



PERÚ

Ministerio de Salud

Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY
INVESTING IN OUR PLANET



Proyecto PCB



Inventario y Eliminación de Existencias y Residuos con PCB

Proyecto "Manejo y Disposición Ambientalmente Racional de Bifenilos Policlorados (PCB)"



Lima, Enero 2017



PERÚ

Ministerio
de Salud

Dirección General de
Salud Ambiental e
Inocuidad Alimentaria



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY
INVESTING IN OUR PLANET



Proyecto PCB



Inventario y Eliminación de Existencias y Residuos con PCB

Proyecto "Manejo y Disposición Ambientalmente Racional
de Bifenilos Policlorados (PCB)"



Lima, Enero 2017

Inventario y Eliminación de Existencias y Residuos con PCB

Proyecto GF/PER/10/001 "MANEJO Y DISPOSICIÓN AMBIENTALMENTE RACIONAL DE BIFENILOS POLICLORADOS (PCB)"

Créditos Institucionales:

Entidad Coordinadora:

Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria – DIGESA
Ministerio de Salud – República de Perú
Calle Las Amapolas 350, Lince, Lima - Perú

Entidad Implementadora:

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial – ONUDI

Coordinación Nacional del Proyecto

Coordinador Nacional

Fernando Horna Arévalo (2011 – 2012)
Marisa Quiñones Manga (2013 – 2017)

Asistente Técnico

Ronald Ordaya Pando (2011 – 2012)

Asistente Técnico - Administrativo

Carmen Serrano Casimiro (2012 – 2014)

Asesor Técnico

Maño Mendoza Zegarra (2014 – 2017)

ISBN:

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 201700543

Diseño e Impresión

Solvima Graf S.A.C.
Jr. Emilio Althaus N° 406, Lince, Lima - Perú

Primera edición

Tiraje: 500 ejemplares

Enero, 2017

Esta publicación puede ser reproducida total o parcialmente y en cualquier forma con fines educativos o no lucrativos sin el permiso especial del autor, siempre y cuando se cite la fuente.

El contenido de esta publicación es responsabilidad exclusiva del autor. Las opiniones expresadas no representan necesariamente la decisión o la política de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.

