientes por poner en riesgo la salud humana y ambiental³¹.

³⁰ Decreto 20-2000. Organismo Ejecutivo República de Guatemala.

³¹ Artículo 3. Reglamento Interno del MARN.

Tiene a su cargo formular participativamente las políticas ambientales que considere necesarias para garantizar la salud ambiental y humana en coordinación con las autoridades públicas correspondientes para cada caso. Para el caso del Proyecto PCB Guatemala, ha de coordinar esfuerzos con el Ministerio de Salud y Asistencia Social, Comisión Nacional de Energía y sector eléctrico nacional para hacer una propuesta de ley que permita el manejo adecuado de PCBs y otras sustancias contaminantes incluidas en el Convenio de Estocolmo.

6.2.2. Universidad de San Carlos de Guatemala

La universidad de San Carlos de Guatemala, por medio de acuerdo de cooperación firmada entre la Facultad de Ingeniería y El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, ha facilitado al Proyecto PCB Guatemala el recurso humano Técnico para el desarrollo de las actividades del Proyecto a nivel nacional.

El recurso humano en esta compuesto por:

- 2 estudiantes con Pensum cerrado en la Carrera de Ingeniería Eléctrica, de la Escuela de Mecánica Eléctrica, quienes desarrollan EPS de graduación en el Proyecto PCB Guatemala, teniendo que cumplir con las metas propuestas para el proyecto por la coordinación Regional.

- 5 Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la misma escuela, quienes desarrollan EPS inicial o práctica laboral, teniendo que cumplir con 400 horas de trabajo en el Proyecto.

Asimismo, la Escuela de Mecánica Eléctrica de la facultad de Ingeniería, ha participado en los talleres nacionales organización por la coordinación del proyecto. Mostrando interés en la participación a largo plazo par a el desarrollo de las actividades que requiera el Plan Nacional de Acción para el manejo ambientalmente racional de Bifenilos Policlorados en Guatemala.

El recurso provisto por la facultad de ingeniería de la USAC, ha sido el único recurso humano técnico para el desarrollo de actividades del Proyecto PCB Guatemala, pues en el Ministerio de Ambiente no cuenta con recursos humanos suficientes para cubrir las necesidades de éste proyecto, tales como la fase de toma de muestras e identificación de equipos eléctricos con PCB.

6.2.3. Otros sectores involucrados

Se identifica la necesidad de la participación multisectorial para el manejo adecuado de Bifenilos Policlorados en Guatemala, como respuesta a esta necesidad, se ha tenido la participación de varias instituciones que han participado en la conformación del Comité Nacional de Coordinación, y en actividades propias del proyecto, tales como:

- Ministerio de Energía y Minas
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
- Comisión Nacional de Energía
- Centro guatemalteco de Producción más limpia
- Cámara de la Industria de Guatemala
- INDE
- Superintendencia de Administración Tributaria
- Union Fenosa
- EEGSA

La participación de todas estas instituciones ha sido de gran valor, pues han brindado la apertura a los sectores identificados como la población susceptible de tener PCBs, además de proveer insumos básicos para el desarrollo de un Plan Nacional de Acción para el manejo ambientalmente racional de Bifenilos Policlorados y equipos que los contengan.

6.3. De los datos del inventario

Es importante mencionar que el objetivo primordial del proyecto, es el inventario del 80% de volumen de aceite en equipos eléctricos en Guatemala, incluyendo: equipos instalados, equipos fuera de uso, desechos y contenedores de dieléctrico.

El sector eléctrico en Guatemala, que es el de principal importancia, esta compuesto, como ya lo mencionamos antes, por generación, transporte, distribución. Inicialmente se creía que el mayor volumen de aceite se encontraba en el sector de potencia (generación y transporte), pero luego del diagnóstico de las condiciones en nuestro país del sector distribución y la historia del INDE, se hace evidente que la mayor cantidad de dieléctrico está en dicha área, según la evaluación de datos presentados por los diferentes componentes del sector eléctrico en Guatemala, sin incluir a los generadores privados que hemos descartado por su reciente inicio de labores.

El proyecto se dividió en dos fases:

FASE I, Inventario Preliminar

La fase uno se centralizó en la identificación de poseedores de equipos susceptibles de estar contaminados con PCB que estuvieran dispuestos a participar en la iniciativa de inventario. Esta fase nos permitió priorizar las actividades de pruebas a equipos sospechosos para crear cronogramas de pruebas en toda la república, a fin de maximizar la cobertura de la cantidad de pruebas obtenidas por el proyecto para determinar la contaminación de PCBs.

La Fase I incluyó también las actividades encaminadas a la creación de capacidad nacional por medio del acercamiento a sectores como el de las empresas eléctricas municipales, sector académico e instituciones gubernamentales afines al manejo adecuado de equipos eléctricos y a las consecuencias del mal manejo.

En ésta fase se creó el Comité Nacional de Coordinación para iniciar con las directrices de un Plan Nacional de Acción que permita el manejo ambientalmente racional de Bifenilos Policlorados en Guatemala.

Como insumo para el inventario preliminar y la fase II se creó la guía de manejo de PCBs para Guatemala y documentación de información que se distribuyó en cada una de las inspecciones a nivel nacional con la finalidad de dar a conocer los lineamientos básicos de manejo de PCB.

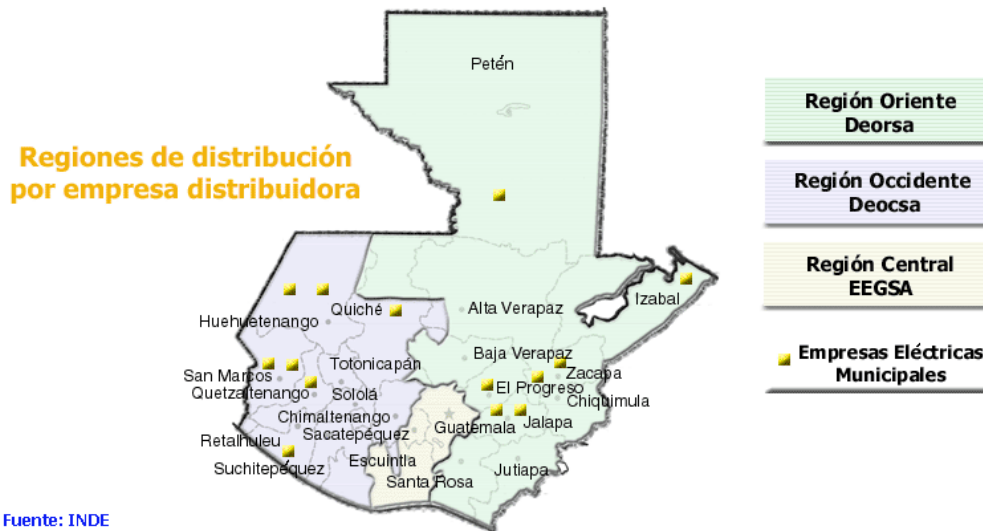
La Fase I inició en julio de 2005 y culminó en abril de 2006. Las actividades realizadas durante el EPS para cumplir con la primera fase se detallan en la sección 8

FASE II, Pruebas e identificación de equipo

Ésta fase se concentra en el seguimiento a la apertura lograda en la fase I con las instituciones con equipos susceptibles de contaminación para hacerles pruebas a sus equipos. También comprende la identificación de los equipos a las analizados con etiquetas que permitan dar a conocer el resultado de dichos análisis.

La Fase II inició en mayo de 2006 y culmina en septiembre del mismo año.

Figura 61. Cobertura de las empresas de distribución en Guatemala



Los datos obtenidos por el Proyecto PCB Guatemala, sobrepasan el 80% de volumen de aceite dieléctrico de potencial contaminación en Guatemala, pues incluimos los datos proporcionados por Union Fenosa, que incluye los equipos instalados en su red propiedad de sus clientes, EEGSA, INDE, Empresas Eléctricas Municipales, además de los datos de aproximadamente 120 empresas que cuentan con equipos propios en la red de EEGSA, incluyendo entre ellas a los edificios públicos en ciudad capital con transformadores y capacitores eléctricos propios en sus inmuebles.

Para el inventario en Guatemala se han descartado las empresas generadoras de energía eléctrica privadas pues éstas iniciaron labores en el país en la década de los 90 con equipos libres de PCB.

En base a los lineamientos publicados por la Secretaría del Convenio de Basilea, la coordinación del proyecto utiliza los siguientes parámetros para clasificar a un equipo:

Los equipos sospechosos de contener PCB se considerarán así hasta hacerle prueba de concentración de PCB que indique la ausencia o existencia de esta sustancia en el dieléctrico. Para el Proyecto PCB Guatemala, los resultados de pruebas CLOR-N-OIL 50, PCB/L200, o pruebas cromatográficas son valederas.

Cabe mencionar que en cada uno de los lugares de inspección, se hace saber que el propietario es el responsable de comprobar la concentración de PCB o la ausencia de los mismos en sus equipos y de hallarse serán responsables de darle manejo responsables y disposición final como se indica en las secciones anteriores.

Tabla XII Parámetros para clasificación de equipos eléctricos

Condición del equipo	Considerado
Equipo fabricado antes de 1985 sin datos del dieléctrico en placa	Sospechoso
Equipo con información de dieléctrico correspondiente a lo indicado en sec. 4.2	PCB
Equipo de apariencia antigua sin placa de identificación ni información del dieléctrico	Sospechoso
Equipo con placa de identificación indicando que tiene aceite mineral	No PCB
Certificado de prueba cromatográfica indicando concentración mayor a 50 ppm de PCB.	PCB
Certificado de prueba cromatográfica sin indicaciones de concentración de PCB	Sospechoso
Equipos que les haya sido cambiado el aceite sin información del dieléctrico	Sospechoso
Equipos fabricados después de 1990 a los que no se les haya cambiado el aceite.	No PCB

Fuente: Proyecto PCB Guatemala

6.4. El territorio abarcado

Se ha cubierto gran parte del territorio Nacional, enfocándonos en instituciones públicas, como hospitales y Empresas Eléctricas Municipales, además de empresas grandes que cuenten con transformadores propios.

El proyecto PCB, aún con las limitantes de transporte y personal, ha logrado llegar a los siguientes departamentos:

- Guatemala
- Quetzaltenango
- Jalapa
- San Marcos
- Petén
- Izabal
- El Progreso
- Escuintla

- Chiquimula
- Zacapa
- Retalhuleu
- Suchitepequez
- Chimaltenango

6.5. Instituciones inspeccionadas

Se ha logrado cubrir aproximadamente 120 instituciones, entre privadas y públicas, inventariando en cada una de ellas los equipos existentes y proporcionando la asesoría oportuna en el manejo de equipos susceptibles de contener PCB.

Tabla XIII Listado de instituciones inspeccionadas por Proyecto PCB Guatemala hasta febrero 2005

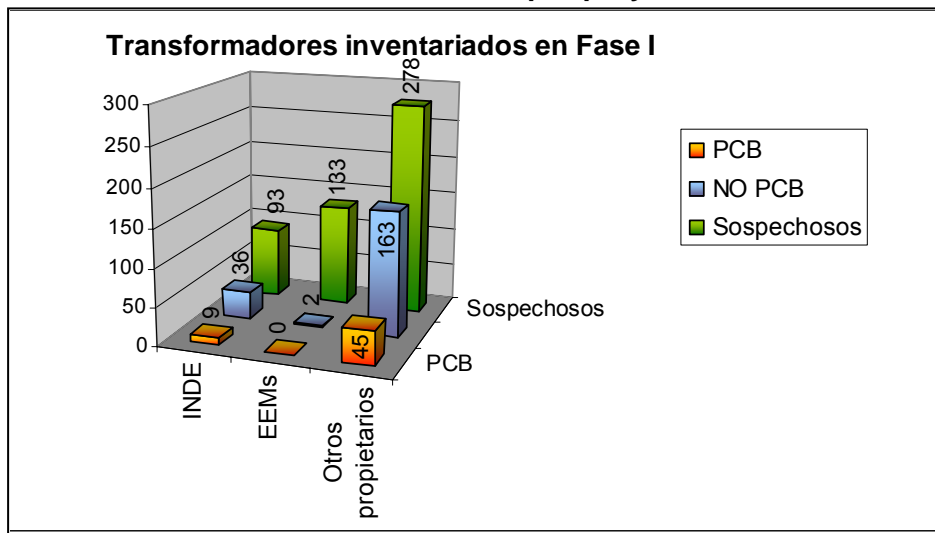
NOMBRE	NOMBRE
Organismo Judicial	Empresa Eléctrica Zacapa
CGN	Agripromo
TELGUA	Cementos de Centro América
INDE	Industria Nacional Alimentica
Centro Cultural Miguel Angel Asturias	Industrias Licoreras de Guatemala
Aeropuerto Internacional La Aurora	Empresa Electrica Municipal Quetzaltenango
Biblioteca Nacional de Guatemala	Empresa Electrica Municipal San Pedro
Palacio Nacional de la Cultura	Empresa Electrica Municipal San Marcos
Instituto Nacional de Cancerología	Centro Médico Militar
Ministerio de Salud Publica y Asistencia Social	Tipografía Nacional
Procuraduría General de la Nación	Desarrollos Metálicos S.A.
Credito Hipotecario Nacional	Ministerio de Energia y Minas
Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala	Registro Mercantil
Hospital Roosevelt	Mayapac S.A.
Municipalidad de Gutemala	INGUAT
Foremost Dairies de Guatemala	Hospital Nacional Zacapa
Embotelladora Central S.A. de C.V.	Empresa Eléctrica de Guatemala S.A.
Embotelladora San Bernardino	Molino Venecia S.A.
EMPAGUA	Molino Helvetia S.A.
Condominios Cortijo Reforma	Empresa Eléctrica Municipal El Progreso Guastatoya
Ingenio Palo Gordo	Empresa Eléctrica Municipal Puerto Barrios
Molino Excelsior	Portuaria Santo Tomas de Castilla
Hospital Regional Quetzaltenango	Ferrocarriles de Guatemala (Ferrovias)

Continuación

NOMBRE	NOMBRE
Industrias Ten Pac S.A.	Maderas Tropicales S.A.
Teneria La Nueva	Texaco Guatemala
Cerveceria Nacional S.A.	Morgue Organismo Judicial
Embotelladores Unidos	Bandegua, S.A.
Ingenio La Union	Corrugadora de Guatemala, S.A.
Empresa Electrica Municipal Jalapa	Cobigua, S.A.
Hospital Nacional El Progreso	Union Fenosa
Calera San Miguel	Rayovac de Guatemala S.A.
Hospital Nacional Nicolasa Cruz	Cerveceria Centro Americana, S.A.
Cerámica Hispano Centro Americana	Comercial de Inmuebles, S.A. (Monolit)
Grasas y Aceites S.A.	Ingenio Santa Ana
Hospital Nacional Escuintla	Ingenio Concepción
Industria Suprema	Portuaria Quetzal
Ingenio Pantaleón	Union Fenosa DEOCSA
IESS	Union Fenosa DEORSA
Hospital Nacional Retalhuleu	Bayer de Guatemala, S.A.
Planta de Generalcion Ocosito	Unilever de Centroamérica, S.A.
Plantaciones del Sur S.A.	Edeca, S.A.
Algodonera Retalteca	Tabacalera Centroamericana, S.A.
Hotel Costa Real	Rosazu, S.A.
Empresa Electrica Municipal Retalhuleu	Avicola Villalobos, S.A.
Hotel Posada de Don José	Aceros Suarez, S.A.
Agropacific	Café de Origen
Alimentos Nutrica	Embotelladora del Sur, S.A.
INGASA	Ingenio Tzulá, S.A.
Esponjas S.A.	Hospital Nacional de Mazatenango
Tikal Futura	Industrias del Pacífico, S.A.
Hospital Nacional Melchor	Hidroeléctrica Aguacapa
Hospital Nacional San Benito	Ingenio el Pilar, S.A.
GIBOR, S.A.	Alimentos Kerns, S.A.
Empresa Electrica Municipal de Sayaxche	Hospital Herrera Llerandi
Hospital Regional Sayaxche	Supra Textiles, S.A.
Delicia, S.A.	Molino Central Helvetia, S.A.
Litografia Zadik	Alimentos, S.A.
Empresa Eléctrica Gualán	Centro Médico
	Padegua, S.A.

Fuente: Proyecto PCB Guatemala

Figura 62. Transformadores inventariados por proyecto Nacional PCB en Fase I



Fuente: Proyecto PCB-GUATE

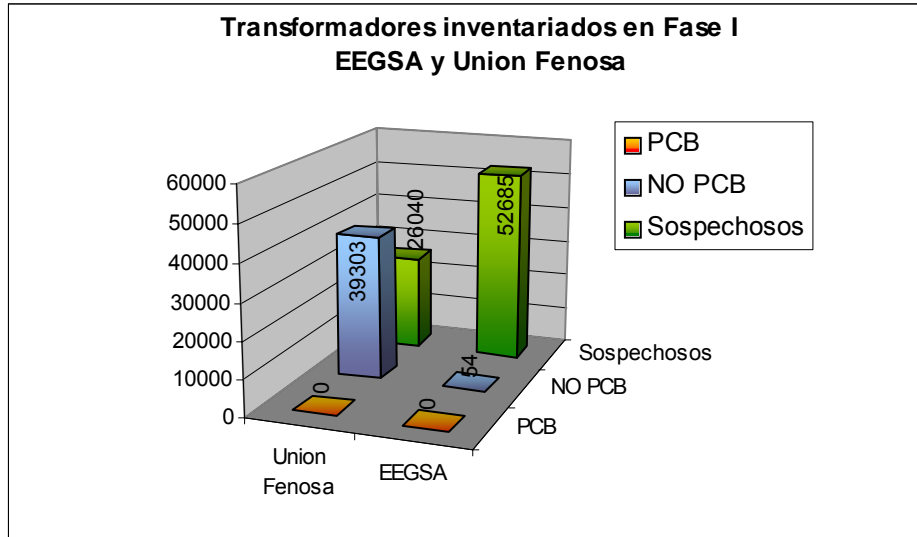
Tabla XIV Transformadores inventariados en Fase 1

Transformadores inventariados en Fase 1					
	Union Fenosa	INDE	EEGSA	EEMs	Otros propietarios
PCB	0	9	0	0	45
NO PCB*	39303	36	54	2	163
Sospechosos	26040	93	52685	133	278

Fuente: Proyecto Nacional PCB Guatemala

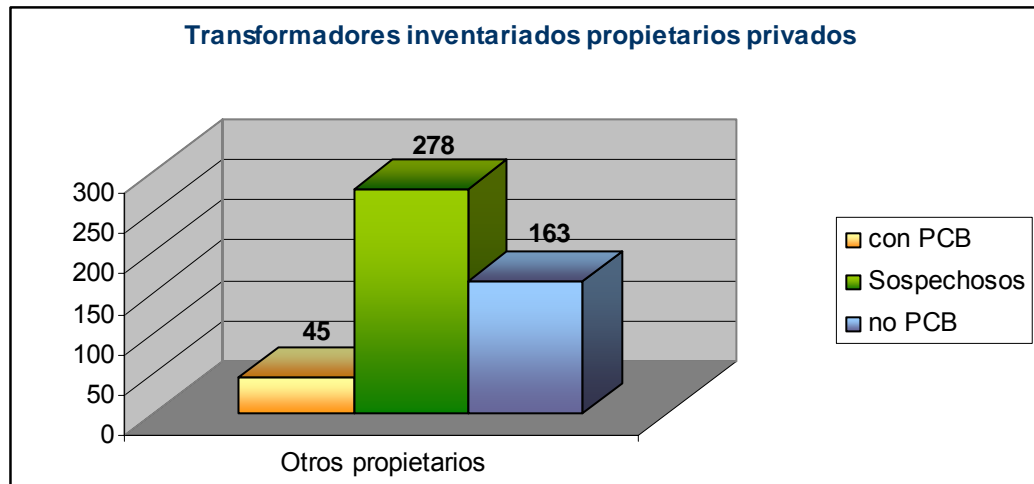
* Los equipos no PCB en el recuadro de arriba, son los fabricados antes de 1985 que tiene certificados de pruebas cromatográficas que indican niveles despreciables de PCB o ausencia de los mismos. En el caso de empresas eléctricas municipales, los datos corresponden a equipos fuera de uso almacenados en sus instalaciones.

Figura 63. Transformadores inventariados en Fase I, Union Fenosa y EEGSA



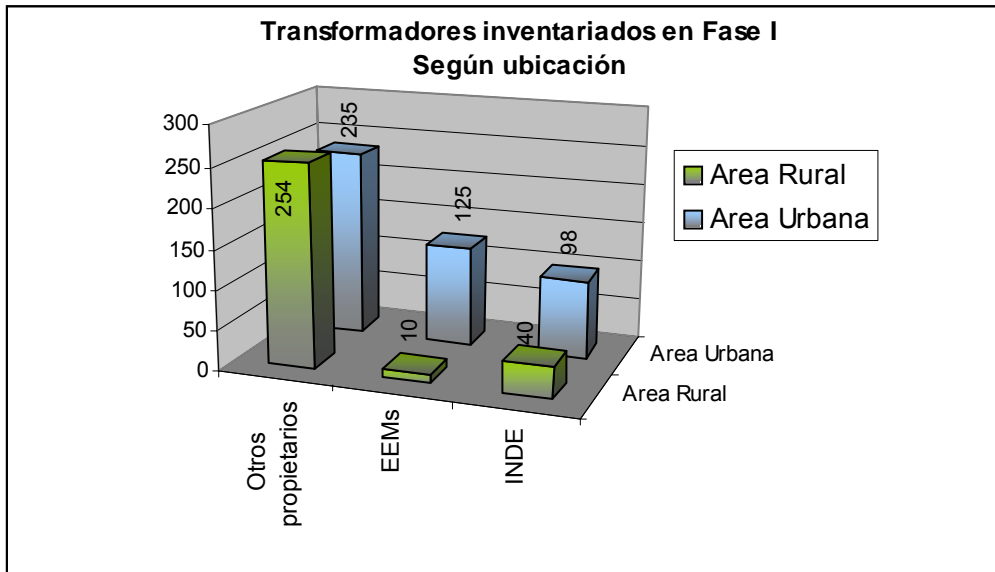
Fuente: Proyecto PCB-GUATE

Figura 64. Transformadores inventariados Fase 1, otros propietarios



Fuente: Proyecto PCB-GUATE

Figura 65. Transformadores inventariados en Fase I, según ubicación



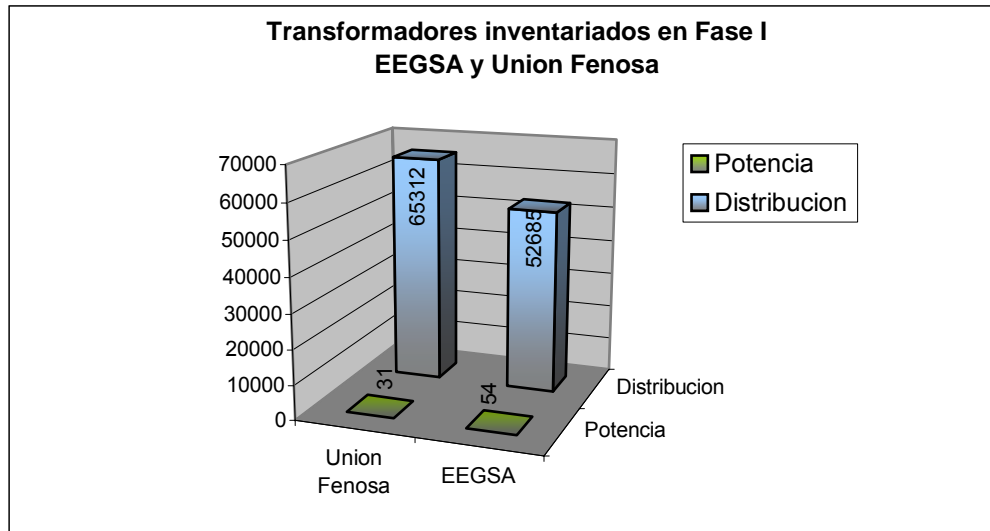
Fuente: Proyecto PCB-GUATE

Tabla XV Transformadores inventariados Fase I, según ubicación.

	Otros propietarios	EEMs	INDE
Área Rural	254	10	40
Área Urbana	235	125	98
Totales	489	135	138

Fuente: Proyecto Nacional PCB Guatemala

Figura 66 Transformadores inventariados Fase I, según tipo en Union Fenosa y EEGSA



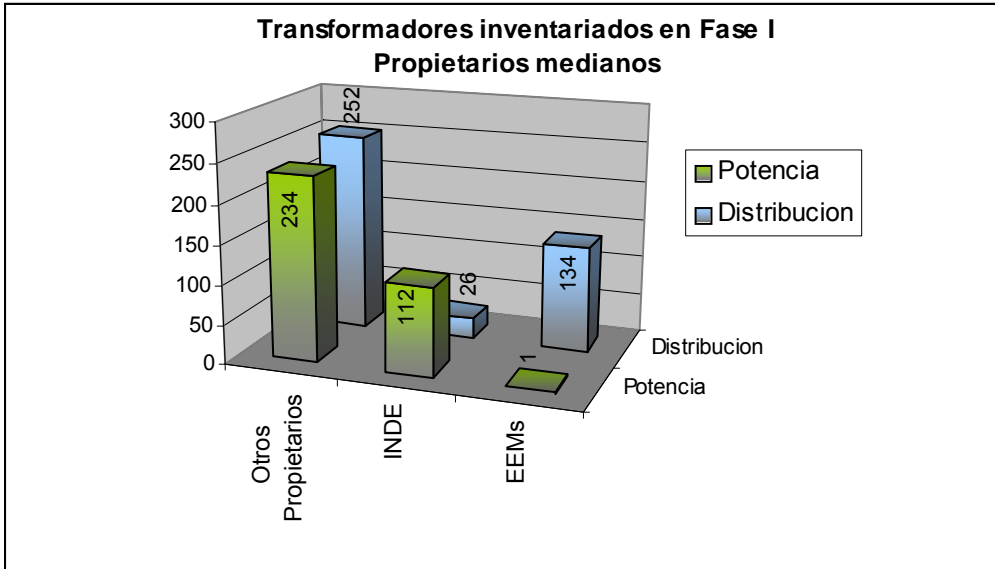
Fuente: Proyecto PCB-GUATE

Tabla XVI Transformadores inventariados en Fase I, según tipo.

	Otros Propietarios	Union Fenosa	EEGSA	INDE	EEMs
Potencia	234	31	54	112	1
Distribución	252	65312	52685	26	134
Totales	486	65343	52739	138	135

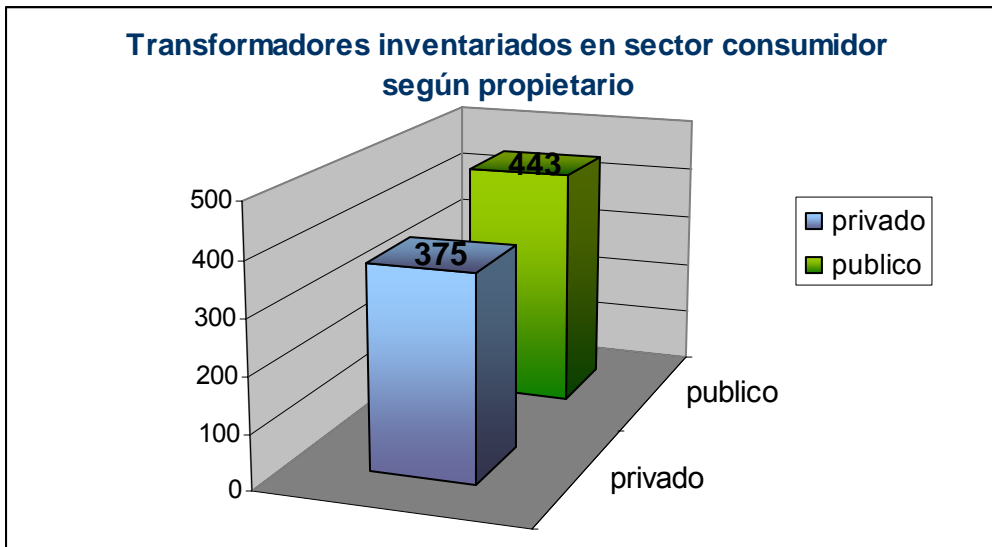
Fuente: Proyecto PCB Guatemala

Figura 67 . Transformadores inventariados en Fase I, según tipo



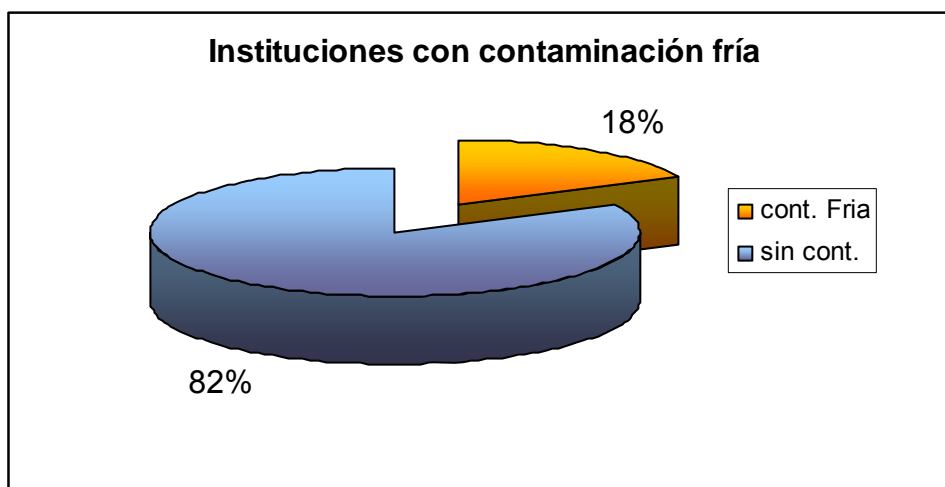
Fuente: Proyecto PCB-GUATE

Figura 68. Transformadores inventariados en Fase I, según propietario en el sector consumidor.



Fuente: Proyecto PCB Guatemala

Figura 69. Porcentaje de instituciones inspeccionadas en Fase I, con contaminación fría



Fuente: Proyecto PCB Guatemala

* No incluye Unión Fenosa ni EEGSA

En la siguiente tabla se presenta el total de Bancos de Capacitores y Capacitores Monofásicos por año de fabricación que fueron identificados, hallados e ingresados a la base de datos estandarizada por la Secretaria del Convenio de Basilea, durante las distintas inspecciones a las instituciones listadas anteriormente.

La tabla no presenta información de la cantidad de bancos de capacitores, capacitores monofásicos o trifásicos que poseen EGGSA y UF, ya que estas empresas proporcionaron el listado general de las existencias que ellos poseen inventariados.

Tabla XVII: Capacitores Hallados por año de fabricación.

CAPACITORES HALLADOS POR AÑO DE FABRICACION		
Año de Fabricación	Bancos	Monofásicos
1960	0	2
1962	0	3
1979	0	9
1980	0	1
1987	0	3
1995	11	0
2000	26	0
2001	15	0
2002	10	0
2003	16	0
2004	2	0
2005	2	0
2006	1	0
No tiene	0	7
Totales	83	25

Fuente: Proyecto PCB Guatemala

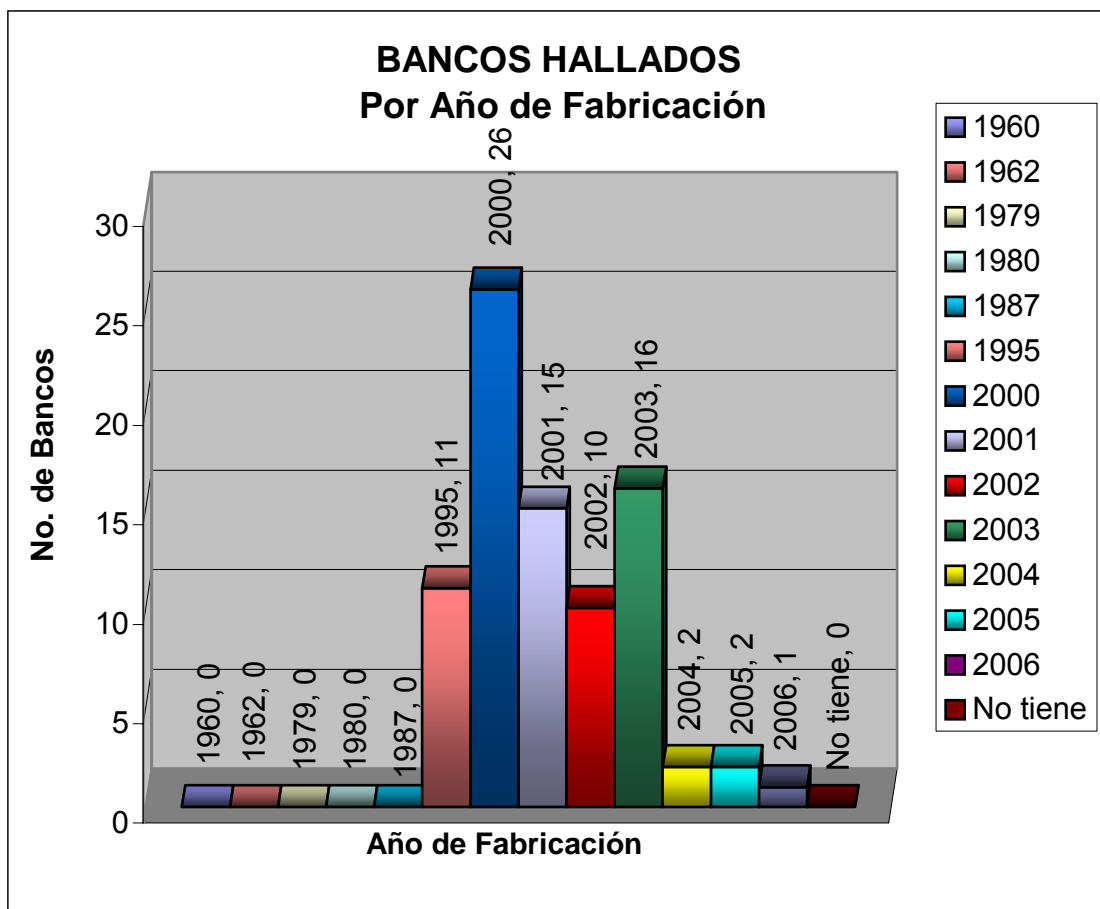
No se incluye a EEGSA ni a UF.

Los 83 bancos de capacitores fueron hallados en 38 instituciones, mientras que los 25 capacitores monofásicos se encontraron en 7, en 85 instituciones no se hallaron ni bancos de capacitores ni monofásicos. Siendo un total de 130 de las 132 inventariadas, excluyendo a EEGSA y UF.

La descripción "No tiene" corresponde a los capacitores de los cuales fue posible una verificación visual pero no contenían placa de características o en su defecto no contenían el año de fabricación.

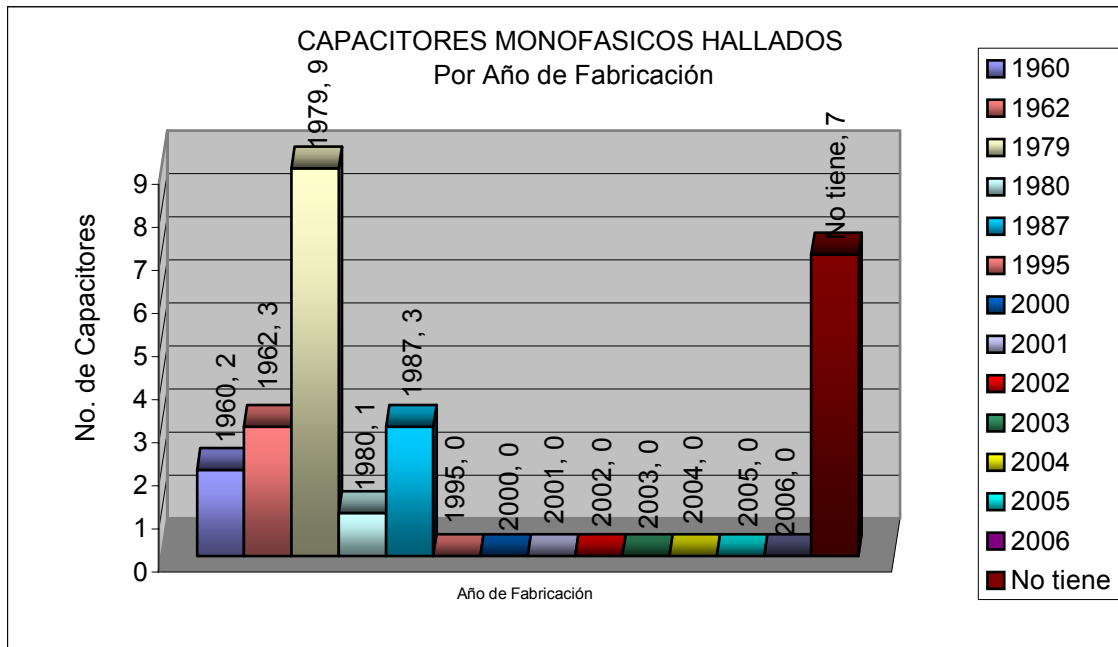
Las gráficas que a continuación se presentan forman parte de la representación de la tabla No. 12, en las que se detallan Bancos de capacitores y capacitores Monofásicos hallados, respectivamente. **En ninguna de las instituciones inspeccionadas e inventariadas se encontraron capacitores trifásicos.**

Figura 70. Bancos de capacitores inventariados por año



Fuente: Proyecto PCB Guatemala.

Figura 71. Capacitores monofásicos inventariados según año.



Fuente: Proyecto PCB Guatemala.

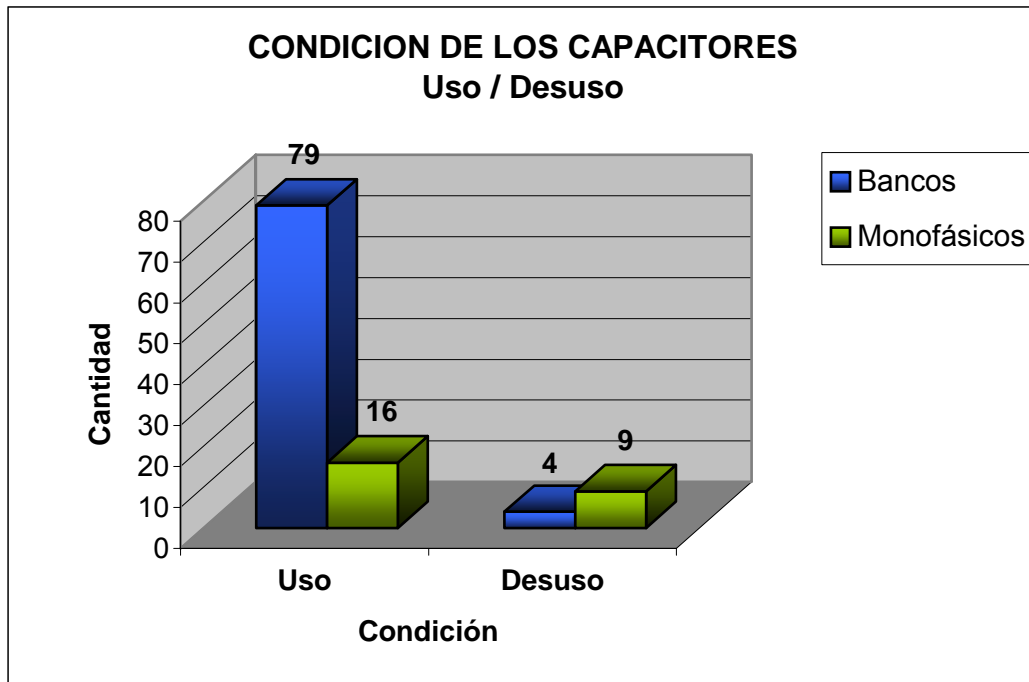
De acuerdo a la funcionalidad y la operación de los capacitores se definieron 2 divisiones de acuerdo a la condición de los equipos siendo estas: Capacitores en Uso y Capacitores en Desuso. De los 83 Bancos de capacitores que se hallaron en 38 instituciones, 79 de ellos se encontraban en uso el resto en desuso. Con respecto a los capacitores monofásicos hallados en las 7 instituciones, 16 se hallaban en uso y 9 en desuso. La información se presenta a continuación en la siguiente tabla:

Tabla XVIII Capacitores inventariados según condición

CONDICION DE LOS CAPACITORES HALLADOS		
Condición	Bancos	Monofásicos
Uso	79	16
Desuso	4	9
Totales	83	25

Fuente: Proyecto PCB Guatemala.

Figura 72. Capacitores inventariados según condición.



Fuente: Proyecto PCB Guatemala.

Con respecto a los bancos de capacitores: se hallaron 83 en las inspecciones realizadas como actividad del inventario, 188 que son propiedad de EEGSA y 130 que son propios de Unión Fenosa, haciendo un total de 401 bancos de capacitores inventariados e ingresados a la base de datos. Con respecto a capacitores monofásicos: se hallaron 25 en las distintas inspecciones, por parte de EEGSA no se tuvo acceso a la información de los capacitores individuales y por parte de UF solo se tiene información específica de los bancos de capacitores y no de los monofásicos o trifásicos de los que es propietario. En la tabla siguiente se detalla la información.

Tabla XIX Capacitores inventariados en Fase I

TOTAL DE CAPACITORES HALLADOS		
	Bancos	Monofásicos
Inspecciones	83	25
EEGSA	188	0
UF	130	0
Totales	401	25

Fuente: Proyecto PCB Guatemala

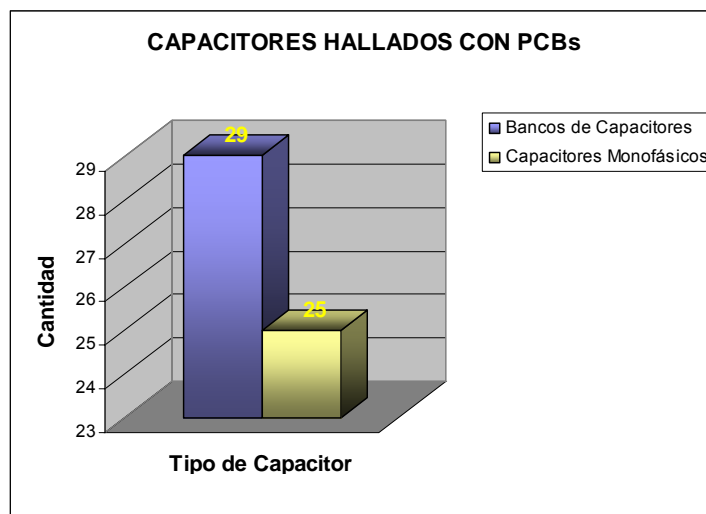
Como se puede observar en la tabla No. 14, 25 capacitores monofásicos hallados contienen PCB. En la tabla No. 19, 29 bancos de capacitores se consideran con PCBs siendo éste el resultado total del inventario.

Tabla XX Tipos de capacitores inventariados.

CAPACITORES HALLADOS CON PCBs	
Tipo	Total
Bancos de Capacitores	29
Capacitores Monofásicos	25

Fuente: Proyecto PCB Guatemala

Figura 73. Tipos de capacitores inventariados en Fase I



Fuente: Proyecto PCB Guatemala

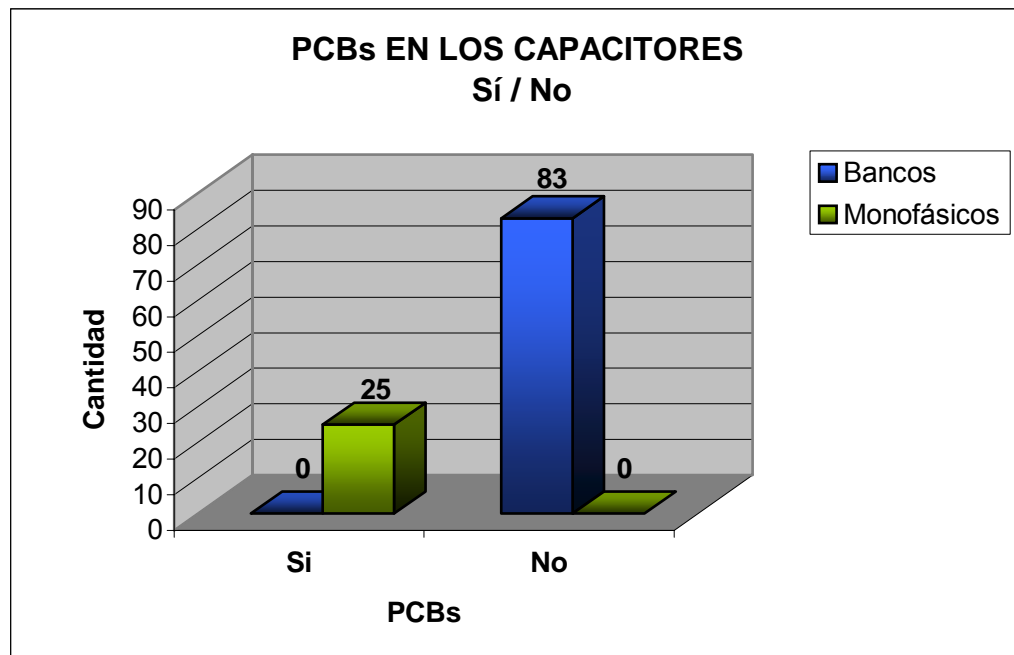
El inventario nacional de capacitores que potencialmente contengan PCBs tiene como objetivo principal cuantificar las existencias de capacitores en uso o en desuso que contengan bifenilos policlorados a nivel nacional, tanto en el sector público como en el sector privado. Los resultados del proyecto relacionados a la cantidad de capacitores que contienen PCBs se detallan en la siguiente tabla.

Tabla XXI PCB en capacitores inventariados según tipo.

PCBs EN LOS CAPACITORES HALLADOS		
	Bancos	Monofásicos
PCB	0	25
No PCB	83	0
Totales	83	25

Fuente: Proyecto PCB Guatemala

Figura 74 PCB en capacitores inventariados según tipo.



Fuente: Proyecto PCB Guatemala.

De los 83 bancos de capacitores hallados y mencionados con anterioridad ninguno posee PCBs, ya que todos los bancos tienen edades relativamente cortas (aproximadamente 10 años) como se puede observar en la tabla No. 12, estos se encuentran entre los años 1995 al 2006 que quedan descartados ya que los capacitores de fabricación son sellados y con PCBs se dejaron de fabricar hasta el año de 1985, por lo que no existe el riesgo de contaminación cruzada.

Se hallaron 25 capacitores monofásicos con PCBs, se puede observar en la tabla No. 12 que se encuentran entre los años de 1960 a 1985.

7. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DE LOS PCBS EN GUATEMALA

En ésta sección el lector podrá encontrar información de la situación actual en Guatemala con relación al manejo de transformadores con Bifenilos Policlorados y desechos que los contengan, toda ésta información es producto del trabajo de campo realizado en el marco del Proyecto de Inventario de Bifenilos Policlorados y equipos que lo contengan en Guatemala.

En Guatemala, el desconocimiento de los riesgos que conlleva el inadecuado manejo de transformadores fabricados o contaminados con PCB, hace que las actividades de operación y mantenimiento se hagan indistintamente de las actividades con equipos fabricados con aceite mineral. De aquí el alto riesgo de que las empresas dedicadas al mantenimiento de transformadores de potencia o bien, las propietarias de transformadores sumergidos en aceite, propaguen la contaminación cruzada.

Las características de los bifenilos policlorados, como contaminantes de la salud humana y el medio ambiente, en la mayoría de instalaciones donde existen transformadores de potencia, es totalmente desconocida, en algunos lugares, se han encontrado encargados del área eléctrica que tienen algunos conocimientos de los riesgos de los PCBs, en todos estos pocos casos, el conocimiento ha sido adquirido por medio de investigación propia.

7.1. Sector Público

Debido al subdesarrollo en el que se encuentra Guatemala, el sector público es el más propenso al inadecuado manejo de transformadores eléctricos, las instituciones estatales tienen que pasar por alto en muchas ocasiones, la inversión en actividades de mantenimiento preventivo, esto debido al sin número de actividades que deben de desarrollar que consumen recursos humanos y económicos.

Para una mejor comprensión de la situación nacional, dividiremos el sector público en:

- **Sector Eléctrico**
- **Sector Salud**
- **Sector de servicios públicos**

7.1.1. Sector Eléctrico público guatemalteco

La generación de energía eléctrica en Guatemala, se inicia en el año de 1884 al instalarse la primera planta hidroeléctrica en la finca El Zapote, al norte de la capital. Al año siguiente (1885) empresarios alemanes forman la Empresa Eléctrica del Sur, instalando la hidroeléctrica Palín de 732 KW, la cual brindó servicio a los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez y Escuintla. En 1927 se construye la hidroeléctrica Santa María, con el fin de proveer de energía al Ferrocarril de los Altos. Cuando este medio de transporte desapareció, las autoridades de gobierno deciden que la planta se oriente a cubrir la demanda de los departamentos de Quetzaltenango, Totonicapán, Sololá y Suchitepéquez. Durante la década de los años 30 el Ingeniero Oswaldo Santizo había construido las hidroeléctricas de Patzún en Chimaltenango, y la de Patulul en Suchitepéquez.

En 1940, se crea el Departamento de Electrificación Nacional, dependencia del Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas e Hidroeléctrica Santa María se convierte en la Hidroeléctrica del Estado. A mediados de la década de los cincuenta se inicia la construcción en Zacapa de la Hidroeléctrica Río Hondo. Posteriormente el 27 de Mayo de 1959 fue creado el Instituto Nacional de Electrificación -INDE-; por medio del decreto 1287, que incorpora dentro de sus bienes iniciales la hidroeléctrica Santa María y la de Río Hondo que se encontraba en construcción. Esta planta fue puesta en operación en 1962 con una capacidad de 2400 KW.

Debido al crecimiento de la demanda de energía eléctrica y para atender los planes de electrificación, en 1965 fue puesta en operación la Central Diesel de San Felipe, Retalhuleu, con una capacidad de 2440 KW. Seis años más tarde fue instalada una turbina de gas en la finca Mauricio, en Escuintla, con una capacidad de 12,500 KW. En ese mismo período el INDE amplió la capacidad de la hidroeléctrica Santa María a 6,880 KW.

A principios de la década de los setenta (70's) se instaló la Hidroeléctrica Jurún Marinalá. En 1982 inició operaciones la Hidroeléctrica Aguacapa y en 1983 la Hidroeléctrica Chixoy, la más grande del país (aproximadamente 300MWA, produciendo para el año 200 275MVA).

A partir de 1992 inician sus operaciones varias empresas generadoras privadas, entre ellas: Los Ingenios Azucareros, ENRON en Puerto Quetzal y posteriormente las plantas SIDEGUA, LAGOTEX, Secacao, Río Bobos, TAMPA, Guatemala Generating Group (GGG), Las Palmas, Generadora del Norte (GENOR), Calderas, Zunil, Poliwatt, Pasabién, Poza Verde, Tululá, Cerro Vivo, Las Vacas, Matanzas, Arizona, entre otras.

La capacidad instalada a nivel nacional en la actualidad es de 1,705.6 MW, entre generadores privados e INDE.

En 1993 el INDE cubría la mayor parte de la generación del país con un 71 % y además, la distribución de energía al consumidor final, en casi todo el territorio. La Empresa Eléctrica de Guatemala S.A. –EEGSA-, propiedad mayoritaria del Estado, era la otra empresa generadora y distribuidora importante, con el 80 % del consumo total del mercado. La EEGSA compraba el 67 % de la energía que requería directamente al INDE y el restante 23 % a otros generadores privados, que operaban en un mercado monopolizado.

Las empresas distribuidoras estaban obligadas a comprar al INDE y los generadores no podían competir entre sí, y vendían solamente al INDE y a la EEGSA. La red de transmisión estaba parcialmente abierta y limitaba las transacciones que pudieran hacerse en el mercado.

El proceso se inicia en 1993, con la suscripción de los denominados contratos a término de venta de energía, entre generadores privados, el INDE y la EEGSA. Sin embargo, ésta situación no promovía la competencia y solamente trataba de superar la deficiencia existente en el suministro de energía que vivía el país.

En el año 1996 se aprueba la nueva legislación del mercado eléctrico en Guatemala, dando inicio al proceso de transformación como tal.

- Ley General de Electricidad. Decreto 93-96 del Congreso de la República del 13 de noviembre de 1996.
- Reglamento de la Ley General de Electricidad. Acuerdo Gubernativo 256-97 del 21 de marzo de 1997.

- Constitución de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica. 28 de mayo de 1997
- Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista. Acuerdo Gubernativo 299-98 del 28 de mayo de 1998.
- Constitución del Administrador del Mercado Mayorista. 23 de julio de 1998.

Dentro de los medios de generación de energía eléctrica en Guatemala, se pueden mencionar:

- Energía hidráulica
- Energía geotérmica
- Energía térmica
- Energía eólica
- Energía solar

Dentro de las empresas de transmisión se pueden mencionar las siguientes empresas:

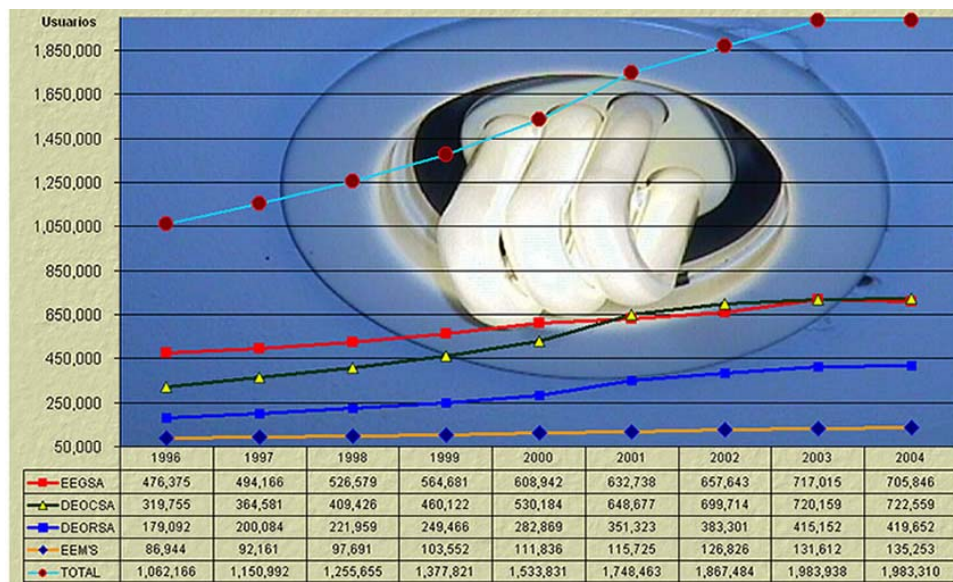
- Instituto Nacional De Electrificación –INDE- (ETCEE)
- Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. –EEGSA- (TRELEC, S.A.)