Contenido

| | |
|---|-----------|
| Presentación | 9 |
| Resumen ejecutivo | 10 |
| Executive summary | 11 |
| 1 Antecedentes | 13 |
| 1.1 Generalidades..... | 13 |
| 1.2 Inventarios y eliminación de PCB ejecutados antes del proyecto..... | 14 |
| 2 Organización del Proyecto | 21 |
| 3 Metodologías aplicadas | 23 |
| 3.1 Primera etapa del inventario de PCB..... | 23 |
| 3.2 Segunda etapa del inventario de PCB | 25 |
| 3.3 Eliminación ambientalmente racional de PCB | 25 |
| 3.4 Diseño y generación de la base de datos | 34 |
| 4 Actividades desarrolladas | 35 |
| 4.1 Extracción de muestras | 35 |
| 4.2 Descarte de PCB en campo, con el Clor-N-Oil de 50 ppm | 38 |
| 4.3 Análisis de cromatografía de gases | 38 |
| 4.4 Eliminación de PCB (procesos de retrolenado, dechlorinación, exportación e incineración)) | 39 |
| 5 Resultados del Inventario | 47 |
| 5.1 Existencias y residuos inventariados..... | 47 |
| 5.2 Valorización de las actividades del inventario | 61 |
| 5.3 Valorización del aporte de las empresas en el inventario de PCB..... | 64 |
| 5.4 Equipos con resultados positivos y con presencia de PCB..... | 65 |
| 6 Eliminación de PCB | 79 |
| 6.1 Equipos descontaminados | 80 |
| 6.2 Equipos exportados e incinerados..... | 81 |
| 6.3 Resultados finales de la eliminación de PCB en equipos contaminados..... | 83 |
| 7 Conclusiones | 85 |
| 8 Recomendaciones | 87 |
| Anexos | 89 |
| Anexo N° 1: Metodología para el descarte de PCB mediante el kit Clor-N-Oil 50 ppm..... | 89 |
| Anexo N° 2: Metodología para el descarte de PCB mediante el Analyzer L2000DX..... | 95 |
| Anexo N° 3: Metodología de análisis de PCB mediante cromatografía de gases con detección por captura de electrones..... | 99 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla N° 1: Inventario físico en 8 empresas mineras del Perú | 16 |
| Tabla N° 2: Muestras de aceite dieléctrico analizadas..... | 17 |
| Tabla N° 3: Resultados del descarte con kit Clor-N-Oil | 17 |
| Tabla N° 4: Listado de equipos contaminados con PCB y tratados mediante dechlorinación | 18 |
| Tabla N° 5: Resultado de descarte de PCB en muestras de suelo | 18 |
| Tabla N° 6: Resultado del descarte y/o análisis de PCB realizado por iniciativa propia de las empresas | 19 |
| Tabla N° 7: Resultado del descarte de PCB en 100 transformadores | 19 |
| Tabla N° 8: Estructura de la base de datos utilizada en el Inventario de PCB | 34 |
| Tabla N° 9: Fechas de extracción de muestras en la primera etapa del proyecto..... | 35 |
| Tabla N° 10: Fechas de extracción de muestras en la segunda etapa del inventario | 36 |
| Tabla N° 11: Número de equipos a los que se realizó muestreo por iniciativa propia de las empresas | 38 |
| Tabla N° 12: Ruta 1 del trabajo de retrolenado | 40 |
| Tabla N° 13: Ruta 2 del trabajo de retrolenado | 41 |
| Tabla N° 14: Ruta 3 del trabajo de retrolenado | 41 |
| Tabla N° 15: Ruta 4 del trabajo de retrolenado | 41 |
| Tabla N° 16: Fecha de retiro de cilindros con aceite contaminado con PCB..... | 42 |
| Tabla N° 17: Fechas de transporte de equipos y cilindros a Lima | 43 |
| Tabla N° 18: Empresas que participaron en el inventario de PCB..... | 47 |
| Tabla N° 19: Número de empresas participantes por sector | 48 |
| Tabla N° 20: Número de equipos y residuos evaluados..... | 49 |
| Tabla N° 21: Número de equipos y residuos evaluados por sector | 50 |
| Tabla N° 22: Número de equipos evaluados por departamento..... | 50 |
| Tabla N° 23: Número de muestras procesadas por fase del inventario... .. | 52 |
| Tabla N° 24: Número de equipos evaluados por fabricante | 53 |
| Tabla N° 25: Número de equipos fabricados antes y después de 1983 .. | 59 |
| Tabla N° 26: Equipos inventariados teniendo en cuenta la condición de servicio de los equipos..... | 60 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla N° 27: Precios unitarios para valorización del inventario..... | 62 |
| Tabla N° 28: Combinaciones de procedimientos para el inventario..... | 62 |
| Tabla N° 29: Opciones para realizar el Inventario de PCB..... | 62 |
| Tabla N° 30: Precios promedio por muestra del inventario de PCB | 62 |
| Tabla N° 31: Valorización del inventario de PCB (USD) | 63 |
| Tabla N° 32: Valorización de inventario por metodología aplicada (USD) | 63 |
| Tabla N° 33: Valorización del aporte de las empresas al inventario de PCB (USD) | 64 |
| Tabla N° 34: Número de equipos de acuerdo a la metodología aplicada | 66 |
| Tabla N° 35: Número de equipos con 50 ppm de PCB o más | 68 |
| Tabla N° 36: Número de equipos por empresa y rango de concentración de PCB | 70 |
| Tabla N° 37: Peso bruto de equipos por empresa y concentración de PCB (kg) | 71 |
| Tabla N° 38: Peso de aceite de los equipos contaminados con PCB (kg) | 73 |
| Tabla N° 39: Número de equipos con PCB por marca de fabricante | 74 |
| Tabla N° 40: Equipos contaminados con PCB fabricados antes y después de 1983 | 75 |
| Tabla N° 41: Equipos contaminados con PCB teniendo en cuenta la localización geográfica..... | 76 |
| Tabla N° 42: Equipos contaminados con PCB teniendo en cuenta el sector económico | 76 |
| Tabla N° 43: Equipos contaminados con PCB teniendo en cuenta su condición..... | 77 |
| Tabla N° 44: Equipos contaminados a los que se eliminaron PCB en el Proyecto | 79 |
| Tabla N° 45: Equipos descontaminados por empresa | 80 |
| Tabla N° 46: Detalle de equipos exportados e incinerados por empresa | 81 |
| Tabla N° 47: Equipos descontaminados por empresa | 82 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura N° 1: Opciones de eliminación de PCB en función al costo y tipo de existencia o residuo PCB | 26 |
| Figura N° 2: Reacción química de dechlorinación en base a hidróxido de potasio | 31 |
| Figura N° 3: Diagrama del proceso de dechlorinación | 32 |
| Figura N° 4: Distribución de empresas participantes por sector | 48 |
| Figura N° 5: Número de equipos y residuos evaluados por empresa | 50 |
| Figura N° 6: Número de equipos evaluados por departamento..... | 51 |
| Figura N° 7: Porcentaje de equipos fabricados antes y después de 1983 | 60 |
| Figura N° 8: Distribución de equipos según condición de servicio..... | 61 |
| Figura N° 9: Valorización de Inventario por empresa (USD) | 65 |
| Figura N° 10: Distribución de equipos según método aplicado para identificación de PCB..... | 67 |
| Figura N° 11: Resultados positivos al descarte de PCB | 68 |
| Figura N° 12: Número de equipos con PCB por rango de concentración | 69 |
| Figura N° 13: Peso de equipos contaminados con PCB según rangos (t) | 72 |
| Figura N° 14: Distribución de equipos contaminado con PCB según sector | 77 |
| Figura N° 15: Distribución de equipos contaminados con PCB según su estado | 77 |
| Figura N° 16: Distribución de peso de equipos descontaminados por empresa (t) | 80 |
| Figura N° 17: Distribución de peso de equipos exportados por empresa (t) | 82 |
| Figura N° 18: Distribución en peso de los equipos (t) que fueron sometidos a eliminación de PCB (tratamiento y exportación) | 83 |
| Figura N° 19: Diagrama del procedimiento | 94 |
| Figura N° 20: Proceso para preparación de muestras de aceite..... | 98 |