Dentro de las empresas de distribución se pueden mencionar las siguientes empresas:

- Empresa Eléctrica de Guatemala –EEGSA-
- Unión FENOSA:
 - Distribuidora de Energía Eléctrica de Occidente, S.A. –DEOCSA-
 - Distribuidora de Energía Eléctrica de Oriente, S.A. –DEORSA-
- Empresas Eléctricas Municipales (16 en total).
 - EEM de Jalapa
 - EEM de Retalhuleu, Quetzaltenango

- EEM de Sayaxché, Petén
- EEM de Gualán, Zacapa
- EEM de Zacapa
- EEM de San Marcos
- EEM de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos
- EEM de Quetzaltenango
- EEM de Puerto Barrios, Izabal
- EEM de Guastatoya, El Progreso
- EEM de Playa Grande
- EEM de San Pedro Pinula, Jalapa
- EEM de Huehuetenango
- EEM de Tacaná
- EEM de Joyabaj
- EEM de Santa Eulalia

Figura 75. Evolución del número de usuarios por distribuidora 1996-2004



Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica de Guatemala.

www.cnee.gob.gt

7.1.1.1. INDE

El INDE, se divide en tres empresas que son:

- Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica –ETCEE-
- Empresa de Generación de Energía Eléctrica –EGEE-
- Empresa de Comercialización Generación de Energía –ECOE-

7.1.1.1.1. Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica (ETCEE)

En el área de Transporte y control del INDE, se ha tenido a disposición los informes anuales de los equipos instalados en el SIN³², en los cuales aparecen los resultados de las cromatografías, en dichos documentos se encuentra que existen 108 equipos de potencia instalados en la red de transporte del INDE (ETCEE), de los cuales, hay resultados de 33 transformadores libres de PCB, mientras que del resto (75 equipos), no se tienen datos de pruebas de PCB al dieléctrico.

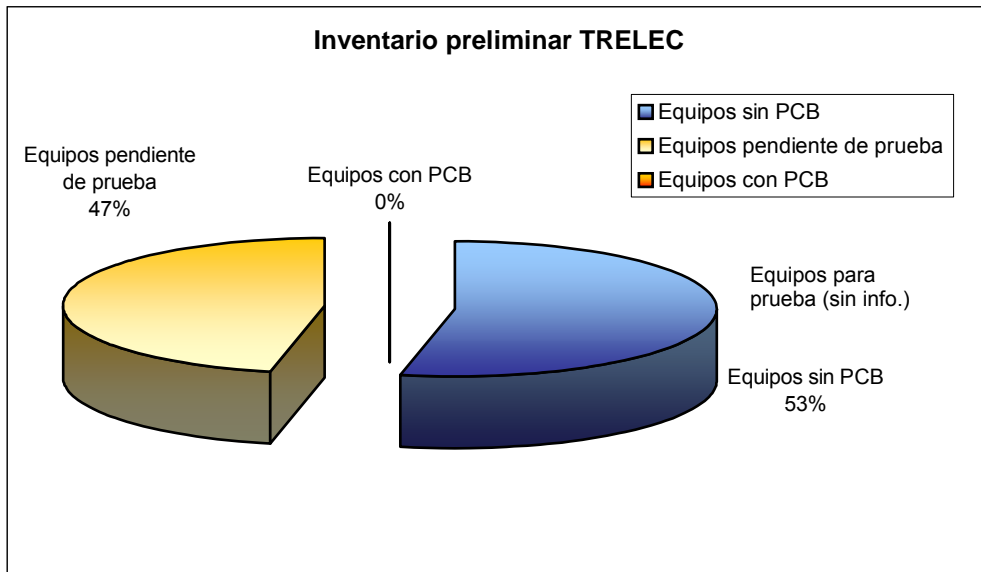
Tabla XXII Detalle inventario ETCEE

Equipos sin PCB	58
Equipos para hacer prueba de PCB	51
Equipos con PCB	0
TOTAL	109

Fuente: Análisis Cualitativo y Cuantitativo para el mantenimiento Predictivo de Transformadores de Potencia por detección de gases Disueltos en Aceite Dieléctrico. DIMPS, S.A.

³² SIN; Sistema Nacional Inerconectado

Figura 76. Transformadores inventariados en ETCEE.



Fuente: Proyecto PCB Guatemala.

Tabla XXIII Datos generales de inventario en ETCEE

Total de equipos	109
Capacidad del equipo instalado	2,700 MVA
Aproximado del peso de dieléctrico	5,400 toneladas

Fuente: Proyecto PCB Guatemala

En la Subestación Guate-Sur, se tiene conocimiento de que hay enterrado un transformador de potencia con PCB, hasta el momento no se ha concretado la verificación de las condiciones del área de enterramiento. Se sabe por medio de conversaciones con exempleados de la institución que se hizo una fosa de concreto para enterrar el equipo, pues se sabía de sus características contaminantes.

En la actualidad se están realizando gestiones para determinar la ubicación de “**Cementerios de transformadores**”, en donde se enterraban equipos de potencia en años pasados.

Se tiene información de que algunos de estos sitios pudieran estar en áreas que en la actualidad son propiedad de Union Fenosa, la poca información que se tiene de éstas áreas, se debe a que en el INDE no se tienen registros de ellas y en su mayoría fueron creadas hace muchos años, hay muy pocas personas que sepan de la ubicación de tales cementerios, podría decirse que el problema radica en la antigüedad de la información.

7.1.1.1.2. Empresa de Generación de Energía Eléctrica (EGEE)

En el área de Generación, se han encontrado 21 equipos con PCB. Entre los que destacan ocho ubicados en las instalaciones de la Hidroeléctrica Aguacapa. Debemos mencionar, que los equipos en uso están provistos de instalaciones adecuadas para contener derrames, ya que la aseguradora que cubre a ésta institución así lo exige con los equipos con PCB.

Los equipos en mención, son de marca Voltawerke, fabricados en 1979, el dieléctrico contenido en los equipos es Clophen, el peso total de PCB en los 8 equipos es aproximadamente 2 toneladas, según datos de placa. Estos datos hacen al área de generación del INDE, uno de los poseedores importantes de PCB. En la institución se están gestionando los recursos para el almacenaje adecuado de los equipos que están en desuso, para más adelante destruirlos de manera adecuada por los medios que estén a disposición para Guatemala.

Figura 77. Equipo con PCB en Aguacapa



Fuente: Proyecto PCB-GUATE

También es de importancia mencionar que se hallaron varios transformadores trifásicos de antigüedad considerable en la Subestación de La Fragua, Zacapa, equipos de los cuales no se encontraron datos en el área de transporte y tampoco en el área de Generación, uno de éstos equipos están en uso, mientras que; hay un equipo en desuso en el área de la subestación y cuatro equipos en una galera que comparten con la Empresa Eléctrica de Zacapa. Los equipos en desuso se encuentran en total abandono y por sus características (antigüedad y diseño) son potenciales poseedores de PCB, ya sea por fabricación o por contaminación cruzada.

Figura 78. Equipos antiguos en la subestación de La Fragua.



Fuente: Provento PCB-GUATE.

Figura 80. Equipo almacenado en galera compartida con EEM de Zacana

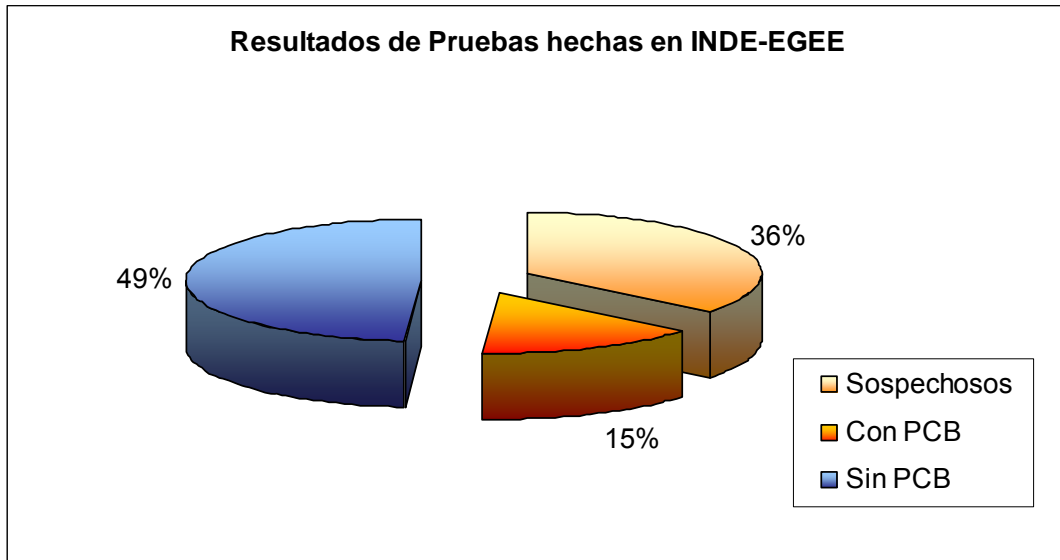


Figura 79. Equipos vaciados, en Subestación La Fragua, Zacapa,



Fuente: Proyecto PCB-GUATE

Figura 81. Resultados de pruebas hechas a INDE-EGEE



Fuente: Proyecto PCB Guatemala

Tabla XXIV Generadoras incluidas en Fase I a las que se les hizo pruebas

	Sospechosos	Con PCB	Sin PCB	Total
El Porvenir	7	0	0	7
Planta Santa María	16	2	0	18
Central Geotérmica Calderas	2	0	2	4
Centra Hidroeléctrica Chixoy	6	0	19	25
Planta Hidroeléctrica Los Esclavos	19	1	5	25
Planta Hidroeléctrica Aguacapa	0	8	13	21
Planta Hidroeléctrica Jurun Marinalá	0	0	13	13
Planta Hidroeléctrica El Salto	0	0	1	1
Planta Hidroeléctrica Palin I	0	2	4	6
Planta Hidroeléctrica Palín II	0	0	1	1
Planta Hidroeléctrica Chichaic	0	0	1	1
Central Térmica Escuintla	0	8	9	17
TOTALES	50	21	68	139

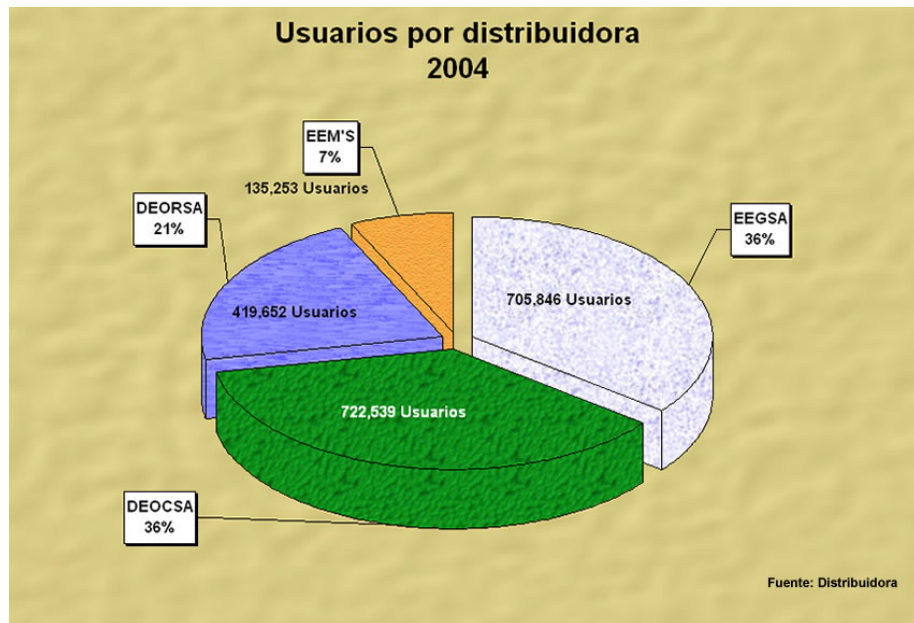
Fuente: Proyecto PCB Guatemala

7.1.1.2. Empresas Eléctricas Municipales – EEMs –

Las empresas eléctricas municipales guatemaltecas, se dedican a la distribución del fluido eléctrico en los municipios en que laboran; son de especial atención pues forman parte del sector eléctrico en Guatemala y representan un 7% de dicho sector³³. En todo el país existen 16 empresas eléctricas municipales, que se dedican a distribución y mantenimiento de sus respectivas redes. En su mayoría carecen de administración encaminada al crecimiento de la empresa como tal, por lo que presentan deficiencias en capacidades técnico-profesionales.

³³ www.cnee.gob.gt (Comisión Nacional de Energía eléctrica) informe de labores enero-julio 2002.

Figura 82. Composición sector distribución en Guatemala



Fuente: Comisión nacional de energía. www.cnee.gob.gt

Todas las EEMs³⁴ son autofinanciables, están bajo la administración de sus respectivas municipalidades pero no reciben presupuesto alguno de ellas. Los administradores tienen como jefe inmediato a los alcaldes municipales.

Las EEMs compran suministro eléctrico del INDE y se dedican a la distribución y mantenimiento de la red en los municipios a que pertenecen. Algunas de ellas abarcan el área rural, y otras comparten usuarios con Unión Fenosa.

³⁴ EEMs: Empresas Eléctricas Municipales

Se logró inspeccionar 10 Empresas Eléctricas Municipales de las 16 existentes en el país, las cuales fueron:

1. EEM de Jalapa
2. EEM de Retalhuleu, Quetzaltenango
3. EEM de Sayaxché, Petén
4. EEM de Gualán, Zacapa
5. EEM de Zacapa
6. EEM de San Marcos
7. EEM de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos
8. EEM de Quetzaltenango
9. EEM de Puerto Barrios, Izabal
10. EEM de Guastatoya, El Progreso

Para completar la población de empresas eléctricas municipales, quedan por inspeccionar las siguientes:

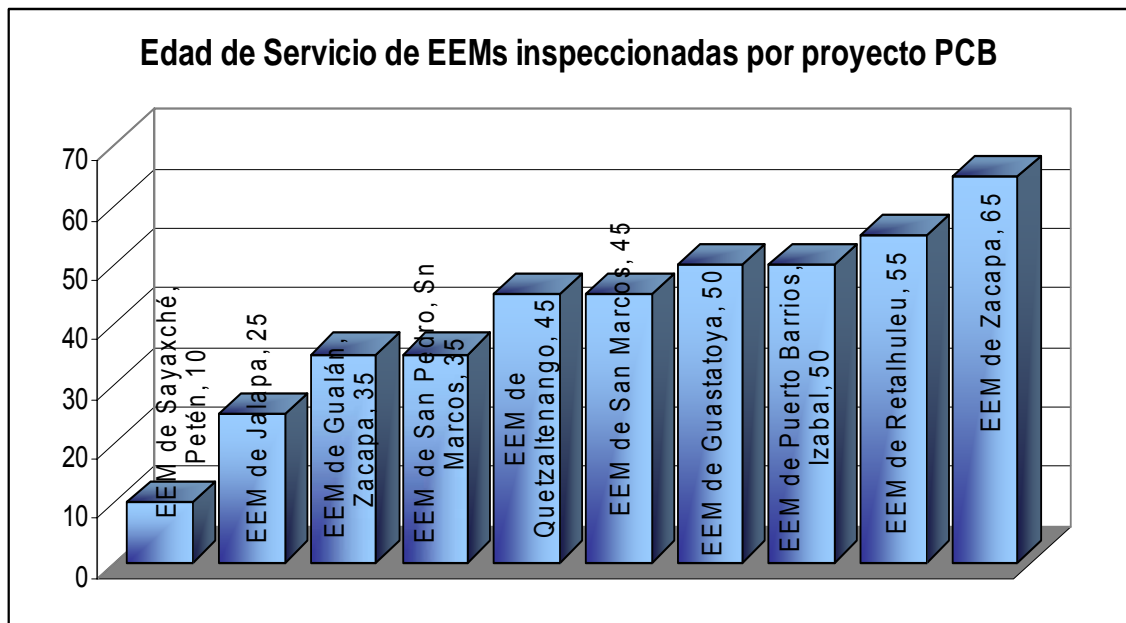
11. EEM de Playa Grande
12. EEM de San Pedro Pinula, Jalapa
13. EEM de Huehuetenango
14. EEM de Tacaná
15. EEM de Joyabaj
16. EEM de Santa Eulalia

En cada una de las instituciones se contó con la buena disposición de su personal para proveer de la información necesaria para el presente informe.

De las empresas visitadas, la mayoría de EEMs presta el servicio de distribución eléctrica y mantenimiento de su red, desde hace más de 50 años, siendo las más antiguas la de Zacapa, la de Retalhuleu, la de Puerto Barrios, Izabal, y la de Guastatoya El Progreso.

Como se observa en la gráfica 1, la empresa con más años de labores es la de Zacapa, en contraste con esto, la Empresa más joven es la de Sayaxché Petén, que tiene aproximadamente 10 años de estar en funcionamiento.

Figura 83. Edad de Servicio de Empresas Eléctricas Municipales inspeccionadas por Proyecto PCBs Guatemala, hasta febrero de 2006.



Fuente: Información de campo, Proyecto Nacional PCB.

7.1.1.2.1. Personal de las Empresas Eléctricas Municipales

El personal de las EEMs se distribuye en administrativo y personal de campo.

El Personal Administrativo se refieren a todas aquellas personas que se encargan de los trámites, movimiento y documentación interna, así como de los cobros por venta de energía eléctrica.

El Personal de Campo, se refieren a los técnicos que se encargan del mantenimiento y ampliación de la red eléctrica en cada uno de los municipios, así como de lectura de contadores, emisión de facturas, monitoreo constante de las líneas, reparaciones de equipos dañados y montaje de los mismos.

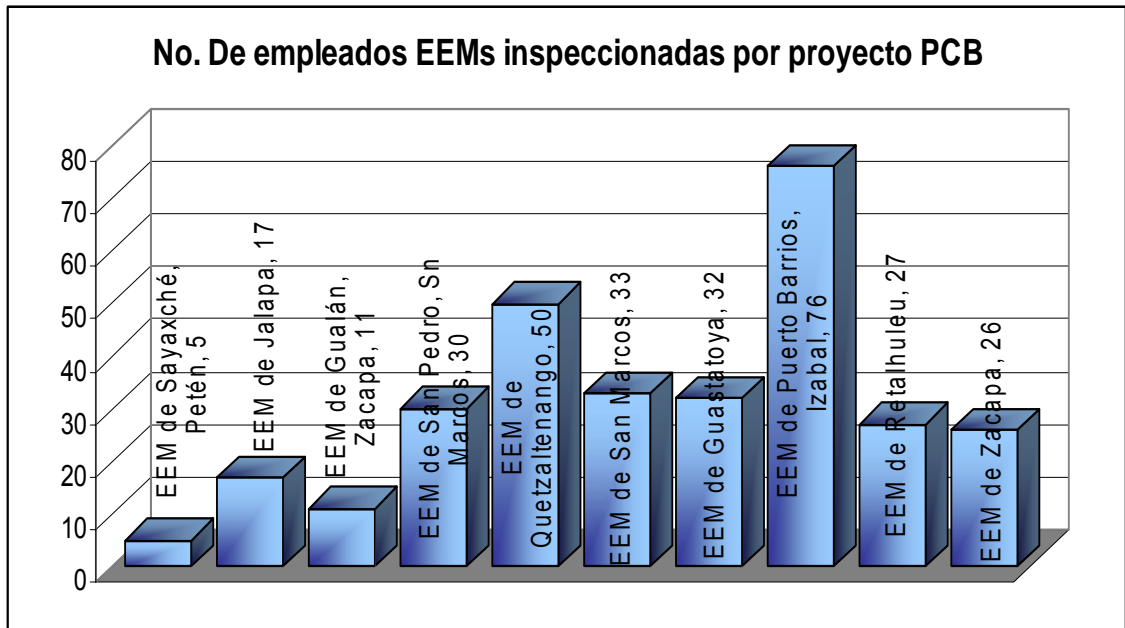
En muy pocas de las EEMs se cuenta con personal capacitado en el área de Potencia, ya que no cuentan con Ingenieros Electricistas quienes puedan elaborar el diseño y planificación de la red, a pesar del constante crecimiento que cada una de estas tiene; en consecuencia algunas de ellas basan sus estimaciones de crecimiento, en conocimientos empíricos adquiridos por sus empleados de campo con base a la experiencia, de los cuales muy pocos cuentan con estudios diversificados y mucho menos superiores. Esto dificulta la posibilidad de un planeamiento adecuado para condiciones de crecimiento de la red, lo cual repercute en un desbalance de fases y sobrecarga innecesaria de los equipos de transformación. Esta representa una de las deficiencias clave en éstas empresas, frente a su potencial de crecimiento y optimización para incrementar su rentabilidad.

Con respecto al grado académico de los empleados en el área de campo se identificó que la gran mayoría solamente cuenta con estudios a nivel primario o nivel secundario. En algunas empresas se cuenta con Peritos en Electricidad y con personal capacitado en el INTECAP en materia eléctrica, pero no especializada en distribución de potencia.

En el caso de la EEM de Puerto Barrios, Izabal; recientemente contrató a personal profesional; un ingeniero electricista y un ingeniero en sistemas, que componen su personal profesional.

La siguiente gráfica representa el número de empleados totales con los que cuentan las diferentes Empresas Eléctricas Municipales inspeccionadas:

Figura 84. Número de empleados por Empresa Eléctrica Municipal inspeccionadas por Proyecto PCBs Guatemala, hasta febrero de 2006.



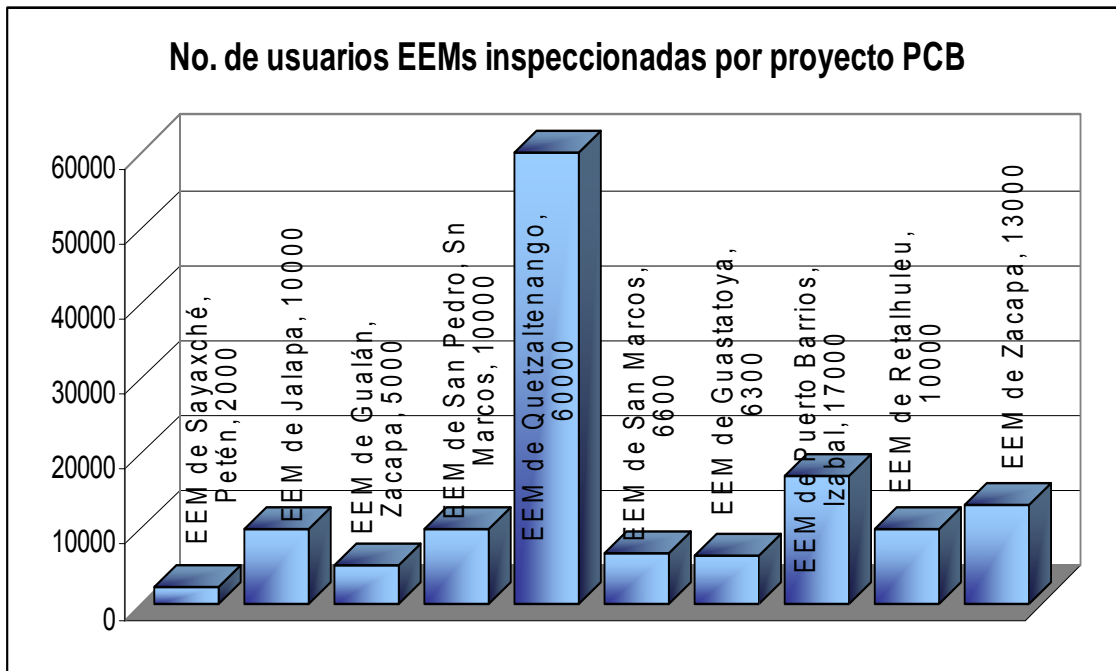
Fuente: Información de campo, Proyecto Nacional PCB.

7.1.1.2.2. Usuarios de las EEMs:

Las Empresas Eléctricas Municipales distribuyen energía eléctrica a las áreas vecinas de éstas, es decir, tanto al área urbana como al área rural de cada uno de los municipios. En su mayoría estas empresas poseen pequeños usuarios y algunas tienen medianos y grandes usuarios.

La gráfica que a continuación se muestra representa el número aproximado de usuarios que posee cada una de las Empresas Eléctricas Municipales:

Figura 85. Cantidad de Usuarios por Empresa Eléctrica Municipal inspeccionadas por Proyecto PCBs Guatemala, hasta febrero de 2006.

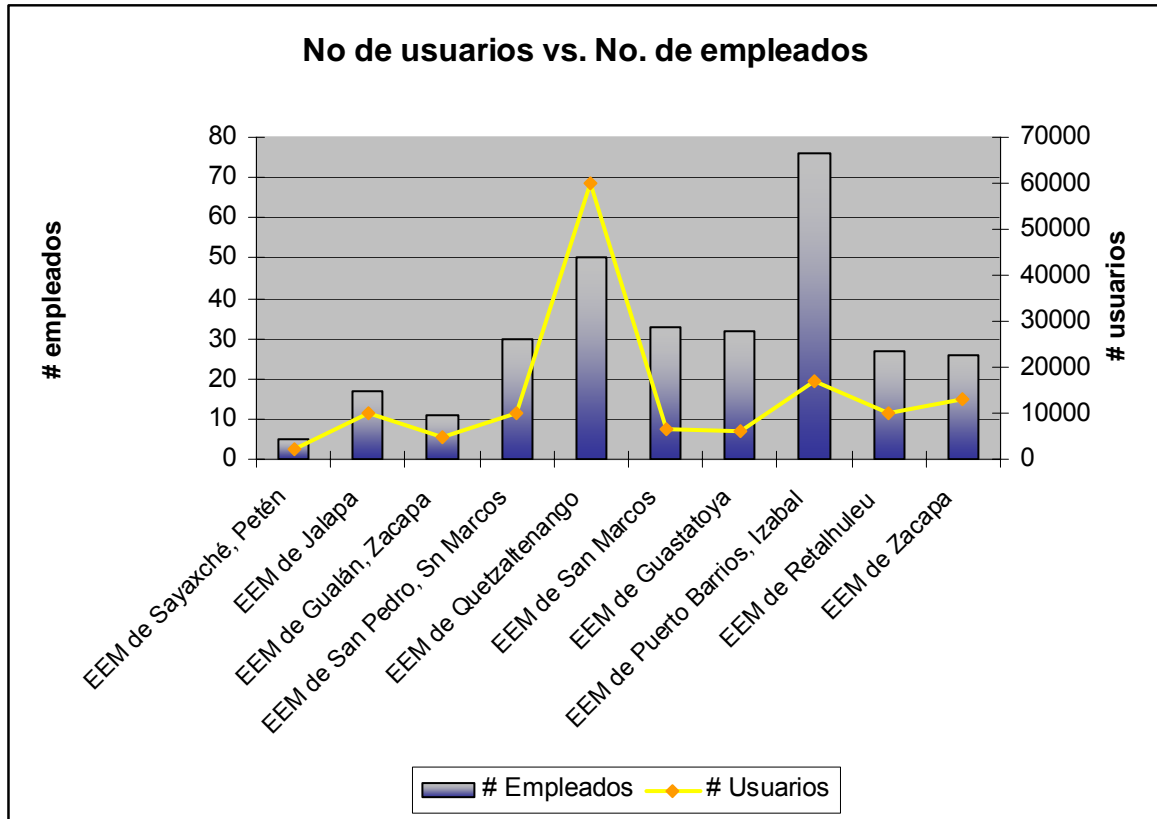


Fuente: Información de campo, Proyecto Nacional PCB.