Índice de Fotografías

| | |
|--|----|
| Foto N° 1: Personal técnico recibiendo charlas de capacitación y con equipos de protección personal | 23 |
| Foto N° 2: Extracción de muestras de transformadores para análisis | 24 |
| Foto N° 3: Muestras de aceite dieléctrico para análisis | 24 |
| Foto N° 4: Resultado positivo al descarte de PCB con kits Clor-N-Oil..... | 25 |
| Foto N° 5: Equipo utilizado para el proceso de retrolenado | 28 |
| Foto N° 6: Preparación de equipos para el retrolenado..... | 29 |
| Foto N° 7: Vaciado por gravedad de equipos con PCB | 30 |
| Foto N° 8: Declorinadora de la empresa TREDI S.A..... | 32 |
| Foto N° 9: Manipulación de condensadores con PCB..... | 33 |
| Foto N° 10: Extracción de muestras | 38 |
| Foto N° 11: Análisis en el laboratorio de control ambiental de la DIGESA | 39 |
| Foto N° 12: Proceso de retrolenado en equipos con PCB | 40 |
| Foto N° 13: Transporte de equipos y cilindros con aceite con PCB..... | 42 |
| Foto N° 14: Planta de declorinación en funcionamiento | 43 |
| Foto N° 15: Preparación de cilindros con aceite PCB para exportación . | 44 |
| Foto N° 16: Equipos y cilindros en el depósito fiscal para ser colocados en los contenedores..... | 44 |
| Foto N° 17: Acondicionamiento de los equipos en el contenedor | 44 |
| Foto N° 18: Planta de incineración de TREDI en Saint Vulvas – Lyon, Francia | 45 |
| Foto N° 19: Manejo de transformadores con PCB | 72 |
| Foto N° 20: Equipos acondicionados para la exportación..... | 81 |
| Foto N° 21: Kit Clor-N-Oil | 91 |
| Foto N° 22: Tabla de colores para la determinación de PCB | 93 |
| Foto N° 23: Equipo Analyzer L2000DX | 97 |
| Foto N° 24: Verificar la extracción de 5 mL de muestra en tubo de ensayo | 97 |
| Foto N° 25: Traspaso de solución a frasco de medición con el electrodo | 98 |

Acrónimos

| | |
|-------------------|---|
| ARIS | Aris Industrial S.A. |
| CHAV | Proyecto Especial Chavimochic |
| CONAM | Consejo Nacional del Ambiente |
| COP | Contaminantes Orgánicos Persistentes |
| CRBAS | Centro Regional del Convenio de Basilea para América del Sur |
| DIGESA | Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria |
| DUKE | Duke Energy Egenor S. en C. por A. |
| EDN | EDELNOR S.A.A. |
| EDU | Electro Dunas S.A.A. |
| EGA | Empresa de Generación Eléctrica de Arequipa S.A. |
| EGM | Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A. |
| ELC | Electrocentro S.A. |
| ELN | Electronorte S.A. |
| ELO | Electro Oriente S.A. |
| ELP | Electroperú S.A. |
| ELS | Electrosur S.A. |
| ENO | Electronoroeste S.A. |
| EPU | Electro Puno S.A.A. |
| ESE | Electro Sur Este S.A.A. |
| EUC | Electro Ucayali S.A. |
| GEF | Global Environment Facility (Fondo Mundial para el Medio Ambiente) |
| HID | Hidrandina S.A. |
| MARSA | Minera Aurífera Retama S.A. |
| MINAM | Ministerio del Ambiente |
| MREE | Ministerio de Relaciones Exteriores |
| MTC/CAJ/ | Aeropuerto Mayor General FAP Armando Revoredo Iglesias de Cajamarca |
| MTC/CHI/ | Aeropuerto Internacional Capitán FAP José A. Quiñones de Chiclayo |
| MTC/CUS/ | Aeropuerto Internacional Alejandro Velasco Astete del Cusco |
| MTC/IQT/ | Aeropuerto Internacional Coronel FAP Francisco Secada de Iquitos |
| MTC/JUL/ | Aeropuerto Internacional Inca Manco Cápac de Juliaca |
| MTC/LAP/ | Aeropuerto Internacional Jorge Chávez de Lima |
| MTC/TTP/ | Aeropuerto Cadete FAP Guillermo del Castillo Paredes de Tarapoto |
| ONUDI | Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial |
| OSINERG | Organismo Supervisor para la Inversión en Energía |
| OSINERGMIN | Organismo Supervisor para la Inversión en Energía y Minería |
| PCB | Bifenilos Policlorados |
| PNUMA | Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente |
| SEA | Sociedad Eléctrica del Sur Oeste S.A. |
| SEDAPAL | Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima SEDAPAL |
| SENASA | Servicio Nacional de Sanidad Agraria |
| SHO | Shougang Hierro Perú S.A.A. |
| SNP | SN Power Perú S.A. |
| TRUPAL | Trupal S.A. |