En la gráfica podemos observar que la mayoría de las empresas eléctricas municipales presentan un déficit en cuanto al número de empleados y el número de usuarios que éstos deben de atender.

Asimismo en términos generales, las empresas eléctricas municipales carecen de condiciones tecnológicas, que les permitan desarrollarse y ser competitivas frente a empresas privadas. Es evidente la necesidad de desarrollar capacidad local.

Figura 86. Cantidad de empleados vs. Cantidad de usuarios en las EEM guatemaltecas.



Fuente: Información de campo, Proyecto Nacional PCB.

7.1.1.2.3. Condiciones de almacenaje de desechos

En términos generales, las EEMs carecen de instalaciones adecuadas para el almacenamiento de equipos susceptibles de estar contaminados con PCB, así como de personal calificado para la supervisión de tal actividad. Muchas de ellas almacenan sus equipos a la intemperie y no se tiene restringido el acceso a civiles.

Como es común en cualquier empresa eléctrica se identifica como común la actividad de utilizar equipo de desecho para reparar transformadores, utilizando sus partes. Esta actividad representa un riesgo de contaminación cruzada en los equipos que pudieran contener concentraciones importantes de PCB (arriba de 50ppm).

Figura 87. Carcaza de trafo utilizada como pila, en La Fragua, Zacapa



Fuente: Proyecto PCB-GUATE

Figura 88 Condiciones de almacenaje en EEM Quetzaltenango



Fuente: Proyecto PCB-GUATE

Figura 90. Condiciones de almacenaje en EEM de Zacapa.



Figura 89. Condiciones de almacenaje en EEM de San Marcos.



Fuente: Proyecto PCB-GUATE.

Figura 91. Condiciones de almacenaje en EEM de Guastatoya, El Progreso.



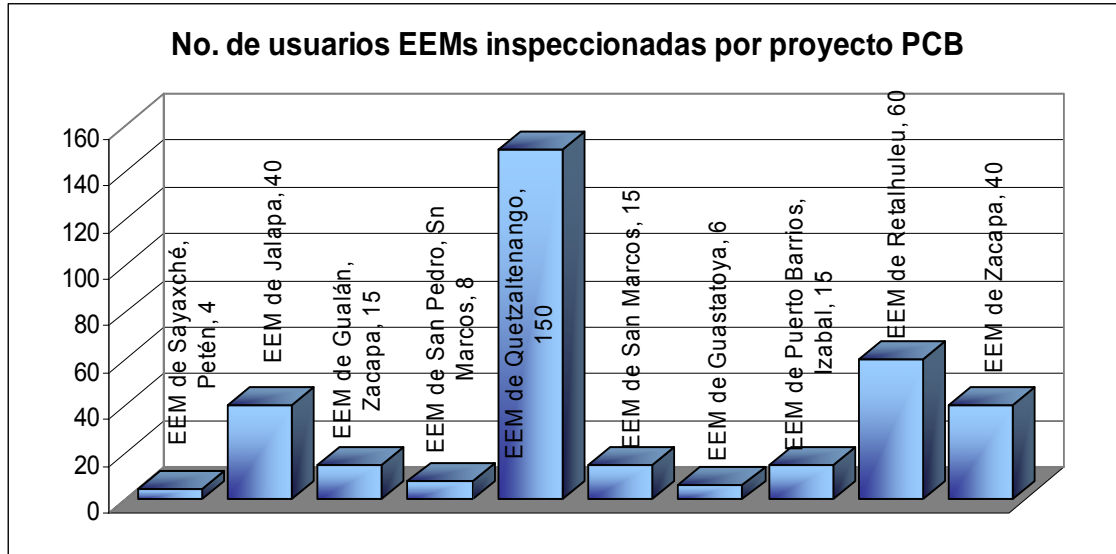
Figura 92. Condiciones de almacenaje de desechos en EEM de Gualán, Zacapa.



Fuente: Proyecto PCB-GUATE.

La siguiente gráfica representa la cantidad aproximada de equipos de desecho encontrados en cada una de las empresas, de los cuales la mayoría se encuentra en condiciones que deben ser atendidas. Se puede observar que la empresa con un mayor número de desechos almacenados es la de Quetzaltenango, en contraste con la empresa eléctrica de Sayaxché, que por ser de las más nuevas, cuenta con cuatro equipos almacenados.

Figura 93. Cantidad de equipos de desecho por Empresa Eléctrica Municipal inspeccionadas por Proyecto PCBs Guatemala, hasta febrero de 2006.



Fuente: Información de campo, Proyecto Nacional PCB.

La deficiencia en el almacenaje adecuado de cada una de las empresas es preocupante por el hecho de que se ha encontrado común la práctica de distribución de aceite de transformador para la cura de reumas, poniendo en riesgo de absorción de PCB a la población que ve común esta actividad.

7.1.1.2.4. Resultados de Pruebas a Empresas Eléctricas Municipales

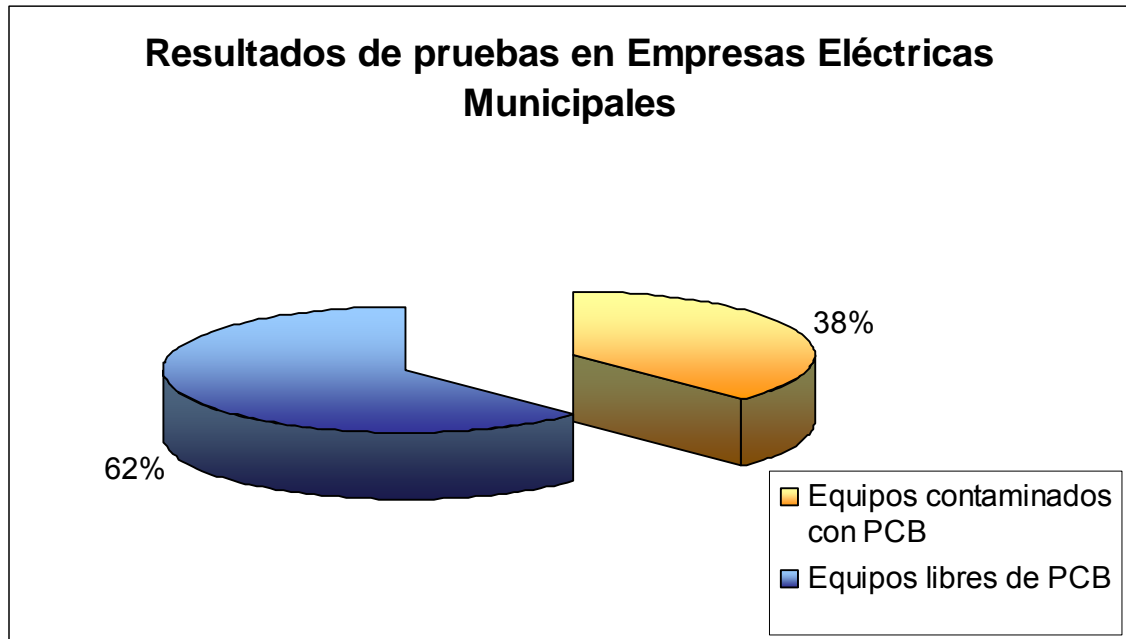
Como parte de la segunda fase del proyecto, se incluyeron para pruebas a las Empresas Eléctricas con mayor probabilidad de contaminación, a continuación se detallan los resultados.

Tabla XXV Empresas eléctricas municipales identificadas en Fase I como potenciales poseedores de PCB

		Analizados	Contaminados	Libres	% contaminación
1	EEM de San Pedro	3	1	2	33,3%
2	EEM de Santa Eulalia	7	1	6	14,3%
3	EEM de Quetzaltenango	42	15	27	35,7%
4	EEM de Huehuetenango	10	1	9	10,0%
5	EEM de San Marcos	17	13	4	76,5%
8	EEM de Guastatoya El Progreso	10	2	8	20,0%
11	EEM de Retalhuleu	25	10	15	40,0%
		114	43	71	37,72%

Fuente: Proyecto PCB Guatemala

Figura 94. Resultados obtenidos de las pruebas a Empresas Electricas Municipales



Fuente: Proyecto PCB Guatemala

Como se puede observar en los resultados, se tiene un alto porcentaje de equipos contaminados con PCB en las Empresas Eléctrica Municipales, que representan el sector con mayores probabilidades de dispersar la contaminación al medio ambiente si no se implementan medidas preventivas y correctivas en el manejo adecuado de desechos y equipos en funcionamiento.

7.1.1.2.5. Condiciones Generales³⁵

De manera general se encontraron las siguientes características:

- No se cuenta con una base de datos del número de equipos instalados en la red (incluyendo capacitores y transformadores).
- Las EEMs poseen equipos en desuso tanto nuevos como con desperfectos, los cuales son objeto de reparación para su posterior montaje en la red.
- Dentro del equipo en desuso se encuentran unidades consideradas como desecho.
- la mayoría de equipos nuevos son de los años 90 en adelante
- dentro de los equipos con desperfectos se encuentran equipos relativamente nuevos en la mayoría de los casos se desconoce su edad.
- Aproximadamente un 90% de los transformadores hallados son de distribución monofásicos, sin embargo en algunos lugares se hallaron equipos trifásicos en desuso.
- Se hallaron equipos con edades entre años 50 hasta la presente década.

³⁵ El lector podrá ver con más detalle las condiciones de cada una de la EMMs en la sección de anexos, donde se adjuntan los informes presentados al proyecto PCB Guatemala.

- Los equipos de desecho, son los que por razones de sobrecarga, o cualquier otra falla eléctrica se arruinaron y no tiene reparación alguna. Dentro de estos equipos algunos aparentemente son antiguos, por lo tanto son potenciales de contener PCBs. Además hay equipos que físicamente parecen antiguos pero no se posee el dato del año de su fabricación, la mayoría de ellos no poseen placa o se encuentra desmantelado o sin tapa estando el dieléctrico de éstos en el suelo, expuestos al personal y al entorno de las EEMs incluyendo la población en general.
- La potencia de los transformadores encontrados oscila entre 5 y 167 KVA.
- Es común la practica de distribución de aceite de transformador para la cura de dolores de articulaciones (reumas), en algunas ocasiones es robado por bodegueros o bien por particulares que tienen acceso a las áreas de almacenamiento.
- En general las tareas de mantenimiento se practican sin ningún tipo de protección personal para los obreros, trabajando éstos en contacto directo con el dieléctrico.
- La actividad de utilizar partes equipos de desecho como repuestos de equipos descompuestos, incrementa las posibilidades de contaminación cruzada en cada una de las empresas. Además de la práctica común del intercambio de aceite entre transformadores.

7.1.1.2.6. Necesidades

En las empresas Eléctricas Municipales guatemaltecas, luego de un diagnóstico en base a las investigaciones de campo, se han identificado cuatro necesidades primordiales:

➤ **Capacitación Técnica:**

- Se identifica la necesidad de tener a disposición personal profesional calificado para actividades fundamentales para el crecimiento de la empresa y la prestación de servicios óptimos para la población, tales como: procedimientos adecuados de mantenimiento, planeamiento y crecimiento de la red eléctrica.

➤ **Reestructuración orga-administrativa:**

- En la mayoría de empresas eléctricas se ha encontrado la carencia de visión empresarial.
- La dependencia directa en materia administrativa que tienen las empresas eléctricas con sus municipalidades las hace susceptibles al desvío de recursos económicos y falta de personal calificado.

➤ **Optimización de Recursos**

- Todas las empresas municipales son autofinanciables y rentables. Debido al tipo de administración, no cuentan con instalaciones adecuadas para su desenvolvimiento, no invierten en la capacitación constante de sus empleados y en muchos casos, no proveen a sus obreros de equipos de protección personal adecuados.

➤ **Desarrollo e implementación de buenas prácticas:**

- Elaboración de manuales de mantenimiento por cada una de las empresas.
- Elaboración de procedimientos adecuados de mantenimiento de redes y estudio de crecimiento de la misma.

- Elaboración de procedimientos de almacenaje acordes a la actividad que desempeñan.

En el siguiente cuadro se observa el estado de las diferentes empresas inspeccionadas hasta febrero de 2006, con base a las necesidades arriba mencionadas, éstas identificadas por orden de prioridad así:

1. **Prioridad Alta**
2. **Prioridad Media**
3. **Prioridad Baja**

Tabla XXVI Identificación de prioridades según necesidades.

Nombre de la Empresa	Capacitación	Reestructuración	Opt. Recursos	Buenas practicas
EEM Sayaxché	1	1	1	1
EEM Jalapa	1	1	1	1
EEM Gualan, Zacapa	1	1	2	1
EEM San Pedro Sac., San Marcos	1	1	2	1
EEM Quetzaltenango	1	1	2	1
EEM San Marcos	2	1	2	1
EEM Guastatoya	1	1	2	1
EEM Puerto Barrios	2	1	2	1
EEM Retalhuleu	1	1	1	1
EEM Zacapa	2	2	2	1

Fuente: Información de campo Proyecto Nacional PCB

Del cuadro anterior, podemos observar que las condiciones de las Empresas Eléctricas Municipales no presentan características competitivas, frente a otras empresas de iniciativa privada como los son EEGSA y Union Fenosa, que presentan organizaciones globales y por ende poseen los recursos necesarios para ser altamente competitivos y rentables en el mercado de distribución eléctrica.

7.1.2. Sector Salud

El sector Salud en Guatemala, como es sabido por todos, se encuentra en condiciones precarias en muchas de sus áreas, y el área eléctrica o de mantenimiento no es la excepción. Debido a la escasez de recursos, no se destina lo suficiente para actividades de mantenimiento de los transformadores eléctricos. En este sector hemos incluido a los hospitales de los cuales tenemos conocimiento que tienen transformadores sumergidos en aceite, incluyendo al centro médico militar; así también, las instalaciones que ocupa el Ministerio de Salud y Asistencia Social de Guatemala.

En base a las inspecciones, se hace evidente la necesidad de crear parámetros de manejo de los equipos eléctricos en general de los hospitales, ya que en la mayoría de los casos no se les brinda mantenimiento hasta que éstos están a punto de colapsar. La falta de conocimiento de los riesgos de manejo inadecuado de equipos con PCB y de procedimientos adecuados de manejo de transformadores eléctricos y sobre todo los contaminados con dicha sustancia, hace del sector hospitalario, un sector de especial atención, pues se pone en riesgo la salud de personal y pacientes, que en la mayoría de casos, acuden a un centro asistencial público por la escasez de recursos económicos y sin saberlo se exponen a contaminación de otra índole.

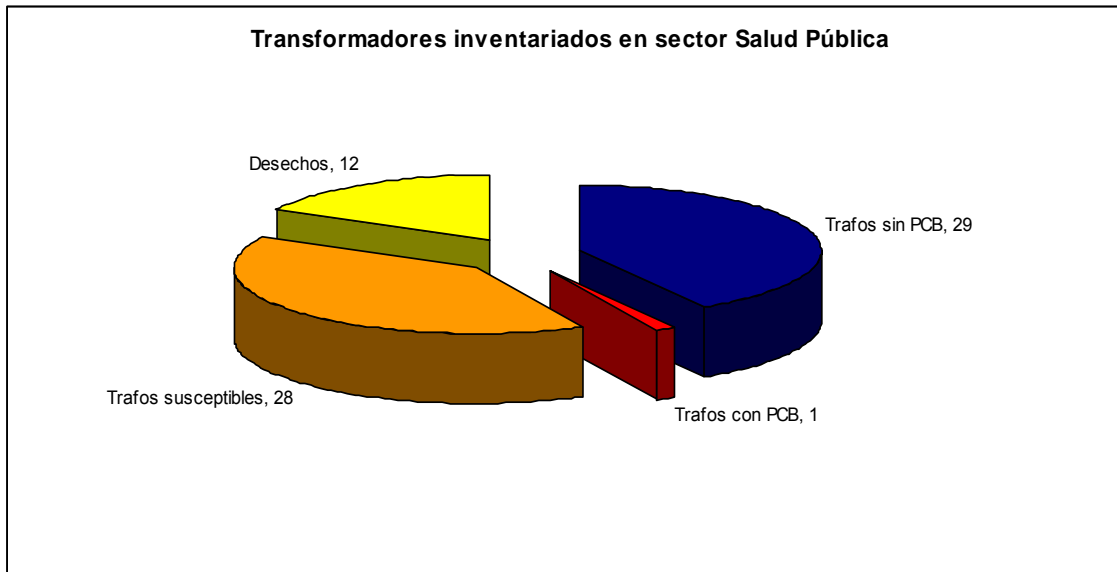
Tabla XXVII Hospitales cubiertos por el proyecto PCB Guatemala.

NOMBRE	Departamento	# total de trafos	Equipos con PCB	Equipos susceptibles	# Desechos	Contaminación fría
Hospital Nacional de Mazatenango	Mazatenango	1	0	1	0	
Hospital Nacional El Progreso	El Progreso	1	0	1	0	
Hospital Nacional Escuintla	Escuintla	3	0	3	0	
Hospital Nacional Melchor	Petén	10	0	7	7	
Hospital Nacional Nicolasa Cruz, Jalapa	Jalapa	7	0	0	1	
Hospital Nacional Retalhuleu	Retalhuleu	1	0	1	0	
Hospital Nacional San Benito, Petén	Petén	3	0	0	0	
Hospital Nacional Zacapa	Zacapa	6	0	3	0	
Hospital Regional Quetzaltenango	Quetzaltenango	0	0	0	0	
Hospital Regional Sayaxche, Petén	Petén	3	0	0	0	
Hospital Roosevelt	Guatemala	10	1	3	0	
Centro Médico Militar	Guatemala	2	0	1	0	
Instituto Nacional contra el cáncer	Guatemala	2	0	2	0	
IGSS Mazatenango	Mazatenango	6	0	0	3	
IGSS Retalhuleu	Retalhuleu	3	0	0	0	
IGSS Puerto Barrios	Izabal	3	0	0	0	
IGSS zona 6	Guatemala	3	0	3	0	
IGSS zona 9	Guatemala	6	0	3	1	
TOTALES		70	1	28	12	

Fuente: Información de campo Proyecto PCB Guatemala

Es urgente la conscientización de mandos altos en el sector Salud para tomar las medidas pertinentes en el asunto y lograr el destino de fondos para la identificación de PCBs en sus instalaciones y por ende crear mecanismos que permitan trabajar con estos equipos con el mínimo de riesgos de contaminación a su entorno.

Figura 95. Transformadores inventariados en sector Salud Pública



Fuente: Información de campo Proyecto PCB Guatemala

En el sector hospitalario, se tiene el caso de un transformador de 750 KVA, fabricado originalmente con pyralene (nombre comercial de PCB), por sus características de construcción, se cree que fue fabricado hace 50 años, el equipo está fuera de uso y semi vaciado, se encuentra en el área original de instalación, dicha área presenta contaminación fría y la institución no cuenta con recursos materiales ni económicos para el desecho inmediato del equipo en mención, tampoco ha tomado medidas adecuadas de desecho de la sustancia extraída del equipo.

Figura 96. Equipo en desuso y con fuga, en Hospital Roosevelt.



Fuente: Proyecto PCB-GUATE.

7.1.3. Sector de Servicios Públicos

Al igual que los anteriores, se ha encontrado deficiente éste sector en sus áreas de mantenimiento, pues no se brinda a los transformadores eléctricos los mantenimientos preventivos necesarios. Además del total desconocimiento de los riesgos de trabajar con equipos contaminados o fabricados con PCB. En este sector, podemos encontrar a los edificios públicos, CONFEDERACIÓN, Teatro Nacional, Policía Nacional, Instituto de Previsión Militar, Portuarias, FEGUA, EMPAGUA.

Se han encontrado transformadores en total descuido, tal es el caso del Centro Cultural Miguel Angel Asturias, en donde se encontró transformadores inundados en sus áreas de instalación. En las instalaciones de la Academia de la Policía Nacional Civil, zona 6, se hallaron equipos de considerable antigüedad, los cuales será sacados de servicio próximamente.

En el edificio que ocupa el Organismo Judicial, se encontró un transformador de 1 MVA, fabricado con PCB puro, la fecha de fabricación es de 1974, en dicha institución hasta finales del 2005, se empezó a gestionar la compra de equipo nuevo, mientras que al equipo anterior se le tenía sin mantenimientos ni revisiones periódicas. Las instituciones estatales de servicios públicos, en muchas ocasiones ponen poco o ningún interés en el área de sus sótanos que es en donde se colocan los equipos, y restringen sus actividades de mantenimiento a inspecciones visuales, hechas por personal que tiene en algunos casos experiencia en instalaciones eléctricas residenciales pero no en el área de potencia.

Si bien no es necesario tener a un ingeniero eléctrico a cargo de los equipos en cada edificio, se hace evidente que la ausencia de personal capacitado en ésta materia en el sector de servicios públicos es uno de los factores que contribuye al descuido en que se encuentran los equipos de transformación.

Figura 97. Transformadores susceptibles de contener PCB en FEGUA zona 1.



Fuente: Proyecto PCB-GUATE.

En las instalaciones de FEGUA, se encontraron numerosos equipos en calidad de desecho y algunos en uso de fechas de fabricación variada, la mayoría de ellos con más de 50 años de antigüedad, en condiciones precarias y con alta corrosión. La edad, marcas y perfiles de diseño, hacen a los equipos y por lo tanto a la institución, un potencial poseedor de PCB en alto riesgo de contaminación fría por los niveles de corrosión de los equipos.

Figura 98. Transformadores antiguos inventariados en FEGUA, Puerto Barrios.



Fuente: Proyecto PCB-GUATE

Figura 100. Transformador instalado en los 50's, en CONFEDE



Figura 99 Trafos almacenados en bodega de Estadio Mateo Flores.



Fuente: Proyecto PCB-GUATE

En las instalaciones de CONFEDE, se encontraron equipos fabricados en los años 50, funcionando en buenas condiciones, lamentablemente éstos equipos no han sido sometidos a mantenimientos periódicos, y fueron identificados como fabricados con PCB puro.

7.2. Sector privado

En el sector privado en Guatemala, podemos observar la gran diferencia con el sector público, en lo que a mantenimiento y atención a los transformadores eléctricos se refiere. Se observa una mayor conciencia y capacidad, para el manejo de transformadores eléctricos, pues se sabe que éstas máquinas son factor indispensable en una buena producción. Es común encontrar equipos que han sido sometidos a mantenimientos preventivos y correctivos en algunos casos, pero se han encontrado muy pocas instituciones con capacidad para el manejo de transformadores con Bifenilos Policlorados, éstas son empresas con altos niveles de competitividad y que comúnmente buscan certificación ISO 14000, tal es el caso de BANDEGUA, que esta certificada y tiene estrictos controles de sus equipos con PCB.

7.2.1. Sector eléctrico privado

Debido a la privatización del área de distribución del INDE, en 1999, la compañía Union Fenosa, adquirió a nivel nacional, el área de distribución del servicio eléctrico, a excepción de la ciudad capital y algunos municipios aledaños, a los cuales, les surte del fluido eléctrico la empresa EEGSA. En 1992 inicia la comercialización de generación de energía eléctrica, entrando a Guatemala varias empresas dedicadas a ésta actividad. Así pues, el sector eléctrico privado en nuestro país lo compone principalmente:

- EEGSA
- UNION FENOSA
- INGENIOS (Cogeneración)
- ASOCIACION DE GENERADORES PRIVADOS

Debido al año en el que ingreso la comercialización de generación de energía eléctrica a nuestro país, las empresas dedicadas a esta actividad que iniciaron funciones en 1992, con plantas nuevas, se han descartado del proyecto PCB, pues todas estas empresas no compraron ni utilizan equipos con PCB, ya que no se fabrican desde mediados de los 80's, además de poseer administraciones transnacionales, que tiene mayores restricciones en cuanto al uso de equipos con PCB se refiere.

La empresas de importancia para el inventario nacional de Bifenilos Policlorados, son entonces, EEGSA, UNION FENOSA, INGENIOS, es necesario mencionar que EEGSA e INGENIOS nacionales, tienen varias décadas de funcionar en nuestro país, característica que los ha hecho de importancia para el proyecto.

Los ingenios en su mayoría son empresas de tradición en Guatemala, que llevan varias décadas de laborar en el país, contando con instalaciones grandes y complejas, debido a las exigencias que presenta la producción de azúcar, es común que los ingenios cambien equipos constantemente, o bien, hagan mantenimientos frecuentes a sus transformadores. Algunas de estas empresas cuentan con personal con conocimientos básicos en manejo de PCBs, pero no profundizados. En otras simplemente no se toca el tema. Una de las empresas más grande y con el mayor riesgo de tener equipos con PCB, es el ingenio Pantaleón, que es el más antiguo en Guatemala, además de ser el más grande, tiene alrededor de setenta transformadores instalados en funcionamiento en el área de producción, y alrededor de 40 equipos en calidad de desecho y en Stand By, ésta empresa abrió sus puertas al proyecto y ha sido tomada en cuenta como una de las primeras a visitar en la fase de pruebas de detección de PCB. Cuenta con personal calificado en el área de potencia, pero no en el área de manejo de Bifenilos Policlorados.

La mayoría de ingenios, cuentan con un área de Cogeneración, que se dedica a la comercialización de potencia eléctrica y están acoplados al SNI, siendo parte importante de éste sistema. Los ingenios generan energía eléctrica por medio de procesos térmicos, utilizando como combustible en vagazo de caña, está actividad hace que los ingenios adquieran y sean poseedores de equipo de transformación grandes.