Presentación

El Perú ha ratificado el Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes y por ello, elaboró su Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo (PNI-COP Perú), a fin de adoptar medidas para eliminar y reducir la presencia de COP y por tanto, lograr los objetivos del Convenio de Estocolmo.

El PNI-COP Perú contiene el Plan de Acción de los Bifenilos Policlorados, cuyos objetivos estratégicos son la base para el establecimiento de los objetivos del Proyecto “Manejo y Disposición Ambientalmente Racional de Bifenilos Policlorados en el Perú (Proyecto PCB), ejecutado por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI/UNIDO) y la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DIGESA) del Ministerio de Salud de la República del Perú.

Dos de los objetivos del Proyecto PCB son el inventario y etiquetado de 10 000 equipos eléctricos que contengan aceite dieléctrico y; la eliminación ambientalmente racional de 1 000 toneladas de equipos y residuos que contengan PCB. El primer objetivo fue logrado en un 160%, en tanto, que si bien no se halló la cantidad de PCB esperada, la cantidad encontrada sugiere la hipótesis de que en el país no se adquirieron muchos equipos con PCB, situación que representa un menor riesgo.

Tanto las entidades socias (Ministerio del Ambiente -MINAM, Ministerio de Energía y Minas -MINEM, Ministerio de la Producción -PRODUCE, Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental -OEFA, Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado - FONAFE, Superintendencia Nacional de Administración Tributaria -SUNAT/ADUANAS, DIGESA y la organización Promoción del Desarrollo Sostenible -IPES), como las empresas socias (principalmente del sector eléctrico), participaron activamente en las actividades de capacitación para la realización del inventario y eliminación de PCB, lo cual se evidencia en el interés suscitado por el tema y particularmente por el esfuerzo que vienen haciendo varias empresas eléctricas en elaborar sus Planes de Gestión y culminar sus inventarios de PCB.

El Proyecto PCB ha puesto en relevancia el riesgo que significan los PCB, por tanto, hacer evidente la necesidad de adoptar medidas reglamentarias para prohibir el uso, importación de equipos con PCB, identificar las fuentes y eliminarlas dentro de los plazos previstos por el Convenio de Estocolmo.

Las actividades de inventario y eliminación ejecutadas de manera conjunta (Proyecto y empresas socias), han constituido una gran oportunidad de demostrar que el trabajo coordinado ha permitido eliminar la mayor cantidad de los PCB identificados, tanto en existencias como en residuos. En las empresas eléctricas socias, se realizó al 100% la eliminación de PCB.

El trabajo realizado con las empresas y el que vienen realizando actualmente, permiten señalar con satisfacción que es probable que la mayor parte de las empresas culminen sus inventarios antes del 2025.

Resumen Ejecutivo

El Proyecto “Manejo y Disposición Ambientalmente Racional de Bifenilos Policlorados” ejecutado por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial – ONUDI y la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria – DIGESA del Ministerio de Salud, realizó entre el 2011 y 2016, el inventario fuentes y eliminación de PCB.

Se evaluaron 15 912 equipos (12 127,4 toneladas de peso bruto), entre transformadores, condensadores y tambores con aceite, tomando muestras que fueron analizadas utilizando procedimientos combinados de detección con kits, equipo Dexsil L2000DX y análisis en laboratorio con cromatografía de gases. La evaluación también consideró, en el caso de los condensadores, la información de placa. Esta evaluación se realizó en 30 empresas (17 del subsector electricidad, 7 instalaciones aeroportuarias del sector transportes, 3 del sector industrial, 2 del sector minero y 1 empresa del sector de saneamiento de agua potable).

El inventario fue realizado en todos los departamentos del país, el 10% estaban ubicados en Junín. El 44% de los equipos fueron fabricados por ABB, Brown Boveri Industrial Canepa Tabini S.A. y Delcrosa y el 5,1% no tenían datos de placa o no era legibles. Asimismo, el 16% de éstos fueron fabricados antes de 1983, el 73% después de 1983, en tanto que el 12% no contaba con la información de fecha de fabricación.

Del total de equipos evaluados, 309 equipos que representan el 1,9% del total, contenían PCB en concentraciones mayores a 50 ppm (15 del subsector electricidad, 3 instalaciones aeroportuarias del sector transportes, 2 del sector industrial y 1 del sector minero).

El 58,3% de equipos contaminados contenían entre 50 a 500 ppm de PCB, por lo que se deduce que se trata de contaminación cruzada producida en las operaciones de mantenimiento, que en peso bruto significa el 37,4%; en tanto que el 61,9% del peso bruto tenía concentraciones mayores a 5000 ppm o PCB puro.

No todas las existencias identificadas con PCB fueron descontaminadas o eliminadas por el proyecto, sobretodo en el sector industrial, toda vez que los equipos no pudieron ser reemplazados y continúan operando bajo especiales medidas de control. En el 100% de los equipos del sector eléctrico se eliminaron los PCB, mediante procesos de descontaminación por retrolenado y dechlorinación y se exportaron a Francia para la incineración de los residuos con concentraciones mayores a los 3000 ppm, en la planta de TREDI ubicada en Saint Vulvas, Lyon.

Se valorizaron las actividades de inventario de PCB en 1 806 413 USD, que las empresas hubieran tenido que gastar, sin el Proyecto. Se debe resaltar el trabajo conjunto empresa-proyecto realizado durante el muestreo que se ha estimado en 393 046 USD, que es considerado como una contrapartida nacional.

Durante estas actividades hubo capacitación continua tanto para tomadores de decisiones como personal técnico, lo que permitió que todas las actividades se llevaran a cabo adoptando las mejores prácticas ambientales, así como de seguridad e higiene ocupacional, y no se tuvo ningún accidente, ni incidente.

Executive Summary

Between 2011 and 2016 an inventory of sources and disposal of PCB was carried out under the Project "Environmentally Sound Management and Disposal of PCBs", implemented by the United Nations Industrial Development Organization – UNIDO and the General Directorate of Environmental Health and Food Safety – DIGESA of the Ministry of Health.

15 912 pieces of equipment (12 127.4 tons in gross weight) were assessed, comprising of transformers, capacitors, and oil drums. Samples were analyzed using combined procedures which included field test kits, Dextsil L2000DX, and laboratory gas chromatography analysis. The assessment also considered, in the case of capacitors, plate information. Equipment from 30 companies (17 from the electricity subsector, 7 airport facilities from the transport sector, 3 from the industrial sector, 2 from the mining sector, and 1 from the sanitation and drinking water sector) was assessed for the inventory.

The inventory was carried out nationwide in all departments of Peru, with 10% of the companies assessed located in the department of Junin. 44% of the equipment was manufactured by ABB, Brown Boveri Industrial Canepa Tabini S.A. and Delcrosa. 5.1% did not have plated information or the information on the plate was not legible. 16% was manufactured before 1983, 73% after 1983 and 12% did not have a manufacturing date.

From all the equipment assessed, 309 pieces of equipment, representing 1.9% of the total, contained PCB concentrations over 50 ppm (15 from the electricity subsector, 3 airport facilities from the transport sector, 2 from the industrial sector, and 1 from the mining sector).

58.3% of contaminated equipment contained PCB concentrations between 50 and 500 ppm, which suggests cross contamination resulting from maintenance operations. In gross weight, this represents 37.4%. Also, in terms of gross weight, 61.9% had concentrations greater than 5000 ppm or had pure PCB.

Not all stock identified with PCB were decontaminated or disposed of within the framework of the Project. This was particularly the case for equipment from the industrial sector, as said equipment could not be replaced or was still operating under special control measures. PCBs were eliminated from 100% of the equipment from the electricity subsector through decontamination processes by means of refilling and dechlorination. Equipment with PCB concentrations over 3000 ppm was also exported as waste to France to be incinerated at the TREDI plant in Saint Vulvas, Lyon.

Activities related to the PCB Inventory, and that participating companies would have had to invest without the assistance of the Project, were valued at USD 1 806 413. The joint partnership Company-Project carried out during the sampling process should be highlighted, as it amounts to USD 393 046 in national co-financing.

During these activities, continues training was provided to decisions makers, as well as technical personnel. This allowed that all activities were carried out adopting the best environmental practices, as well as safety and occupational hygiene measures, and that no accidents or incidents took place during the Project.



01

Antecedentes

1.1 Generalidades

El Perú ratificó el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) mediante D.S. N° 067-2005-RE el 10 agosto de 2005. Los Bifenilos Policlorados (PCB) son sustancias COP peligrosas que están incluidas dentro del Convenio de Estocolmo, por lo que el país debe adoptar medidas para reducir o eliminar las liberaciones derivadas de la producción y utilización intencionales.