En el marco del proyecto PCB Guatemala, se lograron inspeccionar los siguientes ingenios:

- Ingenio Concepción
- Ingenio El Pilar
- Ingenio Palo Gordo
- Ingenio La Unión

- Ingenio Santa Ana
- Ingenio Tululá
- Ingenio Pantaleón

7.2.1.1. EEGSA

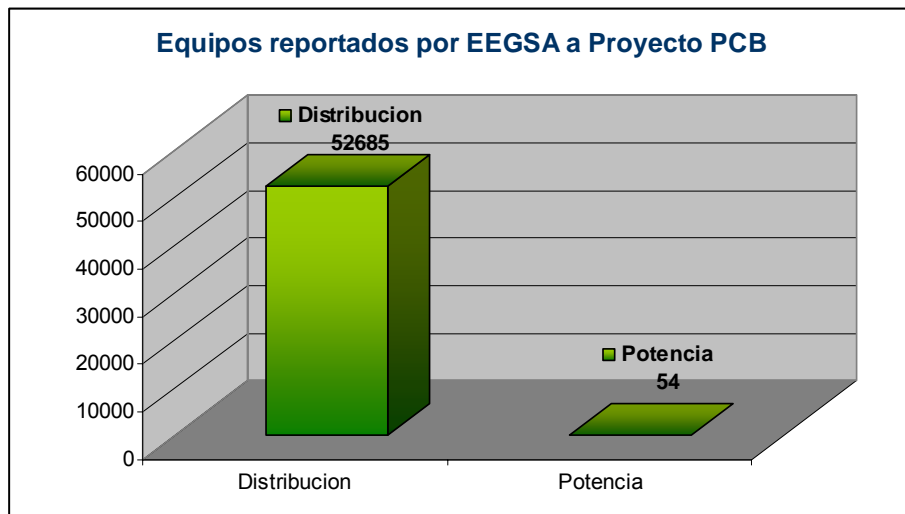
La Empresa Eléctrica de Guatemala se divide en varias empresas que son:

- Comercializadora de Energía de Guatemala, S.A. –COMEGSA-
- CREDIEEGSA, cuyo objetivo es el financiamiento, créditos, servicios administrativos y asesoría técnica
- ENERGICA, dedicada al diseño, montaje, construcción, implantación y mantenimiento de redes y conducciones
- TRELEC, administración de las actividades relacionadas con el transporte de potencia de energía eléctrica asociada

EEGSA ha presentado al proyecto PCB Guatemala, los informes de cromatografía de gases en sus transformadores de potencia, propiedad de TRELEC, en donde se certifica que tienen concentraciones despreciables de PCB, cabe mencionar que en informes anteriores se hallaron dos equipos con PCB, por medio de cromatografía, mismos que en el último informe aparecen con niveles de concentración más bajos y despreciables para el proyecto (<50 ppm), esto se atribuye a un proceso de dilución que en algunas ocasiones se presenta en transformadores fabricados o contaminados con PCB, que consiste en el cambio de aceite y rellenado con aceite mineral, las partes porosas con el correr de los años liberan el PCB acumulado, y en un segundo proceso de cambio después de algunos años, disminuye dicha concentración por un recambio de aceite.

Esta actividad es común encontrarla en el área latinoamericana, si bien no es una actividad recomendable porque un aceite mineral no puede cubrir los niveles de aislamiento que tiene un dieléctrico PCB, se hace con frecuencia en varios países de la región. Esta actividad también incrementa las cantidades de aceite contaminado con PCB y por ende los riesgos de contaminación al ambiente y salud humana.

Figura 101. Total de equipos reportados por EEGSA a Proyecto PCB Guatemala



Fuente: EEGSA

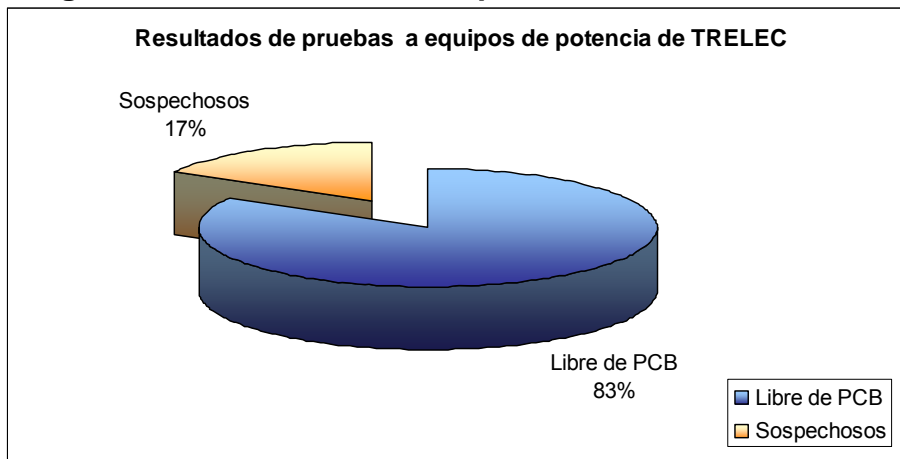
* Los transformadores en el área de distribución ascienden a 52685, los cuales se consideran, hasta el momento, sospechosos porque no tienen registros de mantenimiento ni fechas de adquisición, tipos de dieléctricos, únicamente el número de equipos, y porque la empresa aún no ha aplicado criterios de descarte para esta área.

Tabla XXVIII Inventario preliminar Fase I, TRELEC-EEGSA

Resultados de pruebas en equipos de potencia de TRELEC	
Libre de PCB	45
Sospechosos	9
Total	54

Fuente: Proyecto PCB-GUATE

Figura 102. Datos inventario preliminar TRELEC-EEGSA



Fuente: Proyecto PCB Guatemala.

La EEGSA, asegura que en sus años de trabajo en Guatemala, no ha comprado equipos fabricados con PCB, y si tuviera equipos contaminados con la sustancia, sería gracias a las actividades de mantenimiento, que en Guatemala se hacen sin cuidado de evitar la contaminación cruzada de aceites dieléctricos.

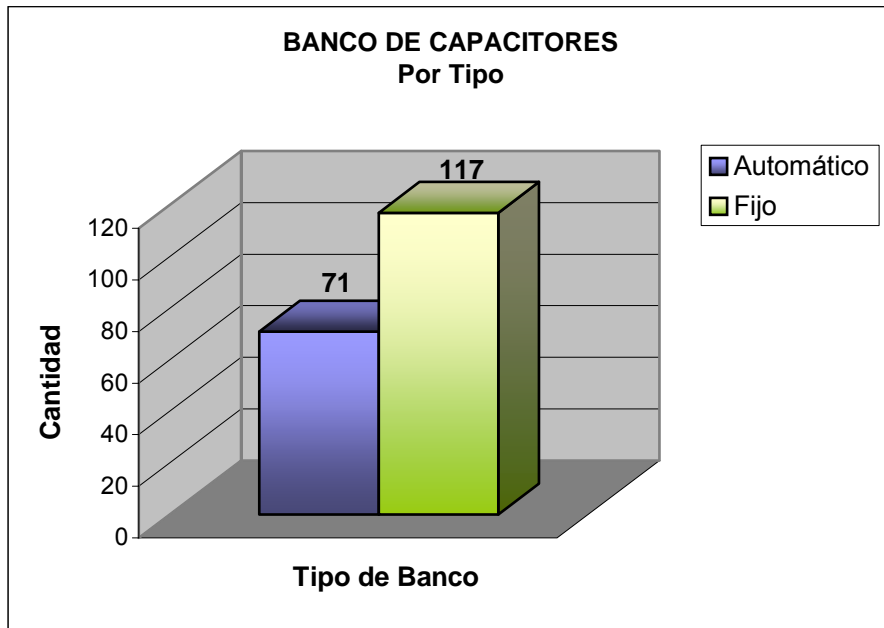
Como parte de las políticas de la Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. –EEGSA- la coordinación para obtener la información sobre la base de datos de los capacitores que posee la misma se debe gestionar a nivel de altos mandos. Como apoyo de EEGSA hacia el progreso del inventario fue proporcionada la información detallada sobre la cantidad y tipo de capacitores que poseen.

Tabla XXIX Bancos de capacitores por tipo en EEGSA

BANCO DE CAPACITORES POR TIPO	
Tipo	No. De Bancos
Automático	71
Fijo	117
Total	188

Fuente: EEGSA

Figura 103. Bancos de capacitores por tipo reportados por EEGSA



Fuente: EEGSA

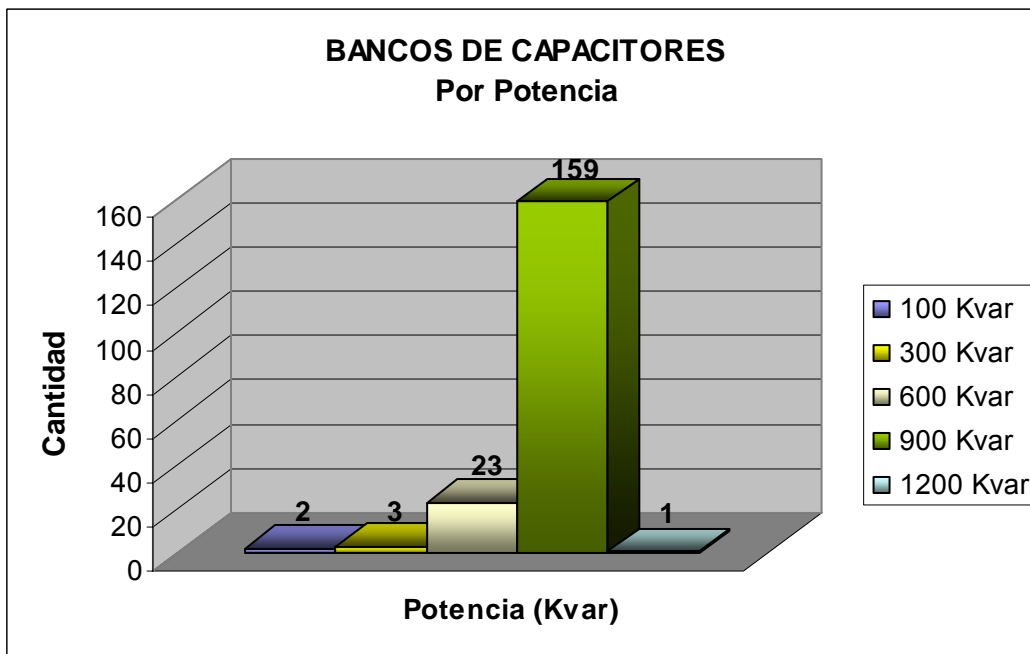
La siguiente tabla detalla la cantidad de bancos de capacitores por potencia que posee EEGSA.

Tabla XXX Bancos de capacitores por potencia reportados por EEGSA

BANCOS DE CAPACITORES POR POTENCIA (Kvar)	
Potencia	No. De Bancos
100 Kvar	2
300 Kvar	3
600 Kvar	23
900 Kvar	159
1200 Kvar	1
Total	188

Fuente: EEGSA

Figura 104 Cantidad de Bancos de Capacitores por Potencia de EEGSA

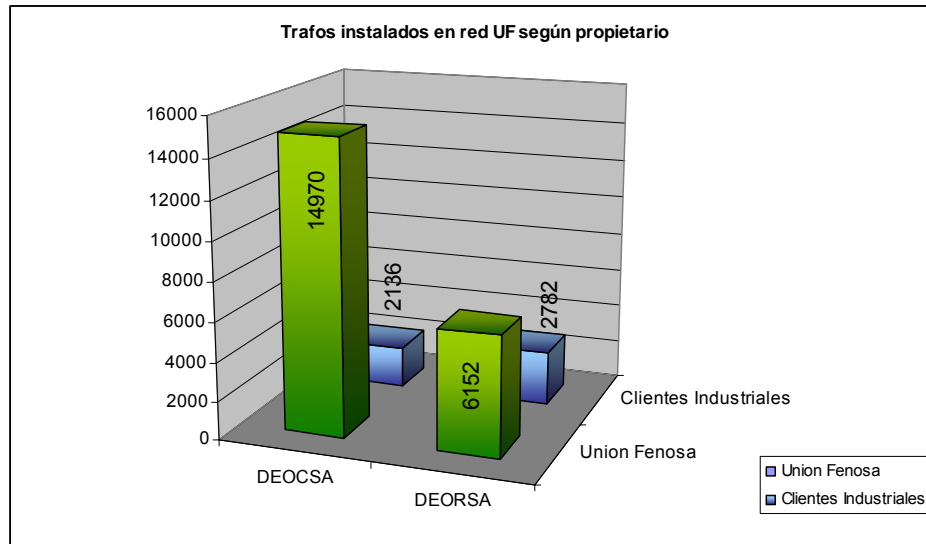


Fuente: EEGSA

7.2.1.2. UNIÓN FENOSA

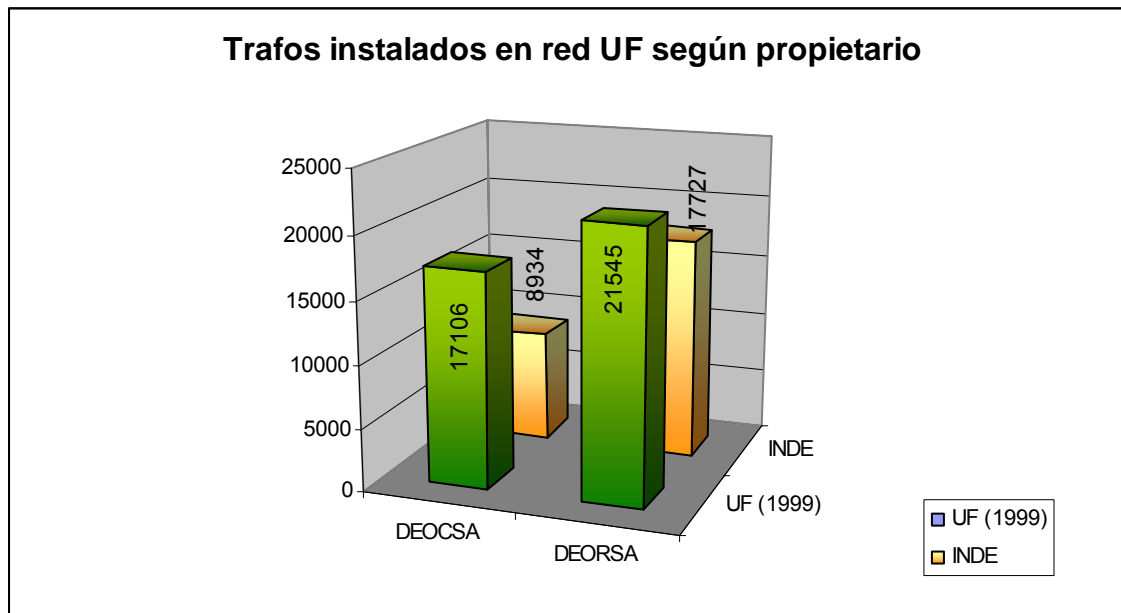
Unión Fenosa compró todo el sector distribución del INDE; equipo, instalaciones, inclusive contrató al mismo personal. En Guatemala, se sabe por medio de investigaciones hechas a nivel interno por Union Fenosa, que el INDE compraba los mejores equipos en su tiempo para garantizar un servicio satisfactorio a la población, en éste caso estamos hablando de transformadores con PCB, debido a esta actividad, Union Fenosa es el mayor poseedor potencial de equipos contaminados y fabricados con PCB. Por sus características administrativas, Union Fenosa a mostrado interés en la identificación de los equipos contaminados con PCB en su red y en sus bodegas de almacenamiento.

Figura 105. Transformadores instalados en red de Unión Fenosa, según propietario



Fuente: Unión Fenosa

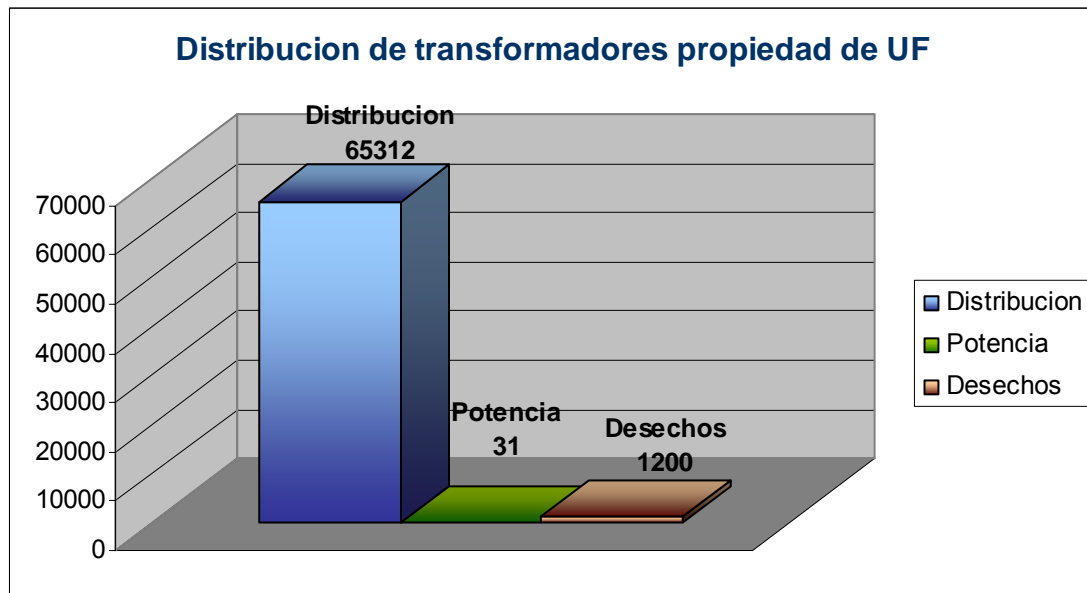
Figura 106. Total de transformadores de distribución instalados en red de Unión Fenosa



Fuente: Unión Fenosa

Una de las primeras acciones que tomó Unión Fenosa, fue el paro de venta de chatarra de transformadores a chatarreros y recicladores de aceite, quienes sin tener conciencia de los riesgos del manejo de desechos contaminados con PCB, fueron los principales actores en la dispersión de contaminación a nivel nacional. Debemos de mencionar también, que ésta empresa ha externado su interés en la fabricación de áreas de almacenamiento para desechos contaminados con PCB, según los resultados que arrojen las pruebas en sus equipos acumulados en almacén luego de haber frenado la venta de chatarra.

Figura 107 Total de equipos propiedad de Unión Fenosa



Fuente: Unión FENOSA

En el área de potencia de la empresa, se ha tenido a disposición los informes de cromatografías hechas en el 2005 a sus 31 equipos de potencia, en donde se certifica que algunos de ellos no contienen PCB y otros tiene concentraciones inferiores a las 50 ppm. Esto hace que Unión Fenosa sea potencial poseedor de equipo con PCB en el área de Distribución únicamente.

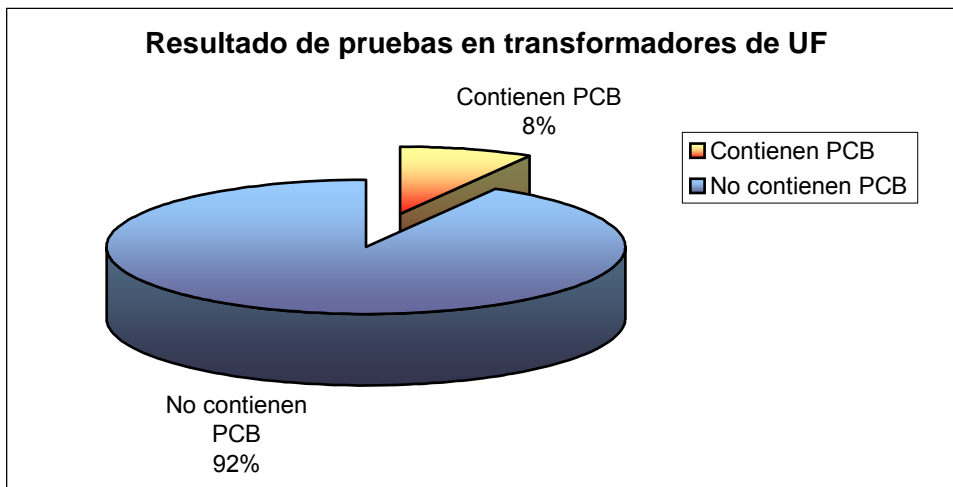
En total la empresa considera como susceptibles de tener PCB 26,000 equipos de distribución, que son los adquiridos en 1999 pues no se cuenta con registros del tipo de dieléctrico en los equipos y mucho menos información acerca de procedimientos de mantenimiento.

En el caso de los equipos instalados por la empresa después de 1999, la empresa garantiza que no contiene PCB pues desde esa fecha se ha adquirido equipo nuevo y fabricado con aceite mineral³⁶.

³⁶ Los datos corresponden a información proporcionada por Union Fenosa y cubren a las empresas DEORSA y DEOCSA.

Union FENOSA tomo la iniciativa de realizar 1007 pruebas en los equipos que considera susceptibles de tener PCB (que son los comprados al INDE), de las pruebas realizadas, se encontró que un 0.70% de los equipos identificados como NO PCB contenían concentraciones superiores a 50 ppm, lo que indica la existencia de contaminación cruzada en los equipos antiguos de Union FENOSA.

Figura 108. Resultado de análisis a equipos incluidos en Fase I



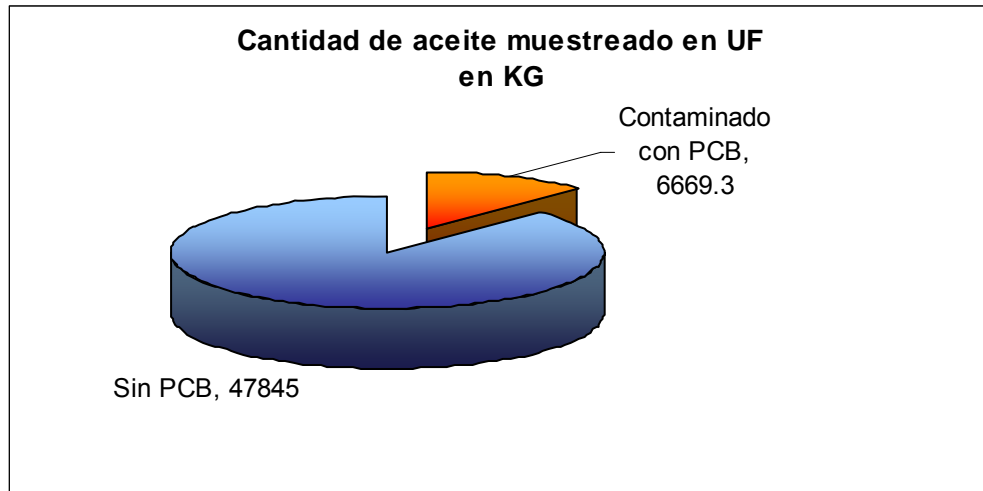
Fuente Proyecto PCB Guatemala

Tabla XXXI Resultado de análisis a muestra de 1007 transformadores

Contienen PCB	84
No contienen PCB	922
Muestra	1007

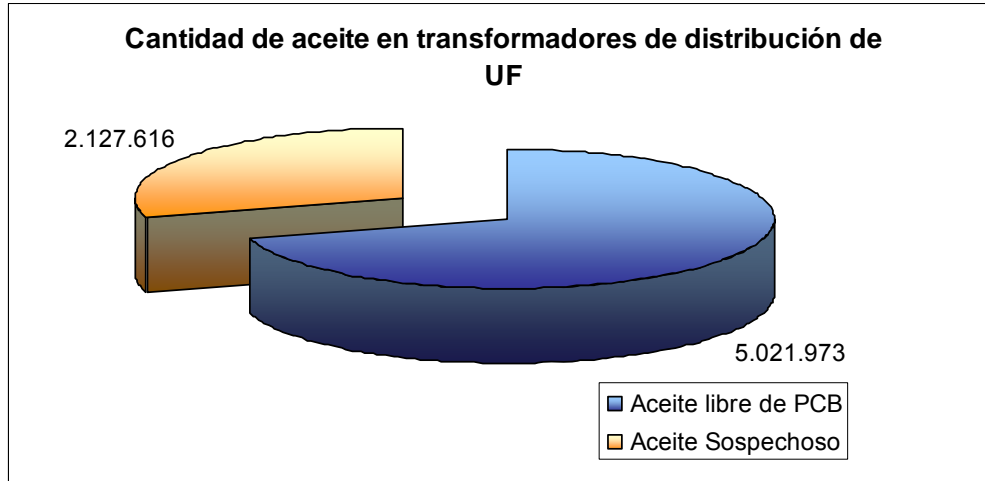
Fuente: Proyecto Nacional PCB Guatemala

Figura 109. Masa de aceite muestreado por Unión FENOSA



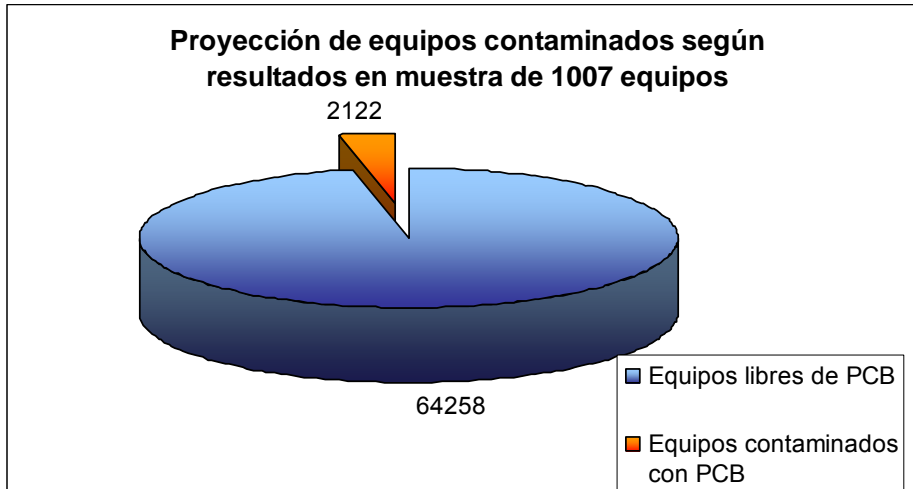
Fuente: Unión FENOSA

Figura 110. Volumen de aceite muestreado en Unión FENOSA



Fuente: Proyecto PCB Guatemala

Figura 111. Proyección de contaminación en Unión FENOSA según pruebas en muestra.



Fuente: Proyecto PCB Guatemala

Si la relación se mantiene en los equipos que se consideran susceptibles de estar contaminados, se podría tener alrededor de 2000 transformadores de distribución con contaminación.

Para concluir con el sector eléctrico Privado y Público, mencionaremos el hecho de que, se ha tenido contacto con la mayor parte del sector de distribución eléctrica del país, incluyendo distribuidores privados y públicos como las empresas municipales, y se ha recomendado, como inspectores del Proyecto Nacional PCB, que todo equipo bajado de la red a partir de la fecha de inspección, sea almacenado como susceptible de estar contaminado con PCB y se hagan esfuerzos conjuntos con el Ministerio de Ambiente para la identificación del contaminante en los transformadores.

UF posee 130 bancos de capacitores en uso, los que se encuentran instalados en diversas subestaciones o sectores propios de las empresas DEOCSA y DEORSA. De los 130 bancos de capacitores, en 101 se tiene seguridad que no poseen PCBs (datos especificado en la placa), en el resto se sospecha el contenido de bifenilos policlorados, ya que no tienen especificado el año de fabricación ni el tipo de aceite que contienen.

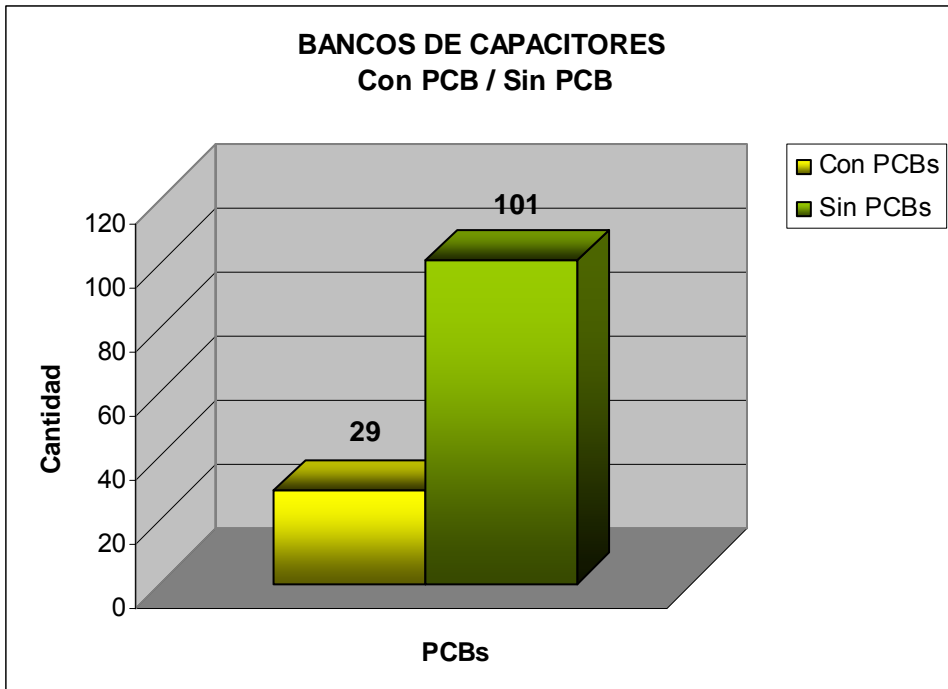
Estos 29 bancos de capacitores se consideran con contenido de PCBs ya que no se cuenta con información suficiente para determinar lo contrario, y por el hecho de estar sellados de fabricación es imposible determinar lo contrario por una prueba analítica al dieléctrico, es preferible considerarlos con PCBs e identificarlos adecuadamente para evitar contaminaciones y complicaciones futuras al medio ambiente y a la salud de las personas que tengan contacto con dichos equipos por desconocimiento del contenido.

Tabla XXXII Bancos de capacitores según contenido de PCB

BANCOS DE CAPACITORES	
CON PCB / SIN PCB	
PCB	No. Capacitores
Si	29
No	101
Total	130

Fuente: Union FENOSA

Figura 112. Bancos de capacitores según contenido de PCB



Fuente: Union FENOSA

De los 130 bancos de capacitores que UF posee y se encuentran en uso, se presenta la siguiente información listada en una tabla, que corresponde al desglose de la cantidad de bancos de capacitores por potencia instalados en la red de dicha empresa.

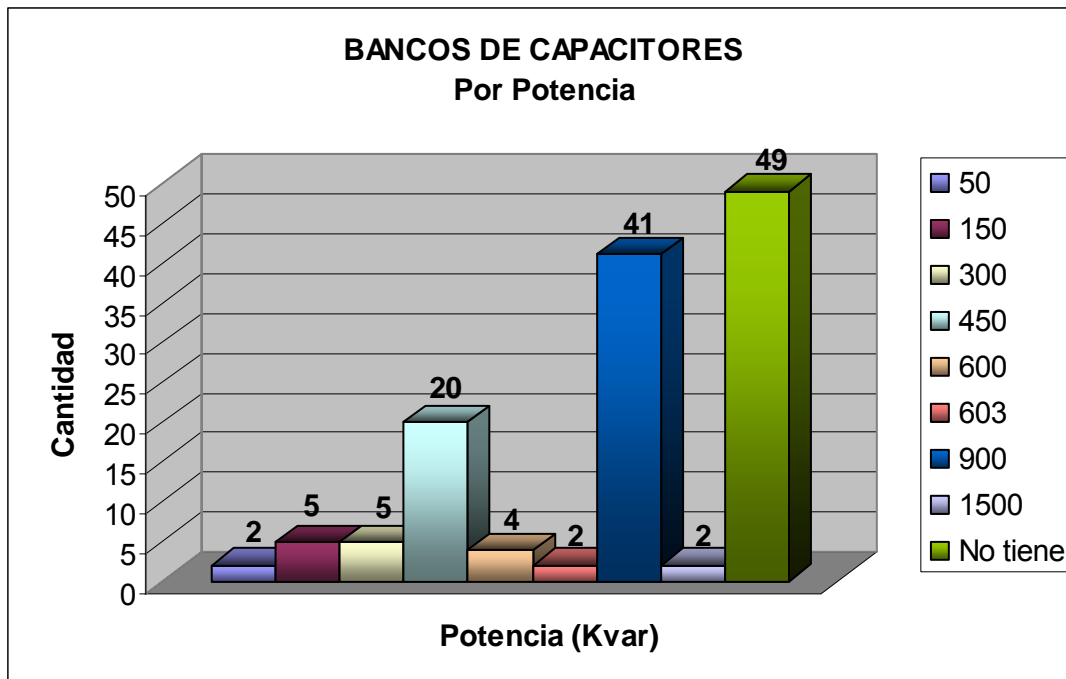
Tabla XXXIII Bancos de capacitores reportados por Unión FENOSA, según potencia.

BANCOS DE CAPACITORES POR POTENCIA (Kvar)	
Año de Instalación	No. Capacitores
50	2
150	5
300	5
450	20
600	4
603	2
900	41
1500	2
No tiene	49
Total	130

Fuente: Unión FENOSA

La gráfica siguiente ilustra la información detallada en la tabla No. 20, donde se puede observar el mayor número de bancos de capacitores instalados son 20 y 41y corresponden a las potencias de 450 y 900 Kvar respectivamente. Además, 49 bancos de capacitores no poseen información de la potencia de los mismos expresándose en la tabla y en la grafica por la división “No tiene”.

Figura 113. Bancos de capacitores según potencia.



Fuente: Unión FENOSA

En La siguiente tabla se presenta la información detallada de la cantidad de bancos de capacitores instalados que posee UF por año de Instalación.

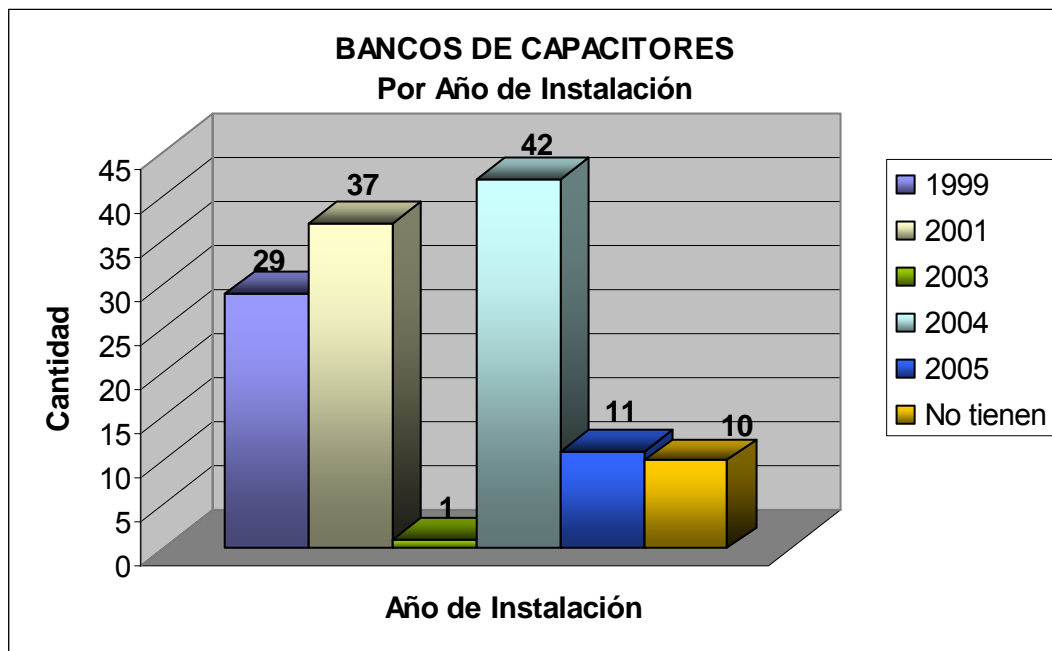
Tabla XXXIV Transformadores reportados por UF, según año de instalación

BANCOS DE CAPACITORES POR AÑO DE INSTALACION	
Año de Instalación	No. Capacitores
1999	29
2001	37
2003	1
2004	42
2005	11
No tienen	10
Total	130

Fuente: Union FENOSA

Al efectuar la compra de la red de distribución, adquirió capacitores de los que 130 bancos de capacitores instalados que son propios de UF solo se toma como referencia el periodo de labores de UF en el país, es decir los bancos instalados del año de 1999 hasta ahora, pero de los cuales solo 10 se desconoce el año de instalación. En la gráfica siguiente se ilustra la información detallada anteriormente.

Figura 114 Bancos de capacitores en UF según años de instalación.



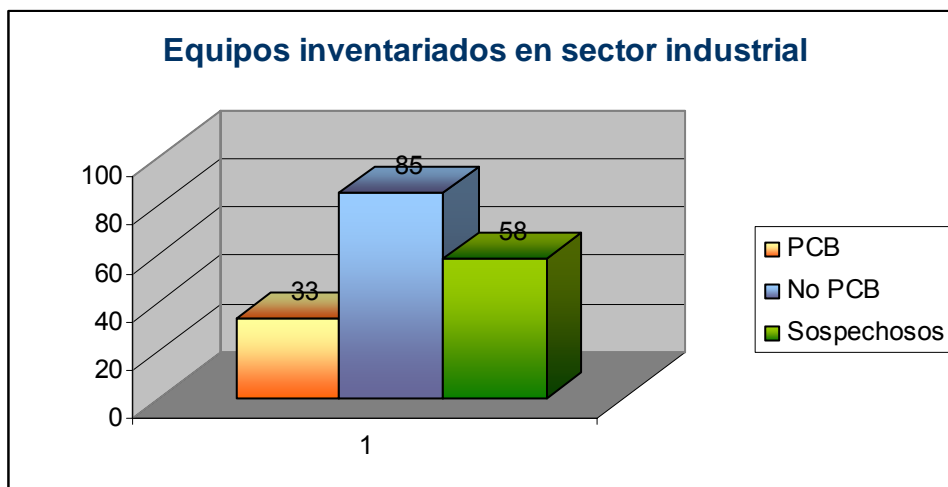
Fuente: Union FENOSA

7.2.2. Sector Industrial

Este sector está compuesto por todas aquellas empresas privadas que tienen en sus instalaciones, transformadores de potencia, y fueron contactadas por los inspectores del proyecto para poder ingresar a sus inmuebles.

En éste sector se observa una mayor preocupación por el mantenimiento de los equipos, de hecho éste sector es el mercado de las empresas que prestan mantenimiento a transformadores en Guatemala. En estas empresas se encontraron equipos con PCB y susceptibles de contener PCB, en su gran mayoría, los hallazgos se encuentran en buenas condiciones, ya que los equipos encontrados, si bien son antiguos, se les brinda mantenimiento y se les contiene fugas o derrames. En este sector, se inspeccionaron aproximadamente 70 instituciones de un total de 119 instituciones cubiertas.

Figura 115 Transformadores inventariados en Fase I, sector industrial



Fuente: Proyecto PCB Guatemala

En este sector, es de especial interés la experiencia que ha adquirido la empresa BANDEGUA, ya que se ha certificado ISO 14000, ésta certificación exige el manejo adecuado y posterior destrucción de bifenilos policlorados y equipos que lo contengan, dicha empresa realiza inspecciones mensuales a sus equipos para garantizar el funcionamiento óptimo y evitar la contaminación del entorno de los equipos, además cuentan con un tanque para almacenar los desechos líquidos de PCB, hasta disponer de volúmenes suficientes para justificar el gasto de exportación y eliminación de la sustancia.

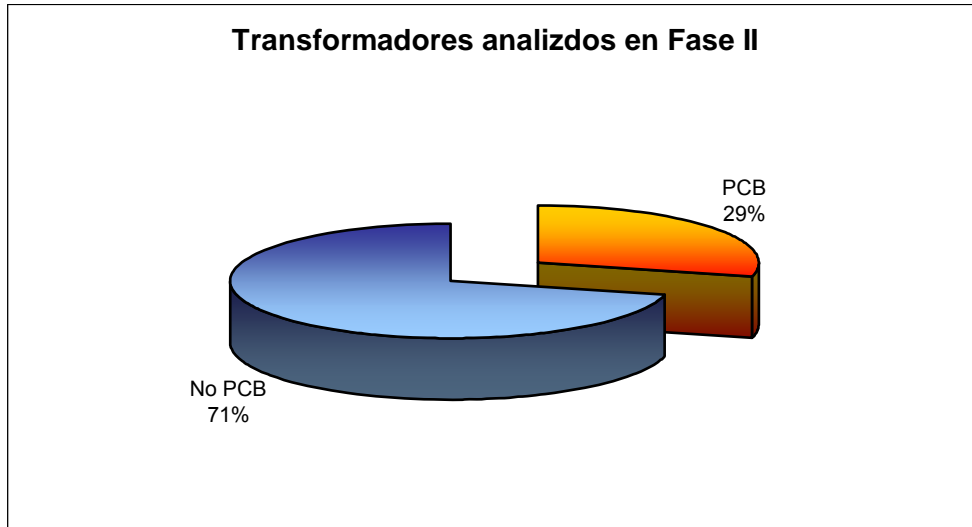
Otro sector de importancia, son los ingenios azucareros en su área de producción. Estas empresas llevan a cabo mantenimientos regulares en sus equipos, la sustitución de equipos en éste tipo de empresas es común y corriente, al parecer los las exigencias de la producción. El ingenio de mayor interés es el ingenio Pantaleón, que es el más grande y antiguo de Guatemala, además, cuenta con varias áreas de almacenaje de desechos y regularmente realizan tareas de intercambio de partes de los transformadores de desecho para reparar otros. Posee muchos equipos antiguos aún en funcionamiento y la mayoría de sus desechos, son antiguos. Las actividades de mantenimiento lo hacen susceptible a sufrir contaminación cruzada en sus equipos. Lamentablemente no se pudo tener acceso a todas sus áreas de mantenimiento.

Tabla XXXV Total de transformadores inventariados en Fase II

PCB	61
No PCB	211
Sospechosos	665
Total	937

Fuente Proyecto PCB Guatemala

Figura 116 Contaminación en sector privado industrial, según pruebas a equipos sospechosos



Fuente Proyecto PCB Guatemala

7.2.3. Sector de mantenimiento y otros sectores

En este sector, agrupamos a todas las instituciones que realizan mantenimiento a equipos sumergidos en aceite, incluyendo tanto a privadas como a públicas, en nuestro país es común que los requerimientos mínimos de seguridad para trabajar con equipo eléctricos muchas veces se pasen por alto. En cuanto al mantenimiento de transformadores sumergidos en aceite, se agrava la situación pues, la gran mayoría de personal expuesto a ésta sustancia no sabía de sus características contaminantes y en ocasiones por negligencia no utilizaba su equipo de protección y en otras ocasiones simplemente no se cuenta con éste equipo.

En el caso del INDE, se ha investigado, que el personal desde siempre ha trabajado en contacto directo con el dieléctrico de los transformadores, hasta la fecha no se han hecho estudios para determinar si han existido o existen personas con problemas de salud gracias a la exposición prolongada a PCBs.

En el caso de Union Fenosa y EEGSA, se sabe que para los procedimientos de mantenimiento no se les exige a los empleados la utilización de equipo de protección para no exponerse a absorción cutánea de bifenilos policlorados, además de las actividades comunes de intercambio de dieléctricos entre equipos fuera de uso y equipos para reparar. Esto agrava los riesgos de contaminación cruzada en el sector eléctrico de Guatemala.

Otro sector lo componen las empresas de mantenimiento que al igual que las mencionadas anteriormente, trabajan con niveles bajos de protección personal (únicamente casco y botas). Como se indico en la sección de manejo, las actividades de mantenimiento de transformadores sumergidos en aceite, se vuelven de importancia crítica a la hora de evaluar los riesgos de contaminación cruzada con PCB. Las empresas en mención aseguran que no prestan mantenimiento a equipos identificados con PCB; mas sin embargo, no realizan pruebas para constatar la presencia de PCBs en los equipos a trabajar. Esta característica, hace a este sector uno de los principales actores en la propagación de contaminación cruzada. Es indispensable la capacitación y concientización de este sector para evitar la dispersión de contaminación y el riesgo de la salud humana de sus empleados.

Los chatarreros y recolectores de aceite, sin duda alguna, han sido los principales dispersores y transportistas de contaminación con Bifenilos Policlorados en el país, como mencionamos, la falta de regulación, la inconsciencia y la falta de conocimiento en el manejo ambiental de contaminantes, no incentiva la preocupación por el cuidado del medio ambiente y por ende el de la salud humana. Por parte del Ministerio de Ambiente, no existe autorización alguna para el reciclaje de aceites dieléctricos, aunque existen personas en el país que viven de esta actividad y llevan a cabo el reciclaje sin ningún cuidado por evitar contaminación.

Una de las primeras acciones que tomó el Comité Nacional de Coordinación, fue el acuerdo entre empresas distribuidoras a negarse a dar sus desechos para reciclaje y venta como chatarra, hasta no comprobar que están libres de PCBs.

Agregado al problema de dispersión de contaminación identificado en los sectores antes mencionados, se encuentra la común distribución entre la población del aceite de transformador como medicina para la cura de dolores reumáticos. Esta actividad se ve intensificada en las empresas eléctricas pues, por la poca seguridad que existe para los equipos de desecho y sitios de almacenamiento de los mismos, en ocasiones, estos los equipos están al alcance de los particulares, en la mayoría de instituciones visitadas se identificó que tal actividad es común para el personal.

Esta actividad ahonda los riesgos de contaminación a la población en general, pues de ésta manera se ha dispersado la contaminación y se ha salido del sector usuario de transformadores eléctricos. Con esta actividad, se hace aún más necesaria la investigación de los niveles de contaminación de PCB en la población en general.

7.3. Empresas con planes de desecho

Algunas empresas han identificado la posesión de PCB en sus instalaciones y han iniciado con el protocolo para la eliminación adecuada de tales equipos.

GINSA es uno de los primeros casos en Guatemala, que exporto a Europa sus desechos con PCB, ésta empresa gasto aproximadamente \$.21,000.00 en la destrucción de sus PCBs.

BANDEGUA, es una empresa certificada ISO 14,000, certificación que le exige el manejo adecuado de sus desechos contaminantes. En el caso de PCBs, tienen estrictos procedimientos de control, hasta la fecha almacenan sus desechos para posteriormente enviarlos a Europa para su incineración.

TELGUA ha iniciado gestiones para la destrucción de sus equipos con PCB, actualmente se encuentra en fase de evaluación para ver si exporta sus desechos o espera a que en Guatemala se de una opción viable.

UNION FENOSA esta en proceso de identificación de cantidades de PCB que pudieran tener, hasta el momento están haciendo pruebas en sus equipos de desecho, también están evaluando la posibilidad de construir área de almacenamiento transitorio para la posterior destrucción de sus desechos.

Estas instituciones, cuentan con recursos económicas para invertir en el Medio Ambiente, además de estar provistos de conciencia social y ambiental, es evidente que se debe de crear dicha conciencia en el resto de la población para la minimización del riesgo de contaminaciones con PCB.

8. ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL PROYECTO PCB GUATEMALA

8.1. Realización del inventario

Las actividades que van encaminadas hacia la realización del inventario nacional, se describen a detalle a continuación.

8.1.1. Identificación de poseedores

La identificación de potenciales poseedores se ha hecho en base a la actividades desarrolladas por diferentes empresas. Se parte del hecho de que toda empresa que tenga incluida entre sus actividades, procesos industriales, deberá contar con equipos de potencia como transformadores y capacitores, para satisfacer la demanda eléctrica que los equipos industriales requieren.

Lamentablemente, hasta la fecha no se ha contado con información detallada por parte de las empresas distribuidoras privadas (Unión Fenosa y EEGSA), de los clientes que poseen transformadores de potencia en sus instalaciones. Esta carencia de información ha dificultado la tarea de identificación de potenciales poseedores de PCB. Así pues el recurso del proyecto ha tenido que contactar a toda empresa que esté incluida en la guía telefónica dedicada a producción y ha hecho entrevistas telefónicas con los encargados del área de mantenimiento o de equipos eléctricos para la identificación de poseedores de transformadores eléctricos.

Cada una de las empresas contactadas ha sido ingresada en una base de datos para tener un registro dentro del Proyecto PCB de los contactos realizados.

8.1.2. Concretar inspecciones

El segundo paso luego de la identificación de poseedores, es el concertar una cita, ésta actividad requiere de constante comunicación con cada una de las empresas identificadas, en todos los casos, los inspectores del proyecto han tratado de concienciar a las personas “contacto” en cada empresa para poder tener acceso a cada una de ellas.

Se han agotado las vías de comunicación para la autorización de ingreso a las empresas, tales como:

- comunicación vía telefónica
- Envío de información y cuestionario de datos preliminares vía mail
- Envío de información y cuestionario de datos preliminares vía mensajero
- Carta de solicitud a nivel gerencia³⁷

Muchas veces el proceso de la autorización de ingreso a las instituciones ha tardado semanas por todo el protocolo que algunas empresas imponen para permitir el acceso a sus instalaciones.

³⁷ El lector podrá consultar la documentación para inventario en la sección de Anexos

8.1.3. Realización de inspección

El tercer paso en el inventario, es la inspección a las instituciones que hayan permitido el ingreso a sus instalaciones.

Luego del tedios proceso de autorización, sigue la inspección, dicha actividad consiste en una inspección visual por parte de personal del proyecto PCB (estudiantes de USAC y coordinadora Nacional).

El proceso de inspección incluye

- Concientización de los encargados de los equipos
- Distribución de material informativo
- Llenado de boletas de inspección
- Llenado de constancia de inspección

Figura 117. Inspección a planta EMPAGUA



8.1.4. Alimentación de base de datos

Al proceso de inspección, le sigue la alimentación de una base de datos estandarizada internacionalmente para almacenar la información de inventario de Bifenilos Policlorados en cada país.

Esta actividad no deja de ser tediosa por la deficiente programación que tiene la plataforma para la base de datos, si bien cubre todos los aspectos importantes para identificar las condiciones de cada país en cuanto a PCBs se refiere, no es una herramienta bien diseñada para almacenar tal cantidad de datos, que son aproximadamente 100,000 equipos instalados a nivel nacional, esto multiplicado por aproximadamente 20 campos que deben ser llenados por cada equipo, incluyendo la información de cada empresa repetidamente por equipo.

Hasta aquí entonces la metodología de inventario de equipos eléctricos en Guatemala.

8.2. Participación en talleres de capacitación

Hemos tenido participación en los dos talleres a nivel nacional para el manejo ambientalmente racional de Bifenilos Policlorados en Guatemala.

- El primer taller fue realizado en el mes de julio, en el Hotel Radisson, ciudad de Guatemala, se tuvo la participación del señor Urs Wagner, proveniente de Suiza, esta actividad fue realizada gracias a la colaboración del Centro Guatemalteco de Producción mas limpia.

Figura 118.
Ejercicio en taller



- El segundo taller fue realizado en el mes de febrero, en el Hotel Crowne Plaza, ciudad de Guatemala, se tuvo la participación del coordinador regional Ing. Enrique Matamoros, un representante de la secretaria del Convenio de Basilea y el PNUMA; Dr. Andreas Arlt, así como la participación de las siguientes instituciones:
 - Universidad de San Carlos de Guatemala
 - Comisión Nacional de Energía
 - Ministerio de Energía y Minas
 - Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
 - Cámara de la Industria de Guatemala
 - INDE
 - EEGSA
 - Union Fenosa
 - Cementos Progreso

Figura 119. Organización de talleres nacionales



8.3. Creación de capacidad nacional

- En el mes de septiembre de 2005, se tuvo participación en el V Congreso IEEE dando una conferencia acerca de Manejo adecuado de Bifenilos Policlorados y equipos que los contengan. Tal actividad fue realizada en el Hotel Radisson Regency, Ciudad de Guatemala

Figura 120. Participación en congreso IEEE



- En el mes de octubre, se dio una conferencia con el mismo tema para estudiantes de los cursos de Conversión de Energía Electromecánica 2 y Máquinas Eléctricas de la facultad de Ingeniería, gracias al apoyo del Ingeniero Carlos Quijivix. Tal actividad fue desarrollada en el salón de Proyecciones del edificio T3 Ciudad Universitaria zona 12.

Figura 121. Conferencia en USAC



- Se proporcionó lineamientos básicos de manejo adecuado de PCBs a las Empresas Eléctricas Municipales en cada una de las inspecciones.

8.4. Reuniones con sector eléctrico de mantenimiento

Se programaron 3 reuniones con empresas dedicadas al mantenimiento de transformadores sumergidos en aceite, en dichas reuniones se hizo ver a los participantes la urgente necesidad de implementar lineamientos de mantenimiento adecuado para equipos con PCB, así como la separación de actividades y utilización de equipo para equipos con PCB y otros dieléctricos.

Además se acordó que las empresas participantes, por voluntad propia, harían pruebas para determinar la existencia de PCBs en los equipos a los que se les fuera a dar mantenimiento.

Las empresas asistentes a dichas reuniones fueron:

- DISMME
- Multiservicios Medina
- SERADCO
- EPS de Guatemala
- MEISA, S.A.

8.5. Participación en el Comité Nacional de Coordinación

- Se tuvo la oportunidad de organizar cada una de las reuniones del Comité Nacional de Coordinación, preparando la documentación y coordinando la participación de las diferentes instituciones integrantes.
- Se pudo aportar la experiencia de campo adquirida en el desarrollo del proyecto para plantear las directrices que permitirá desarrollar a detalle un Plan Nacional de Acción para el manejo ambientalmente racional de Bifenilos Policlorados en Guatemala.

8.6. Creación de documentación

- Se creó la Guía Técnica para el manejo de equipos con Bifenilos Policlorados, documento que fue sometido a evaluación de varios sectores, entre ellos la Universidad de San Carlos de Guatemala, Coordinación Regional en El Salvador y otros.

- Se creó un juego de trifoliales de información sintetizada para el manejo de PCBs en Guatemala, documentación que ha sido proporcionada a cada una de las empresas inspeccionadas e instituciones participantes en el Proyecto PCB Guatemala. Dichos documentos fueron parte de la memoria y sometidos a consideración como base para la creación de documentación similar en la región centroamericana, en el 2do. Taller Regional en El Salvador.
- Se creó el Informe General del estado de las Empresas Eléctricas Municipales a inspeccionadas por el proyecto, documento que fue entregado a la Universidad de San Carlos de Guatemala, para implementar el tema de manejo de PCBs en EPS de graduación en las Empresas Eléctricas Municipales, además se entregará el documento a varios sectores como: Ministerio de Energía y Minas, comisión Nacional de Energía, Cámara de la Industria de Guatemala.

9. ACCIONES PARA EL MANEJO AMBIENTALMENTE RACIONAL DE BIFENILOS POLICLORADOS EN GUATEMALA

El cuidado del medio ambiente, es una actividad que día con día pasamos por alto, en el caso del manejo adecuado de bifenilos policlorados, es urgente la concientización de los sectores involucrados para que cada uno de ellos se comprometa a hacer lo que esté a su alcance además de lo que se le atribuye, para evitar la degradación de nuestra calidad de vida. Debemos de recordar que en el caso de ésta sustancia, al final de cuentas los más afectados somos los que estamos al final de la cadena alimenticia.

9.1. Acciones que deben implementar los propietarios de transformadores con PCB

- En general, todo propietario deberá hacerse cargo del manejo racionalmente ambiental de sus transformadores con PCB y los desechos que se hayan generado de la operación y mantenimiento de éstos equipos. En cumplimiento a los Convenios de Basilea y Estocolmo, bajo la supervisión del Ministerio de Medio Ambiente³⁸.