En el Anexo A, Parte II del Convenio de Estocolmo se establece que cada Parte deberá adoptar medidas con respecto a la eliminación del uso de Bifenilos Policlorados en equipos, a más tardar en el 2025, realizando esfuerzos por identificar, etiquetar y retirar de uso todo equipo que contenga PCB; asimismo, señalar que se debe realizar esfuerzos decididos para lograr una gestión ambientalmente racional de desechos de los líquidos que contengan PCB y de los equipos contaminados con PCB, tan pronto como sea posible, pero a más tardar el 2028.

La Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), a finales del 2007, inició la coordinación con la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DIGESA), el Ministerio de Relaciones Exteriores (MREE) y el Consejo Nacional del Ambiente – CONAM (hoy Ministerio del Ambiente -MINAM), para desarrollar en el Perú el proyecto “Manejo y Disposición Ambientalmente Racional de PCB”. En marzo de 2009, el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF) aprobó el perfil y se desarrolló del proyecto definitivo, el mismo que fue remitido a ONUDI/GEF en octubre del 2009 siendo aprobado por el GEF en julio del 2010 y en noviembre de ese mismo año, inicia sus actividades.

El Proyecto “Manejo y Disposición Ambientalmente Racional de Bifenilos Policlorados en el Perú” (Proyecto PCB) tiene como objetivo general establecer prácticas adecuadas del manejo ambiental para PCB y aumentar la eliminación progresiva y la disposición de equipos y residuos que contienen PCB, enfocándose en las compañías eléctricas (empresas de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica) y los usuarios principales de la electricidad en Perú, con lo cual se reduciría gradualmente la liberación de PCB en el ambiente y por lo tanto el riesgo de daño a la salud humana.

Uno de los objetivos específicos del Proyecto PCB es la realización del inventario y etiquetado de 10 000 equipos eléctricos que contengan aceite dieléctrico, con esta finalidad se planificaron actividades de capacitación, muestreo, descarte y análisis cromatográfico en muestras de aceite dieléctrico.

Como conclusión del Evento – Taller denominado “Revisión y Ajuste del Proyecto - Manejo y Disposición Ambientalmente Racional de Bifenilos Policlorados” llevado a cabo en agosto de 2013, se decidió ampliar el inventario y etiquetado de equipos en un 20% con la finalidad de contar con un espectro más representativo del universo orientándose el muestreo con prioridad en las actividades de generación, transmisión e incluir a otras empresas de actividad industrial y entidades del Estado que pudieran tener fuentes de PCB. A este proceso se denominó Inventario Complementario.

Con esta decisión se logró un inventario de 15 912 equipos que son objeto del presente reporte, sobrepasando la meta inicialmente prevista en 59%.

En el proceso se identificaron 309 equipos con PCB con concentraciones iguales o mayores a 50 ppm, de los cuales una gran parte ha sido eliminada por el proyecto mediante tecnologías probadas en otros países de la región.

1.2 Inventarios y eliminación de PCB ejecutados antes del proyecto

Antes de la ejecución del presente Proyecto, algunas entidades del país llevaron a cabo inventarios de PCB y la eliminación de PCB en existencias y residuos en empresas de varios sectores productivos que a continuación consignamos como antecedentes importantes a tener en cuenta y que sumados a los resultados del Proyecto constituyen un avance en los compromisos de identificar, eliminar los PCB y reducir el riesgo que estas sustancias peligrosas implican para el medio ambiente y principalmente para las personas.

1.2.1 Inventario nacional de bifenilos policlorados

El Inventario preliminar se realizó dentro del marco del Proyecto GEF/PNUMA N°2328 – 2761 – 4747 ejecutado por el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM), la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) y el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) durante el 2006.

El trabajo del "Inventario Nacional de Bifenilos Policlorados", se desarrolló entre junio del 2005 y febrero del 2006 en el marco del Proyecto "Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) en el Perú", en base al cual se elaboró el Plan de Acción para los PCB (respondiendo a lo estipulado en el Convenio de Estocolmo ratificado por nuestro país, mediante D.S. N° 067-2005-RE del 10.08.2005.

El objetivo principal de este Inventario fue de conocer las existencias, entiéndase equipos y residuos que contengan PCB y definir el problema y su distribución en el Perú, a fin de no enfocar la atención en obtener sólo datos cuantitativos, sino determinar qué sectores presentaban mayores riesgos de poseer PCB; así mismo, establecer cuál era la fuente de contaminación de los aceites y equipos, determinar la realidad de las empresas fabricantes y de servicios de mantenimiento nacionales, que necesidades se tenían y con qué se contaba en esa oportunidad para hacer frente al problema.

La información se recopiló mediante encuestas que fueron distribuidas a las entidades productivas de país obteniéndose de esta manera los datos que se reportaron es esa oportunidad. Para esto, además, se tomaron los resultados de la Encuesta al subsector eléctrico que el Organismo Supervisor para la Inversión en Energía –OSINERG facilitó (2004).