³⁸ Para el manejo adecuado de los equipos, se puede referir al manual de manejo de Bifenilos Policlorados publicado por Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

- El inventario, representa la pieza clave para la adquisición de financiamiento internacional destinado al desecho de bifenilos policlorados en Guatemala, por ésta razón, cada empresa debe proporcionar la información pertinente para determinar la existencia de PCBs, en Guatemala. Para ésta etapa, se pondrá prioridad e instituciones públicas carentes de recursos como los hospitales y Empresas Eléctricas Municipales.
- Cada uno de los propietarios de PCBs en cualquiera de sus formas, deberá hacer la conciencia de que, si bien, en Guatemala no existe aún la regulación, la contaminación es inminente si no se dispone de procedimientos adecuados, dicha contaminación puede propagarse a casi cualquier parte por medio del agua y llegar a gran parte de la población en general.

9.1.1. Sector eléctrico

- En el caso de las empresas eléctricas de distribución y generación que laboran en el país, deberán identificar a la mayor brevedad posible, la existencia de equipos contaminados con PCB que tengan en posesión. Esta actividad es a largo plazo, pues no es rentable disponer de personal para desconectar cada equipo instalado en la red, bajarlo de poste (si este fuera el caso) y hacerle una prueba de PCB, entonces se recomienda que cada equipo bajado de la red se le haga prueba de PCB, en base a esto, hacer proyecciones que permitan estimar cuanto PCB se podría tener en cada institución. Los inventarios de existencia de PCB, deberán ser entregados al Proyecto PCB Guatemala, o al Ministerio de Ambiente en su defecto.

- A corto plazo, las empresas deberán de prohibir estrictamente la comercialización o distribución de transformadores de desecho y aceites dieléctricos a chatarreros y recicladores de aceite; hasta comprobar la ausencia de bifenilos policlorados en los equipos o aceites. Ésta medida, con la finalidad de evitar la dispersión de contaminación en el ambiente y minimizar los riesgos de perjudicar la salud humana de la población en general.
- Cada empresa deberá de implementar procedimientos de mantenimiento adecuado en pro el evitar la contaminación del personal con PCBs, en caso de que existieran, el personal debe de utilizar equipo de protección mínimos (guantes, overol, lentes, casco), y por ningún motivo deberá estar en contacto directo con el dieléctrico de los transformadores.
- Si las cantidades de equipos contaminados lo ameritan, cada empresa deberá construir o implementar centros de almacenaje temporal para éstos desechos, con las características mínimas que éstas instalaciones requiere. Estos centros de almacenaje, deberán ser sometidos a inspecciones rutinarias y documentadas.
- Cada una de las empresas propietarias de equipos con PCB y desechos de éstas sustancias, deberá realizar las gestiones para eliminar sus contaminantes de manera adecuada.

9.1.2. Sector privado

- En primera instancia, el propietario del equipo deberá de garantizar que no exista contaminación producida por el equipo bajo su responsabilidad, haciendo inspecciones rutinarias y frecuentes a los equipos para corroborar la inexistencia de fugas o derrames, si tuviera desechos, deberá darles manejo y almacenaje adecuados, tal y como se indica en el Manual de Manejo de Bifenilos Policlorados para Guatemala. En este momento, el MARN, no exige la destrucción inmediata de equipos contaminados con PCB, pues ésta medida no es económicamente viable para muchas instituciones y según la experiencia en otros países, es preferible mantener los equipos con PCB funcionando en buenas condiciones a sacarlos de línea y arriesgarlos a un mal almacenaje.
- Es importante la concientización del personal en el manejo adecuado de los equipos con bifenilos policlorados para que cada uno de ellos disponga de buena voluntad de cuidar su salud y el entorno en el que laboran.

9.1.3. Sector público

- En este sector, es de especial importancia, aparte de las EEMs, el sector hospitalario, en el cual se ha identificado un equipo de volumen considerable con PCB, además de haber encontrado varios inmuebles con equipos de transformación lo suficientemente antiguos como para considerarlos potenciales contaminantes del ambiente por medio de PCB.

- Las medidas inmediatas que deberá tomar cada una de las instituciones públicas, serán las de revisión constante de sus equipos, garantizando la inexistencia de fugas. En caso de que alguna institución urgiera de cambiar su equipo de potencia por incremento en su demanda, se deberá contactar al MARN para recibir lineamientos de manejos específico de PCBs, además de disponer de recursos económicos suficientes para la destrucción o almacenaje transitorio de los equipos.
- Debido a que hemos encontrado en éste sector gran deficiencia en el área de mantenimiento adecuado de los equipos, el sector público, deberá poner a disposición de cada una de sus dependencias, personal capacitado para garantizar el buen funcionamiento de sus equipos y el cuidado del entorno de trabajo, para favorecer a la minimización de riesgos de contaminación de su personal e instalaciones.

9.2. Acciones que deben implementar las empresas dedicadas a mantenimiento de equipo de potencia

Como mencionamos antes, en estas empresas no se han identificado procesos adecuados para el manejo de Bifenilos Policlorados sin poner el riesgo la salud de los empleados, tampoco existe alguna garantía para evitar la contaminación cruzada en los procedimientos de mantenimiento para los que regularmente son contratados, dada esta situación, se recomienda:

- Se recomienda que las empresas no presten servicio a ningún transformador eléctrico, hasta no comprobar la ausencia de bifenilos policlorados, de ésta manera, se evita la contaminación de equipo utilizado en las actividades de mantenimiento.

- Además se recomienda que éstas empresas informen al MARN de cada equipo identificado con PCB para poder incluirlo en el inventario si no lo estuviese al momentos del servicio.
- El personal que labora en estas instituciones, deberá utilizar equipo de protección personal para evitar la exposición y absorción de PCBs, en las actividades de servicio a transformadores.
- Se recomienda también que los empleados de las empresas en mención, sean capacitados en el manejo adecuado de Bifenilos Policlorados, además de conocimiento de primeros auxilios en caso de contaminación con dicha sustancia.
- En estas instituciones, deberán de hacerse planes de contingencia como los recomendados para áreas de almacenamiento transitorio de Bifenilos Policlorados, para minimizar las riesgos de contaminación de personal y viviendas cercanas a las instalaciones de las empresas.

9.3. Acciones que deben tomar las instituciones gubernamentales

Como en los sectores anteriores, lo primero en éstas instituciones, debe se la concientización de la importancia del manejo adecuado de Bifenilos Policlorados, y los riesgos que conlleva el mal manejo de dichas sustancias.

La otra actividad importante, en el caso del sector institucional gubernamental, es la regulación para Bifenilos Policlorados en Guatemala, la ausencia de dicha regulación, no permite a entidades como el Ministerio de Ambiente desarrollar la capacidad nacional para el manejo de dichas sustancias, pues simplemente no es de carácter obligatorio para las empresas propietarias de transformadores participar con el proyecto de inventario y las actividades que éste organiza, además de que no existen lineamientos específicos ni están definidas sanciones y acciones en contra de personal o empresas que contaminen el ambiente intencionalmente con PCBs.

En la actualidad, la prioridad del manejo adecuado de Bifenilos Policlorados en Guatemala, está regido estrictamente por la productividad que ésta actividad represente para la empresa poseedora. De aquí la importancia de la Concientización antes que nada y el de la regulación guatemalteca en la materia. Hemos especificado actividades generalizadas para algunas instituciones de gobierno que consideramos de urgencia dadas las características encontradas en Guatemala en cuanto al manejo de transformadores eléctricos sumergidos en aceite.

9.3.1. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

- Cuyas funciones están encaminadas al seguimiento de todas aquellas situaciones que puedan provocar impactos contaminantes hacia el ambiente, cuyo seguimiento va desde la autorización previa al desarrollo de cualquier actividad, como el acompañamiento en la vida útil y clausura de la misma, así como la vigilancia de aquellas actividades que generen molestias a la población y traducidas en impactos ambientales, por medio de la acción popular de denuncia.

- Creación del Marco Jurídico para el manejo ambientalmente racional de Bifenilos Policlorados en Guatemala, en cooperación con el Ministerio de Salud.
- Debe de crear la capacidad nacional para el manejo ambientalmente racional de Bifenilos Policlorados en Guatemala.
- Ha de velar por que las empresas identificadas como poseedoras de PCB y susceptibles de tenerlo, dediquen actividades de manejo adecuado de la sustancia para evitar poner en riesgo la salud ambiental y ciudadana.
- Presentar informe detallado de las condiciones de bifenilos Policlorados en Guatemala ante la coordinación Regional del Proyecto en El Salvador, para que se tome en cuenta los resultados en el PNUMA y poder tener acceso a ayuda económica destinada a la destrucción adecuada de los contaminantes en mención.

9.3.2. Ministerio de Energía y Minas

- Deberá dar vigilancia y seguimiento a los Bifenilos Policlorados como lo ameritan por sus características contaminantes y el historial de mal manejo en el país, directamente ligado a la actividad de generación y distribución de energía eléctrica, además de; como en el caso de fuentes radioactivas; poner atención a los PCBs como potenciales contaminantes del ambiente y salud humana, y sustancias que deben ser manejadas adecuadamente hasta el momento de su destrucción.

9.3.3. Comisión Nacional de Energía Eléctrica

- Reglamentar el manejo y operación de equipos con Bifenilos Policlorados en el sector eléctrico guatemalteco en coordinación con el Ministerio de Ambiente.
- Reglamentar los procedimientos de mantenimiento y niveles de seguridad en los que deberán laborar los empleados del sector eléctrico nacional.
- Incentivar el flujo de información por parte de empresas de distribución eléctrica para el proyecto PCB Guatemala.

9.3.4. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social

- En cooperación con el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, elaborar el Marco Jurídico para el manejo ambientalmente racional de PCBs en Guatemala.
- Sus funciones se enfocan en el marco específico de protección a la salud de todos los habitantes del país, efectuando el seguimiento de aquellas acciones que de manera directa o indirecta representen riesgo o no a la salud humana.
- Realizar investigaciones de salud, para determinar los niveles de contaminación que pudieran existir entre la población por exposición a PCBs.
- Identificar y dar tratamiento a casos de contaminación con PCB, en especial en el sector obrero de las instituciones dedicadas a generación, distribución y transporte de energía eléctrica
- Llevar a cabo investigaciones documentadas para determinar los niveles de PCB en la cadena alimenticia guatemalteca y agua potable.

9.3.5. Superintendencia de Administración Tributaria SAT

- Crear capacidad en el sector aduanero para evitar el ingreso y egreso ilegal de desechos contaminados con PCB. En la mayoría de casos, los equipos entran al país como chatarra para incinerar en siderúrgicas, también se encontró el caso de equipos abandonados en los puertos por la debilidad que presenta no solo el sector aduanero, sino todo el país para el control de ingreso y egreso de equipos usados.

9.3.6. Universidad de San Carlos de Guatemala

- Poner a disposición recurso humano capacitado (estudiantes de cierre de ingeniería química y eléctrica), para formar parte del personal del Proyecto PCB en Guatemala
- Gestionar la implementación de laboratorio para la identificación de PCBs, por medio del laboratorio de Metrología de la facultad de Ingeniería.
- Colaborar con las actividades de creación de capacidad en el manejo de PCBs en el sector académico.

CONCLUSIONES

- 1) La implementación de los convenios de Róterdam, Basilea y Estocolmo se ve afectada por la falta de regulación en Guatemala para el manejo de sustancias contaminantes. Existe muy poca capacidad en el país para el manejo de éstas sustancias, siendo de carácter urgente la implementación de talleres de capacitación para mandos altos y medios en el tema específico de Bifenilos Policlorados.

- 2) En Guatemala, el gran volumen de aceite dieléctrico de transformadores y capacitores con alto grado de riesgo de contaminación con PCB se encuentra focalizado en el sector de distribución, debido a que las empresas privadas de generación realizan labores en nuestro país desde 1999, lo que las hace descartables de éste inventario. Se identificó como susceptible de contaminación en la Fase I del Proyecto una de masa 2,800,000 Kg de dieléctrico equivalente a 78,000 transformadores. Se realizaron pruebas de PCB a una muestra de 1,500,000 Kg de aceite dieléctrico susceptible equivalentes a 1,500 equipos de los que 109,000 Kg tienen concentraciones superiores a 50 ppm, aproximadamente 200 equipos. El sector con mayor concentración de contaminación es el de empresas eléctricas municipales con 38% de contaminación en una muestra de 114 equipos, equivalente a 6,000 Kg de dieléctrico contaminado. Unión Fenosa tiene un porcentaje de contaminación de 8% equivalente a 7,000 Kg de dieléctrico de una muestra de 1007 equipos, en estos sectores el número de equipos contaminados se irá incrementando en los años venideros a medida que se vayan sacando de operación equipos antiguos instalados en la red. EEGSA sostiene no tener equipos con PCB en su red debido a sus políticas de compra de equipos, sin embargo, no se tiene información concluyente de los

equipos de distribución comprados antes de 1985. La vida útil de un capacitor se encuentra entre 15 y 20 años máximo, razón por la cual la mayoría de los capacitores que se utilizaron con PCBs ya no se encuentran en uso en el país, gran parte fue vendido o entregado como chatarra, y en un porcentaje desechados como basura, hecho preocupante para la situación ambiental del país ya que se hallaron capacitores eléctricos con PCBs en un número reducido. Se identificaron 29 bancos de capacitores con PCB y 25 capacitores monofásicos fabricados con la sustancia que son incluidos en los planes de manejo adecuado para la fase de destrucción.

- 3) Es urgente la participación comprometida de más instituciones gubernamentales para poder abrir las puertas al sector industrial privado en la región central de Guatemala. Se evidencia la necesidad de personal calificado para el desarrollo proyectos de recursos limitados como éste, mismo que puede ser proporcionado por la USAC, para lo cual se necesita desarrollar actividades encaminadas a la concientización del sector académico (tanto docente como estudiantil) y a despertar el interés de participación en actividades de bien común. Hasta el momento, no se han tomado medidas para determinar la existencia de afecciones a la salud poblacional y laboral a causa de bifenilos policlorados por parte del sector de salud. Enfatizamos en la necesidad de gestionar la creación de legislación para el manejo adecuado de sustancias contaminantes.
- 4) Se ha logrado documentar la cantidad de equipos susceptibles de contener Bifenilos Policlorados, esta información será gran importancia en los años venideros hasta que se cumpla el plazo para la eliminación total de PCBs a nivel mundial. El inventario preliminar, permitirá a las

instituciones abarcadas priorizar los equipos para someter a pruebas y determinar los volúmenes de aceite contaminado que pudieran tener para implementar las medidas preventivas y correctivas necesarias.

- 5) La creación de capacidad nacional para el manejo permitirá incrementar el interés por la legislación del manejo de sustancias contaminantes en Guatemala. Jugando un papel importante la Comisión de Energía Eléctrica, para realizar esfuerzos conjuntos con el sector eléctrico, Ministerio de Ambiente y Ministerio de Salud para hacer una propuesta de ley que evite la comercialización, ingreso y dispersión de equipos susceptibles y contaminados con PCB.

- 6) Las campañas de divulgación y capacitación, por medio de los documentos generados, no deberán perder la directriz de hacer ver la posibilidad de manejar los PCBs sin riesgos a la salud, siempre y cuando se tomen las medidas pertinentes en cuanto a protección personal, manejo adecuado y estricto control de equipos identificados con PCB. Los lineamientos básicos de seguridad pueden ser aplicados para sustancias contaminantes consideradas en la docena sucia, no así los métodos de detección y la identificación de poseedores. Para lo que se debería de obtener recursos para la investigación y seguimiento de sustancias contaminantes en Guatemala, la campaña de divulgación en el sector eléctrico por medio de la documentación creada, ha permitido dar a conocer el proyecto y los riesgos que conlleva el mal manejo de equipos antiguos, que son los susceptibles de contaminación, sin crear reacciones desfavorables entre la población. Es alta prioridad mantener el flujo de información en canales que permitan el manejo de la situación sin la creación de pánico entre la población laboral.

RECOMENDACIONES

- 1) Las instituciones involucradas directamente en los talleres para la creación de capacidad nacional, deberán coordinar esfuerzos con el Comité Nacional de Coordinación para darle seguimiento a las tareas de divulgación y capacitación del manejo adecuado de Bifenilos Policlorados en Guatemala. Se debe dar prioridad al sector de Empresas Eléctricas Municipales, ya que poseen considerables porcentajes de contaminación y mínimos procedimientos de protección personal.
- 2) Las empresas identificadas como potenciales poseedores de PCB en el inventario preliminar deben determinar la condición de sus equipos en términos de contaminación, por lo que deberán adquirir pruebas para determinar la presencia de PCB en los equipos considerados potenciales contaminados; etiquetar y darle manejo adecuado a los equipos identificados con PCB para alcanzar la eliminación total para el 2025. Los capacitores identificados con PCB en la fase I de éste proyecto deberán ser etiquetados y puestos en los planes de destrucción por parte de cada uno de sus propietarios. No se sugiere el drenado de dieléctrico de capacitores para evitar la contaminación innecesaria.
- 3) Las instituciones participantes en el Comité Nacional de Coordinación, deberán dar seguimiento a las actividades de concientización y capacitación para manejo adecuado, a fin de conseguir el permanente monitoreo de los equipos identificados con PCB en Guatemala, para evitar que los propietarios se deshagan de los equipos de manera inadecuada, por la falta de regulación en el país. Como medida preventiva, se recomienda la implementación de procedimientos de emergencia para contaminación fría por parte de CONRED, quien tendrá

a su cargo la definición de tales procedimientos con base a los talleres organizados por el Proyecto PCB Guatemala. Asimismo se deberán extender éstos procedimientos al sector privado para el caso de los usuarios particulares que posean equipos contaminados.

- 4) La documentación hecha durante el desarrollo del proyecto, podrá ser utilizada como referencia para el manejo adecuado de PCBs en Guatemala, se recomienda proporcionar ésta información a las instituciones con equipos susceptibles de contener PCB, especialmente a las Empresas Eléctricas Municipales y propietarios individuales para que hagan conciencia de la peligrosidad de la sustancia y las medidas preventivas y correctivas que deberán tomar en cuenta para la operación y desecho de sus equipos.
- 5) Se deberá mantener especial cuidado en enfocar la capacidad nacional en el hecho de que si bien, los PCBs son sustancias altamente contaminantes, es posible manejarlas siempre y cuando se tomen en cuenta las medidas de seguridad pertinentes. El enfoque de la creación de capacidad deberá ser el adecuado para evitar el pánico entre la población y los trabajadores.
- 6) se ponga a disposición de estudiantes de la USAC el manual de lineamientos de manejo para PCB, para poder cumplir con la divulgación entre el sector profesional y académica, así como para elaborar documentos con información para el manejo de otras sustancias contaminantes incluidas en “La Docena Sucia”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Convenio de Basilea. **Manual de Capacitación.** “Preparación de un plan nacional de manejo ambientalmente adecuado de los bifenilos policlorados (PCB) y de equipos contaminados con PCBs”. Serie del Convenio de Basilea No 2003/01
- 2) **Manual de Entrenamiento.** “Tecnologías de destrucción y descontaminación para PCBs y otros Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs), bajo el convenio de Basilea”. Volumen B. Secretaria del Convenio de Basilea.
- 3) **Manual.** “Transformadores y condensadores con PCB: desde la gestión hasta la reclasificación y eliminación”. Primera edición. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Mayo de 2002.
- 4) **Manual.** “Directrices para la identificación de PCB y materiales que contengan PCB”. Primer número. Agosto 1999. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- 5) Proyecto CERI-ACDI-COLOMBIA. **“Manual de Manejo de PCBs para Colombia”.** Colombia. Julio de 1999.
- 6) Informes de los Talleres Regionales I, II, III y IV del Proyecto Regional de Inventarios y Planes Nacionales de Acción para el manejo ambientalmente racional de bifenilos policlorados en Centroamérica

- 7) Normas Técnicas de Diseño y Operación de las Instalaciones de Distribución. Comisión Nacional de Energía. Guatemala 1999.
- 8) Brailovsky, Antonio. “**El negocio de Envenenar**” . Buenos Aires, Argentina. Editorial Fraternal. 1985
www.pilardetodos.com.ar
- 9) Joseph KiGangi, Ph.D., Jindrich Petrlík, M.S. “**The Egg Report**”. IPEN’s International Co-ordinator. Abril 2005.
www.ipen.org
- 10) Environmental Protection Agency. www.epa.gov
- 11) Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs)
www.pops.int
- 12) Secretariat of the Basel Convention. United Nations Environment Programme.
www.basel.int

APÉNDICES



GUIA TECNICA PARA EL MANEJO DE EQUIPOS ELECTRICOS CON BIFENILOS POLICLORADOS (PCBs)

Editado por:
Miguel Angel de Jesús Gualim Ac
Dany Fernando Fuentes Tul
Universidad de San Carlos de Guatemala
Escuela Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
MARN/USAC



CAUTION

THIS EQUIPMENT CONTAINS
PCB
Polychlorinated Biphenyls

CUIDADO

ESTE EQUIPO CONTIENE
PCB
Policloruros Bifenilicos



Proyecto PCB Guatemala

El proyecto PCB Guatemala, busca identificar las empresas a nivel nacional que contengan equipos eléctricos fabricados o contaminados con PCB, con el fin de cuantificar la existencia de dicha sustancia en el país y estimar la cantidad de desechos sólidos y aceites minerales contaminados con PCB.

Esta información preliminar, servirá de base para la elaboración del **plan de acción a nivel nacional para el manejo ambientalmente racional de los desechos y/o equipos eléctricos con PCB.**

El proyecto no busca sancionar a los poseedores de equipos eléctricos y/o desechos con PCB; sino más bien, tiene dentro de sus objetivos, incrementar el conocimiento y la capacidad nacional en el manejo adecuado de los PCB, a través de brindar la asesoría necesaria y oportuna a las instituciones interesadas para evitar la contaminación del ambiente y proteger la salud de sus trabajadores, y de todas aquellas personas que puedan estar en contacto con ésta sustancia.

El Proyecto PCB Guatemala trabaja enmarcado en las "tres convenciones" (Convención de Basilea, Convención de Estocolmo, y Tratado de Rotterdam).

Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants



Proyecto PCB Guatemala

maija

Este tríptico es parte de una serie de documentos informativos proporcionados por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales como apoyo al Proyecto PCB Guatemala. Usted puede obtener más información leyendo el Manual de Manejo de PCBs, o bien contactando al proyecto a los teléfonos y correo electrónico abajo indicados.



**MINISTERIO DE AMBIENTE Y
RECURSOS NATURALES**

Proyecto PCB Guatemala
20 Calle 28-58 zona 10
Guatemala, ciudad

Teléfono: 24230500 ext. 2203/05

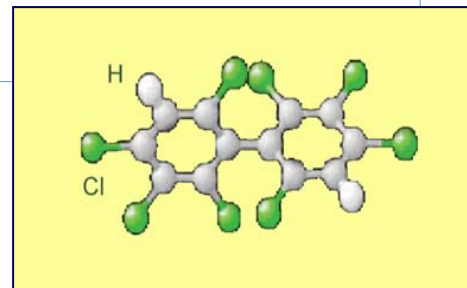
Fax: 24230500 ext. 2203

Correo: pcbguate@marn.gob.gt

**MINISTERIO DE AMBIENTE Y
RECURSOS NATURALES**



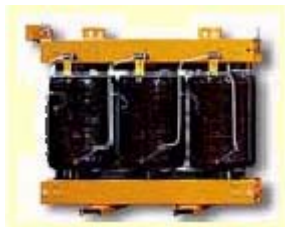
¿QUE SON LOS PCBs?



Tiene PCB en su empresa?

**Conozca más acerca de los PCBs y
tome las precauciones pertinentes.**

LOS PCB



Las principales aplicaciones son en transformadores y condensadores eléctricos de potencia.

Los PCB o Bifenilos Policlorados, forman parte de las seis sustancias más contaminantes del mundo, debido a su alto contenido en cloro. Fueron utilizados desde los

años treinta principalmente en la fabricación de equipos eléctricos como transformadores de potencia, capacitores, balastos). También como aceites lubricantes y fluidos para aire acondicionado. Su uso industrializado se prohibió en Estados Unidos hasta 1986 por sus características contaminantes como su persistencia en el medio ambiente y daños a la salud humana.

Los PCB, principalmente utilizados como aceite dieléctrico, tienen excelentes características como tal, pero el costo ambiental de su manejo es muy elevado.

Están bajo la forma de líquidos viscosos con mayor densidad que el agua, son insolubles en ella, pero son solubles en otros aceites, no son fotosensibles y tienen alta estabilidad térmica.

Pueden durar hasta treinta años en un equipo eléctrico sin perder sus características aislantes, de ahí la preferencia de utilizarlos para la fabricación de los mismos.

Formas de exposición a los PCB

- Por ingestión.
- Por inhalación.
- Absorción cutánea.

Efectos a la salud y el medio ambiente

Estudios en humanos demuestran que los envenenamientos comienzan entre 800 y 1,000 ppm, y los primeros síntomas inician en la piel y ojos.

Son capaces de adherirse a los tejidos adiposos de los seres vivos, más del 90% de lo ingerido es absorbido es retenido a través del intestino, además de ser sustancias bioacumulables; se van acumulando en la cadena alimenticia, según estudios realizados se han encontrado trazas de PCB hasta en leche materna por sus características bioacumulables, de ahí la restricción de su uso.

Sus moléculas solo pueden ser destruidas a altas temperaturas (mayores a 1300° C)

La descomposición de sus moléculas por incineración (a temperaturas menores que 1300°C), emiten dioxinas y furanos que son las sustancias más contaminantes identificadas en nuestra atmósfera.

Son altamente irritantes, el contacto directo con los PCB puede ocasionar cloro acné, que es acné altamente agresivo acompañado de hiperpigmentación de la piel.



Cloroacné producido por contacto con PCBs

Otros efectos sobre la salud humana son:

Irritación Ocular por hipersecreción en las glándulas lagrimales.

Efectos Neuro musculares.

Dolor de cabeza y/o Fiebre

Desordenes Metabólicos

Problemas reproductivos y anomalías fetales

Carcinógenos y efectos citogenéticas

Trastornos inmunitarios

Trastorno del desarrollo neurológico.

Los vapores emitidos en incendios se impregnan en superficies porosas, reteniendo la contaminación en estos casos.

Algunas marcas comerciales de PCB son:

Aroclor	Cloresil	Apirolio
Askarel	Abestol	Bakola
Asbestol	Sovol	Diaclor
Clophen	Inerteen	Elemex
Electrophenil	Inclor	Saft-Kuhl
NoFlamol	Pyroclor	Arubren
Phenoclor	Kaneclor	ASK
Piralina	Delor	Chlorinol
Piranol	Sovtol	Hidrol



Ministerio de
Ambiente y Recursos
Naturales

- Almacene las muestras en recipientes de vidrio debidamente descontaminados. (puede utilizar alcohol para limpiarlos).
- Puede utilizar kits de campo para detectar la presencia de cloro en la muestra, como los kits CLOR-N-OIL. (la presencia de cloro en la muestra es el indicio principal de la existencia de PCB en el dieléctrico)
- Si su análisis detecta presencia de cloro, se recomienda realizar un análisis de laboratorio al aceite para determinar la concentración de PCB en su equipo.



Ejemplo de prueba negativa con CLOR-N-OIL: color oscuro.



Ejemplo de prueba positiva con CLOR-N-OIL: color claro.



MARN

Ministerio de Ambiente y
Recursos Naturales

20 Calle 28-58 zona 10
Guatemala, ciudad.

Teléfono: 24230500 ext. 2203-2205
Fax: 24230500 ext. 2203
Correo: pcbguate@marn.gob.gt

MANEJO ADECUADO DE EQUIPOS CON PCB



Trabaje bajo un ambiente
seguro.