Los resultados que se obtuvieron son los siguientes:

- Se reportaron 109 los equipos declarados contaminados con PCB. Los sectores Industria (64,2%) y Minería (14,7%) son los que tenían mayor número, sin embargo, el sector Minero contaba con una mayor cantidad de aceite contaminado con PCB (30 636 kg), seguido del sector Industrias con 24 638,4 kg. El 78% de éstos se encontraban en Lima, perteneciendo el 73% al sector Industria, luego está Pasco (14,7%), cuyos equipos pertenecen a dos empresas mineras.
- En cuanto al estado operativo de estos equipos (109), el 56,9% se encontraban en funcionamiento, perteneciendo el 62,9% al sector industria. El 28,4% de estos equipos estuvieron en situación de almacenados para desecho, ubicándose el 51,6% en el sector Industria.
- Referente a las condiciones de ubicación, el 65,1% de los equipos contaminados se encontraban ubicados en ambientes techados y cerrados, de ellos el 53,5% pertenecieron al sector Industria. Asimismo, el 30,3% de equipos contaminados se encontraban al aire libre y sobre piso de tierra, la mayoría (94%) del sector Industria y pertenecientes a una sola empresa.

- Por otro lado, cerca del 80% de los equipos contaminados no habían tenido hasta ese momento ningún mantenimiento, ubicándose en el sector industrias el 73,3% de estos equipos.

Sobre las existencias posiblemente contaminadas con PCB que se refieren a los equipos que forman parte de las aplicaciones cerradas de PCB y que no contaban con un descarte de PCB, se registró a 1 583 equipos distribuidos de la siguiente manera:

- En el sector industria se encontraba el 73,5%,
- En el sector Hidrocarburos, el 11,9%.

El mayor porcentaje (39,3%) del total de equipos corresponde a capacitores, seguido de los transformadores en un 37,0%.

- Respecto a su localización, el 65,8% se encontraban en la capital, correspondiendo al sector Industrias el 93,9% de esta cantidad. Luego sigue el departamento de Piura (15,1%), de los cuales el 51,5% de estos equipos pertenecía al sector Hidrocarburos. En tercer lugar se ubicó Ancash con el 9%, de esta cantidad, el 72,5% de esta proporción dentro del sector minero y el 22,5% en el sector pesquero.

En relación al peso de aceite posiblemente contaminado, se estimó en 312,784 t, con un 83,5% en el sector Industrias y un 55,3% de esta cantidad en Lima. En el sector Hidrocarburos el 10% (en Piura se localizó el 59,3%) y Pesquería un 6,4% (distribuidos principalmente en los departamentos de Ancash, Ica y Lima).

Se concluyó además en dicho documento, que una gran cantidad de equipos (1 242) no declaraban el peso del aceite, principalmente en el sector Industrias con el 76,6% de este total, Minería con el 8,2%, y Pesquería e Hidrocarburos con el 7,5%, cada uno.

Respecto al estado operativo, el 83,7% de los equipos se encontraban en funcionamiento, de los cuales en su mayoría (75,4%) pertenecían a Industrias. En almacenamiento para desecho se encontraba tan sólo un 1% del total, todos en este sector. El 7,0% del total de equipos no declararon su estado actual o condición de operatividad.

Sobre las condiciones de ubicación, el 63,6% se encontraban en un almacén bajo techo y en un recinto cerrado, en su mayoría (90%) correspondiente al sector Industrias. Un 26,3% se encontraba en recinto cerrado o al aire libre pero con piso de cemento.

Respecto a las condiciones de mantenimiento, el 27,2% no habían tenido ningún mantenimiento (rellenado, cambio o tratamiento de aceite) y el 42,3% no declaró si habían tenido algún tipo de mantenimiento, siendo el sector industrial con mayor presencia con el 71,5%.

Entre los equipos que habían realizado relleno (7,7%) o cambio de aceite (10,0%), para el primer caso un 30,3% y para el segundo 22,5%, no conocían el tipo del nuevo aceite utilizado, lo que indica el reducido grado de control sobre su mantenimiento.

Respecto a los residuos contaminados con PCB, sólo 26 instalaciones declararon poseer algún tipo de residuo.

Las declaraciones en relación al aceite dieléctrico usado se enmarcaron dentro aquellos con marcas reconocidas como libres de PCB; también informaron que los aceites usados eran destinados a plantas de tratamiento, para procesos productivos de planta o para comercialización, se puso en evidencia la posibilidad de una práctica peligrosa de destinarse a regeneración o a la quema como combustible alternativo.