Proteja el prestigio de su
empresa!

No. 2/3 Serie Manejo PCBs

Si usted tiene equipos eléctricos con PCB; manéjelos adecuadamente, el peligro de trabajar con PCB se incrementa con el manejo inadecuado de los equipos.

“Proteja su salud, no ponga en riesgo al personal y el prestigio de su empresa; sea parte de las empresas más competitivas de Guatemala que contribuyen con la protección del Medio Ambiente”.

Este trifoliar es parte de una serie de documentos informativos proporcionados por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales como apoyo al Proyecto PCB Guatemala. Usted puede obtener más información leyendo el Manual de Manejo de PCBs, o bien contactando al proyecto a los teléfonos y correo electrónico indicados.



MARN

Manejo de equipos eléctricos con PCB

Por su alto contenido en cloro, los PCB deben ser manejados con cuidados especiales para evitar la contaminación del medio ambiente y daños a la salud de las personas que tengan contacto con estas sustancias.

Para el bienestar del personal que esta a cargo de los equipos eléctricos con PCB, tome en cuenta las siguientes recomendaciones:

Recomendaciones

- Todo dieléctrico deberá ser considerado como PCB hasta comprobar su composición.
- Todo aceite mineral con mas de 50 ppm de PCB es considerado PCB.
- Todo equipo o utensilio usado para dar mantenimiento a equipos con PCB “Está contaminado”, y no debe utilizarse en equipos de aceite mineral u otros.
- Todo equipo, contenedor, desecho, de PCB, debe ser identificado como tal.



- No ingiera el PCB
- No toque el PCB directamente, utilice guantes para su protección.
- No Respire vapores de PCB.
- Verifique periódicamente que sus equipos estén libres de filtraciones, si las hubiera, conténgalas inmediatamente con materiales absorbentes y ventile el área.
- Si su equipo esta sobrecargado, verifique que el área disponga de ventilación suficiente para evitar acumulación de vapores por la posible gasificación del dieléctrico y evite respirar tales vapores.
- Para contener fugas, utilice su equipo de protección, si existen vapores use máscara de gas.



Mantenimiento

- El mantenimiento a un equipo con PCB debe de garantizar que todo desecho producto de tal actividad sea almacenado en contenedores certificados por la ONU.
- No deje de utilizar su equipo de protección (gafas, mascarilla, casco, overoles impermeables, botas, guantes).



- Evite contaminar el suelo, utilizando baldes de acopio con arena o aserrín para contener cualquier derrame (de preferencia impermeabilice los pisos con pinturas epoxicas).

- Evite todo contacto con llamas desnudas y calentamiento de PCB por riesgos de gasificación del aceite y emisión de dioxinas y furanos.
- Si se le hace mantenimiento a su equipo cerciórese de que los utensilios que se utilicen en el mismo no hayan estado en contacto con equipos o desechos contaminados con PCB. Esto con la finalidad de evitar la contaminación cruzada de su equipo.
- Identifique los equipos que hallan sido rellenados, incluya el tipo de dieléctrico sustituto y el dieléctrico original que contenía.
- Si usted sospecha que su equipo fue víctima de contaminación cruzada, se le recomienda hacerle una prueba de cromatografía o bien una prueba de campo para medir los niveles de cloridad del aceite.

Toma de muestras

- Si toma muestras en equipos energizados guarde las distancias mínimas de seguridad con conductores vivos.
- Utilice guates y gafas como equipo mínimo de seguridad para tomar las muestras.
- Utilice recipientes de acopio para contener cualquier posible derrame.



CONTRIBUYA CON GUATEMALA

Los accidentes con PCB han sido producto del mal manejo de equipos en funcionamiento y desechos contaminados.

Recuerde que usted es responsable de la salud de su personal y de no contaminar el medio ambiente.

En Guatemala no existe ninguna empresa certificada para manejar desechos de PCB, por eso recomendamos su almacenamiento transitorio. No proporcione sus desechos a chatarreros ni recicladores de aceite pues.

La forma más accesible para destruir PCB es la incineración a temperaturas mayores a 1300°C, únicamente en Europa, mientras se pone a disposición la tecnología necesaria en nuestro medio manejemos los equipos y desechos con responsabilidad y garanticemos la calidad de vida de nuestro país.



Trabajemos para un mejor mañana para los niños de hoy.



MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Proyecto PCB Guatemala
20 Calle 28-58 zona 10
Guatemala, ciudad

Teléfono: 24230500 ext. 2203/05
Fax: 24230500 ext. 2203
Correo: pcbguate@marn.gob.gt

Este trifoliar es parte de una serie de documentos informativos proporcionados por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales como apoyo al Proyecto PCB Guatemala. Usted puede obtener más información leyendo el Manual de Manejo de PCBs, o bien contactando al proyecto a los teléfonos y correo electrónico abajo indicados.

MINISTERIO DE
AMBIENTE Y
RECURSOS NATURALES

MANEJO DE DESECHOS CON PCB

MARN

MANEJE SUS
DESECHOS CON
RESPONSABILIDAD
EVITE ACCIDENTES



PROYECTO PCB GUATEMALA

maija

No. 3/3 Serie Manejo de PCBs

MANEJO ADECUADO DE DESECHOS CON PCB

Se considera como desecho contaminado con PCB:

- Aceites dieléctricos con más de 50 ppm de PCB
- Equipo eléctrico que alguna vez haya contenido PCB (askarel, piralina, etc)
- Tierra, arena, aserrín, concreto, que haya retenido algún derrame de PCB
- Trapos, guantes, y desechos para toma de muestras.
- Contenedores de aceites contaminados o PCBs puros.
- Superficies que hayan sido expuestas a vapores producto de incendios con PCB.
- Equipo utilizado para dar mantenimiento a transformadores con PCB (bombas, trapos, guantes, etc.)

Los desechos contaminados con PCB, no deben ser incinerados para evitar la emisión de

dioxinas y furanos a la atmósfera, que son mucho más contaminantes que la sustancia en estado líquido.



El mal manejo de desechos genera pérdidas ambientales

DISPOSICIÓN INMEDIATA

Todo tipo de desecho contaminado con PCB debe ser resguardado de la intemperie, en contenedores aprobados por la ONU.

Identifique sus desechos como contaminados con PCB.

Los equipos fuera de uso (debidamente drenados) y en general todo desecho sólido deberá ser almacenado en cajas metálicas.

En ningún caso el transformador constituirá un recipiente de almacenaje.

Separe los desechos sólidos de los líquidos.

Mantenga sus desechos lejos libres de peligro de incendio y de la luz del sol para evitar su evaporación.



Coloque sus contenedores en cajas metálicas para evitar derrames.

ALMACENAMIENTO TRANSITORIO

Hasta que se tenga acceso a la tecnología de destrucción y descontaminación apropiadas, usted podrá almacenar "Transitoriamente" sus desechos en instalaciones acondicionadas para el caso:

- El área debe tener paredes de block y techo de lámina como mínimo.
- No almacenar sustancias inflamables junto con sus desechos.



Impermeabilice el piso, mantenga suficiente ventilación en el almacén, restrinja el acceso a personal capacitado.

- El piso debe ser impermeabilizado con pintura epóxica y en forma de dique para contener cualquier fuga de los contenedores.
- El área de almacenaje debe tener suficiente ventilación para evitar la acumulación de vapores emitidos por la gasificación del aceite.
- Si la ventilación es artificial, los ductos no deberán conducir al resto de sus instalaciones (en caso de incendio esparciría la contaminación en el resto del edificio).
- **Identifique como área de almacenaje para desechos con PCB.**
- El acceso al almacén deberá ser restringido para personal capacitado. El personal a cargo deberá usar siempre equipo de protección.
- El almacén deberá ser sometido a inspecciones rutinarias documentadas para verificar las condiciones adecuadas de almacenaje de los desechos.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Proyecto PCB Guatemala

20 Calle 28-58 zona 10

Guatemala, ciudad

Teléfono: 24230500 ext. 2203/05

Fax: 24230500 ext. 2203

Correo: pcbguate@marn.gob.gt

ANEXOS

GENERALIDADES DEL CONVENIO DE BASILEA

El Convenio de Basilea es el tratado internacional sobre desechos peligrosos más amplio y significativos actualmente en vigencia. El Convenio ha instaurado un sistema de control estricto, basado en el consentimiento escrito previo. La base para la aplicación del sistema de control es el procedimiento de notificación de los movimientos transfronterizos.

Una condición importante del Convenio es que el país que tenga la intención de exportar un residuo peligroso debe notificar y obtener el consentimiento escrito de las autoridades apropiadas de los países involucrados, con antelación al pretendido envío de los desechos. Además, cada movimiento de desechos ha de acompañarse de un documento sobre el movimiento desde el lugar de inicio del movimiento transfronterizo hasta el lugar de eliminación.

En relación con los documentos involucrados en un movimiento transfronterizo de desechos peligrosos, éstos deben utilizarse para notificar el movimiento a las autoridades competentes de los países interesados y, con posteridad para acompañar el movimiento. La notificación está destinada a ofrecer información detallada, precisa y completa sobre las Partes que intervienen en el movimiento, los propios desechos, la operación de eliminación a la que están destinados, etc. Dicha información permitirá a las autoridades competentes interesadas formarse un juicio para consentir o rechazar el movimiento de conformidad con el Convenio de Basilea y su legislación nacional.

Objetivos

- Reducir los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y de otros desechos sometidos al Convenio de Basilea a un mínimo compatible con su manejo ambientalmente racional;
- Tratar y eliminar los desechos peligrosos y otros desechos lo más cerca posible de su fuente de generación de una manera ambientalmente racional;
- Reducir la producción de desechos peligrosos al mínimo desde el punto de vista de la cantidad y peligros potenciales;
- Asegurar el control estricto de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos en los puntos fronterizos así como prevenir el tráfico ilícito de desechos peligrosos.
- Prohibir los transportes de desechos peligrosos hacia países carentes de capacidades jurídicas, administrativas y técnicas para manejarlos y eliminarlos de manera ambientalmente racional;
- Ayudar a los países en desarrollo y de economías en transición a manejar de manera ambientalmente racional los desechos que producen.

Obligaciones de los Países Partes del Convenio

- Las Partes tienen el derecho a prohibir la importación de desechos peligrosos.
- Las Partes tienen la obligación de prohibir la exportación de desechos peligrosos a las Partes que hayan prohibido la importación de esos desechos.
- Cada Parte impedirá la importación de desechos peligrosos si tiene razones para creer que tales desechos no serán sometidos a un manejo ambientalmente racional.
- Ninguna Parte permitirá que los desechos peligrosos se exporten a un país que no sea Parte o se importen de un país que no sea Parte del Convenio.
- Las Partes acuerdan no permitir la exportación de desechos peligrosos para su eliminación en la Antártica.

- Cada Parte debe establecer medidas para reducir o eliminar las liberaciones derivadas de la producción no intencional de COPs (PCDDs, PCDFs, HCB, PCBs). Para ello deberá promover el empleo de las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales.
- Cada parte debe establecer medidas para reducir o eliminar las liberaciones derivadas de las existencias y desechos COPs, en conjunto con las directrices del Convenio de Basilea.
- Cada Parte debe elaborar un plan nacional de aplicación y planes de acción respecto de los COPs.
- Cada Parte puede enviar propuestas para la inclusión de nuevos COPs al Convenio y/o proporcionar información para la elaboración del perfil de riesgos y sobre consideraciones socioeconómicas de las medidas de control para la reducción del riesgo, los efectos positivos y negativos de la aplicación de dichas medidas y sobre los desechos y su eliminación.
- Cada Parte debe facilitar el intercambio de información y la formación del público.
- Cada Parte debe promover las actividades de investigación, desarrollo, vigilancia y cooperación sobre COPs.
- El Convenio permite acceder a mecanismos de asistencia técnica y financiera.
- Cada parte debe informar a la Conferencia de las Partes las medidas adoptadas para cumplir con el Convenio.
- Cada Parte debe proporcionar a la Secretaría datos sobre producción, importación y exportación de COPs.
- El Convenio establece mecanismos de evaluación de la eficacia de las medidas aplicadas por cada Parte.
- El Convenio establece mecanismos para determinar el incumplimiento y las soluciones de controversias.¹

¹ Manual de Chile sobre el manejo de Bifenilos Policlorados.

GENERALIDADES DEL CONVENIO DE ESTOCOLMO

El Consejo de Administración del PNUMA, en su Decisión 19/13C adoptada en febrero de 1997, promueve la acción internacional para proteger la salud humana y el medio ambiente a través de medidas para reducir y eliminar las liberaciones de Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs), e invita al Comité Intergubernamental de Negociación (CIN) a preparar un Instrumento Internacional Jurídicamente Vinculante para la Aplicación de Medidas Internacionales Respecto de Ciertos Contaminantes Orgánicos Persistentes.

El Convenio de Estocolmo, enfoca inicialmente sus acciones en una lista de doce COPs, llamados “La Docena Sucia”:

- Los Plaguicidas: Aldrin, Dieldrin, Clordano, DDT, Endrin, Heptacloro, Hexaclorobenceno, Mirex y Toxafeno.
- Las Sustancias Químicas Industriales: Hexaclorobenceno (HCB), **Los Bifenilos Policlorados (PCBs)**.
- Los productos secundarios no intencionales: Dioxinas y Furanos.

Objetivo

El objetivo del Convenio sobre los COPs establece que. “Teniendo presente el principio de precaución consagrado en el principio 15 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, el objetivo del presente Convenio es proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los contaminantes orgánicos persistentes”.

En su parte medular, el Convenio establece medidas para reducir o eliminar liberaciones de COPs derivadas de la producción y utilización intencionales, de la producción no intencional y derivadas de existencias y desechos; un procedimiento para incorporar nuevos COPs al Convenio; un procedimiento para el intercambio de información y de sensibilización y formación del público; una promoción de la investigación, desarrollo y vigilancia; y mecanismos de asistencia técnica y financiera.

Aspectos principales del Convenio

- Cada parte debe establecer medidas de control para reducir o eliminar las liberaciones derivadas de la producción intencional de COPs (plaguicidas y productos industriales). Prohibir y/o adoptar las medidas jurídicas y administrativas para eliminar la producción, utilización, importación y exportación de: Aldrin, Clordano, Dieldrin, Endrin, Heptacloro, Hexaclorobenceno, Mirex, Toxafeno, **Bifenilos Policlorados**.
- Cada Parte debe adoptar prioridades a fin de eliminar a más tardar el año 2025, el uso de los PCBs en equipos (e.g. transformadores, condensadores y otros recipientes que contengan existencias de líquidos residuales) y conforme a dichas prioridades, promover medidas de reducción de la exposición y el riesgo a fin de controlar el uso de los PCBs. Asimismo, realizar: esfuerzos para gestionar de manera ambientalmente racional los desechos de los líquidos y los equipos que contengan PCBs, a más tardar el año 2028.
- Cada Parte debe restringir la producción y utilización del DDT.

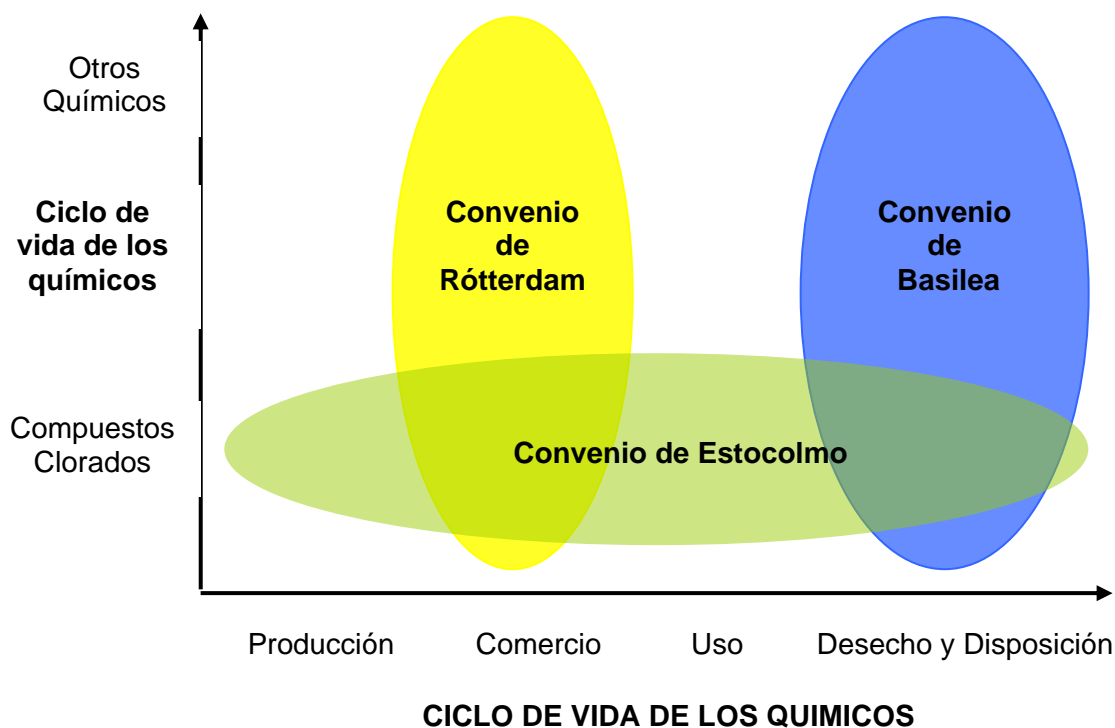
GENERALIDADES CONVENIO DE ROTTERDAM

Trata sobre el consentimiento previamente fundamentado que es necesario obtener ante cualquier acción que involucre el uso de sustancias peligrosas en el ámbito internacional. También constituye una herramienta de protección ante situaciones que impliquen riesgo a pesar de cualquier beneficio esperado. El convenio es aplicable a ciertos Plaguicidas y Productos Químicos peligrosos objeto de comercio Internacional.

Objetivos

- Promover la responsabilidad compartida y los esfuerzos conjuntos de las Partes en la esfera del Comercio Internacional de ciertos productos químicos peligrosos para proteger la salud humana y el medio ambiente.

En la siguiente ilustración se ejemplifica la relación de los 3 convenios mencionados con el objetivo de lograr una sinergia² fundamentada.



Alcance de los 3 convenios para lograr sinergia entre los mismos. Fuente: www.basel.int

² Sinergia: Son esfuerzos conjuntos de acciones previas que buscan el fortalecimiento de acciones presentes para el bien común.

GENERALIDADES MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES REPUBLICA DE GUATEMALA

Descripción

De acuerdo con la Ley del Organismo Ejecutivo, Decreto Número 90-2000, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales es la entidad pública encargada de formular y ejecutar las políticas relativas a su ramo, cumplir y hacer que se cumpla el régimen concerniente a la conservación y protección, sostenibilidad y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales en el país y el derecho humano a un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado, debiendo prevenir la contaminación del ambiente, disminuir el deterioro ambiental y la pérdida del patrimonio natural.³

Misión

Ser el marco de referencia en el ámbito nacional, como una respuesta del Estado para orientar planes, programas y proyectos vinculados a mantener la calidad ambiental y la sostenibilidad de la Biodiversidad y los recursos naturales, a través de la dinámica de cambio gradual, consensos, participación e inclusión en los procesos de gestión ambiental, para que la sociedad guatemalteca haga uso de los recursos naturales bajo un enfoque de desarrollo sostenible.

Visión

Los diferentes sectores de la sociedad guatemalteca, participan en la gestión ambiental y el manejo de los recursos naturales, desarrollando un modelo de sostenibilidad económica, ecológica, social y cultural, de manera participativa y consensuada, promoviendo el cambio de paradigma de desarrollo para visualizar este quehacer como una oportunidad impostergable.

Objetivos

El Reglamento del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, establece los siguientes objetivos institucionales:

- Formular y ejecutar políticas relativas a su ramo.
- Cumplir y hacer que se cumpla el régimen jurídico concerniente a la conservación, protección, sostenibilidad y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales y tutelar el derecho humano a un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado.
- Prevenir la contaminación del ambiente.
- Disminuir el deterioro ambiental y la pérdida del patrimonio natural.
- Ejecutar las políticas que en materia de ambiente y recursos naturales, acorde con el Gobierno.

³ Fuente: www.marn.gov.gt

Funciones

La Ley del Organismo Ejecutivo en su Decreto Número 90-2000, asigna al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales las siguientes funciones:

- Formular participativamente la política de conservación protección y mejoramiento del ambiente y de los recursos naturales y ejecutarla en conjunto con las otras autoridades con competencia legal en la materia correspondiente, respetando el marco normativo nacional e internacional vigente en el país.
- Formular las políticas para el mejoramiento y modernización de la administración descentralizada del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas así como para el desarrollo y conservación del patrimonio natural del país incluyendo las áreas de reserva territorial del Estado.
- Formular en coordinación con el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, la política sobre la conservación de los recursos pesqueros y suelo estableciendo los principios sobre su ordenamiento, conservación y sostenibilidad, velando por su efectivo cumplimiento.
- En coordinación con el Consejo de Ministros, incorporar el componente ambiental en la formulación de la política económica y social del Gobierno, garantizando la inclusión de la variable ambiental y velando por el logro de un desarrollo sostenible.
- Diseñar, en coordinación con el Ministerio de Educación, la política nacional de educación ambiental y vigilar porque se cumpla.
- Ejercer las funciones normativas, de control y supervisión en materia de ambiente y recursos naturales que por ley le corresponden, velando por la seguridad humana y ambiental.
- Definir las normas ambientales en materia de recursos no renovables.
- Formular la política para el manejo del recursos hídrico en lo que corresponda a contaminación, calidad y para renovación de dicho recurso.
- Controlar la calidad ambiental, aprobar las evaluaciones de impacto ambiental, practicarlas en caso de riesgo ambiental y velar porque se cumplan, e imponer sanciones por su incumplimiento.
- Elaborar las políticas relativas al manejo de cuencas hidrográficas, zonas costeras, océanos y recursos marinos.
- Promover y propiciar la participación equitativa de hombres y mujeres, personas naturales o jurídicas y de las comunidades indígenas y locales en el aprovechamiento y manejo sostenible de los recursos naturales.
- Elaborar y presentar anualmente el informe ambiental del Estado.
- Promover la conciencia pública ambiental y la adopción del criterio de precaución.

Competencias

El capítulo 3 del Reglamento Interno del MARN, establece las siguientes competencias:

- En coordinación con el consejo de ministros, incorporar el componente ambiental en la formulación de la política económica y social del gobierno, garantizando la inclusión de la variable ambiental y velando por el logro de un desarrollo sostenible.
- Diseñar en coordinación con el ministerio de educación, la política nacional de educación ambiental y vigilar porque se cumpla.

- Ejercer las funciones normativas, de control y supervisión en materia de ambiente y recursos naturales que por ley le corresponden, velando por la seguridad humana y ambiental.
- Definir las normas ambientales en materia de recursos no renovables. Formular la política para el manejo del recurso hídrico en lo que corresponda a contaminación, calidad y para renovación de dicho recurso.
- Controlar la calidad ambiental, aprobar las evaluaciones de impacto ambiental, practicarlas en caso de riesgo ambiental y velar porque se cumplan, e imponer sanciones por su incumplimiento.
- Elaborar las políticas relativas al manejo de cuencas hidrográficas, zonas costeras, océanos y recursos marinos.
- Promover y propiciar la participación equitativa de hombres y mujeres, personas naturales o jurídicas y de las comunidades indígenas y locales en el aprovechamiento y manejo sostenible de los recursos naturales.
- Elaborar y presentar anualmente el informe ambiental del Estado.
- Promover la conciencia pública y la adopción del criterio de precaución.
- Cumplir y hacer cumplir el régimen jurídico del ambiente y de los recursos naturales, dirigiendo las funciones generales asignadas al Ministerio y especialmente, de las funciones normativas, de control y supervisión.
- Formular, aprobar, orientar, coordinar, promover, dirigir y conducir las políticas nacionales de ambiente y recursos naturales, para el corto, mediano y largo plazo, en íntima relación con las políticas económica, social y de desarrollo del país y sus instituciones de conformidad con el sistema de leyes atinentes a las instrucciones del Presidente y Consejo de Ministros.
- Velar por el estricto cumplimiento de las leyes, la probidad administrativa y la correcta inversión de los fondos públicos, en los asuntos confiados al despacho.
- Ejercer la rectoría sectorial y coordinar las acciones del Ministerio con otros ministerios e instituciones públicas y del sector privado, promoviendo la participación social en su diálogo, con el propósito de facilitar el desarrollo nacional en materia de ambiente y recursos naturales, y así propiciar una cultura ambiental y de conservación y aprovechamiento racional de los recursos naturales.
- Formular participativamente la política de conservación, protección y mejoramiento del ambiente y de los recursos naturales, y ejecutarla en conjunto con las otras autoridades con competencia legal en la materia dentro del marco normativo nacional e internacional.
- Formular políticas para el mejoramiento y modernización de la administración descentralizada del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas; así como para el desarrollo y conservación del patrimonio natural del país, incluyendo las áreas de reserva territorial del Estado.
- Diseñar en coordinación con el Ministerio de Educación, la política nacional de educación ambiental y vigilar porque se cumpla.
- Formular la política para el manejo del recurso hídrico en lo que corresponda a contaminación, calidad y para renovación de dicho recurso.

Líneas de Acción

El Plan Estratégico del MARN, establece las siguientes líneas de acción por ámbito de actividad:

- **Ámbito Social**
Desarrollo de una cultura, conducta y participación social que conserve los recursos naturales y la calidad ambiental
- **Ámbito Económico**
Desarrollo de una cultura y conducta económica que aproveche sosteniblemente los recursos naturales y preserve la calidad ambiental
- **Ámbito Institucional**
Desarrollo y fortalecimiento de la gestión pública, privada y civil del ambiente y de los recursos naturales
- **Ámbito de Contingencia**
Desarrollo de la capacidad del MARN para la gestión, negociación y ejecución de recursos públicos nacionales y de cooperación externa.

Estructura del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

Para el cumplimiento y realización de sus funciones, el Ministerio contara con la siguiente estructura organizativa.

DIRECCION SUPERIOR, DESPACHO MINISTERIAL

- Ministro
- Dos Viceministros

FUNCIONES SUSTANTIVA

- Dirección General de Políticas y Estrategias Ambientales.
- Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales.
- Dirección General de Coordinación Nacional.
- Dirección General de Formación, Organización y Participación Social.
- Dirección General de Cumplimiento Legal.
- Dirección General de administración y Finanzas, a cargo de las funciones administrativas con las direcciones que se enumeran en el apartado siguiente.

FUNCIONES ADMINISTRATIVAS

- Secretaria General .
- Dirección Financiera.
- Dirección de Recursos Humanos.
- Dirección Administrativa y Servicios Generales.
- Dirección de Compras y Contrataciones.
- Dirección de Informática.

FUNCIONES DE APOYO TECNICO

- Relaciones Públicas.
- Relaciones y Cooperación Internacional.
- Sistema de Información Ambiental.
- Asesoría Jurídica.

FUNCIONES DE CONTROL INTERNO

- Auditoria interna.

INSTANCIAS DE COORDINACION

- Consejo Consultivo.
- Consejo Técnico.

INSTANCIAS QUE PRESIDE EL MARN

- Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP)
- Fondo Guatemalteco del Medio Ambiente (FOGUAMA)