Respecto al subsector eléctrico, se reportó los resultados de su Inventario 2004:

- El total de equipos declarados fueron de 44 839, pertenecientes a 39 empresas tanto de generación (17), transmisión (7) y de distribución (15).
- Las empresas de distribución (con subestaciones de media y baja tensión) concentraban el 97,6% de los equipos declarados por el subsector eléctrico y por

lo tanto el 62% de la cantidad de aceite total (no necesariamente contaminado), estimado en 10 823 t.

En relación a la posibilidad de contener PCB y de acuerdo a la clasificación de OSINERG se concluyó:

- El 99,6% (del total de 44 839 unidades) se calificaron como equipos por definir, de los cuales el 97,9% eran de distribución. Esto puso en evidencia que el inventario de PCB en el sector eléctrico estaba íntegramente por ejecutar.
- Sólo un 0,3% de los equipos (120 unidades) se categorizaron sin PCB (<5 ppm), concentrándose la mayor parte en las empresas de generación (equipos en los cuales se había realizado un análisis de PCB).
- Del total, sólo 24 equipos fueron declarados como con PCB con una concentración mayor a 50 ppm, perteneciendo en un 88% a equipos de generación de dos empresas eléctricas.
- Se concluyó en esa oportunidad, que el total de peso de aceite con PCB era de 80,558 t (24 unidades) de los cuales el 93% estaban en poder de una empresa de generación y una de transmisión. No se consignó PCB en las empresas de distribución.

Con respecto al registro de residuos con PCB, al igual que en los sectores productivos fueron limitadas las declaraciones, registrándose 27 231 kg de aceite dieléctrico como desecho, procedentes de seis empresas y correspondiendo a una sola empresa el 47% del total con 12,81 t.

1.2.2 Inventario acotado del sector minería

En julio del 2012, se elaboró el "Inventario físico de aplicaciones cerradas de PCB" dentro del marco del proyecto "CRBAS – FMAM/PNUMA "Mejores Prácticas para el Manejo de PCB en el Sector Minero Sudamericano", ejecutado por el Ministerio del Ambiente y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

Esta actividad se llevó a cabo mediante la selección de una muestra acotada de los equipos de transformación de 8 empresas del Sector Minería y 21 unidades de producción. Ver Tabla N° 1.

El número de muestras extraídas y analizadas fueron de 674 equipos con un peso de 1 441,7 t (equipo con aceite).

Adicionalmente se tomaron 29 muestras de suelos a las cuales se les aplicó el descarte de PCB con un resultado de 5 muestras positivas.

Tabla N° 1: Inventario físico en 8 empresas mineras del Perú

| Empresa | Unidad | N° de muestras |
|------------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| Cemento Andino S.A. | Fábrica de Cemento de Condorcocha | 5 |
| Minera Aurífera Retama S.A. (MARS) | Unidad Minera San Andrés | 128 |
| Compañía Minera MILPO S.A.A. | Unidad Minera Añacocha | 42 |
| | Unidad Minera El Porvenir | 67 |
| Compañía Minera Santa Luisa S.A. | Unidad Minera Huanzála | 70 |
| | Unidad Minera Pallca | 19 |
| Compañía Minera Poderosa S.A. | Unidad Minera Pataz | 50 |
| Compañía de Minas Buenaventura | Unidad Minera Uchucchacua | 72 |
| | Unidad Minera Paula | 18 |

Tabla N° 1: Inventario físico en 8 empresas mineras del Perú

| Empresa | Unidad | N° de muestras |
|---|-----------------------------|----------------|
| Compañía de Minas Buenaventura | Unidad Minera Shila | 3 |
| | Unidad Minera Antapite | 21 |
| | Unidad Minera Caravelí | 6 |
| | Unidad Minera Recuperada | 23 |
| | Unidad Minera La Zanja | 6 |
| | Unidad Minera Poracota | 18 |
| | Unidad Minera Colquirrumi | 12 |
| | Unidad Minera Orcopampa | 70 |
| | Unidad Minera Julcani | 19 |
| | Unidad Minera Tantahuatay | 19 |
| Southern Perú Copper Corporation S.A.C. | Unidades de Ilo y Toquepala | 6 |
| Total | | 674 |

La metodología aplicada para este inventario fue la siguiente:

- Extracción de muestras en un volumen de 50 mL utilizando los procedimientos desarrollados por el Proyecto “Mejores Prácticas para el Manejo de PCB en el Sector Minero Sudamericano”.
- Descarte de PCB utilizando el kit Clor-N-Oil de 50 ppm de Dexsil Corporation.
- Las muestras con resultados positivos fueron analizadas en el laboratorio de la DIGESA mediante Cromatografía de Gases con detección por captura de electrones para la confirmación y cuantificación de la concentración de PCB.

Del total de muestras analizadas (674 muestras) se obtuvieron 63 muestras positivas al análisis colorimétrico, es decir con probabilidad de contener PCB en una concentración mayor a 50 ppm. Esto significa que el 9,3% de equipos dieron positivo a la presencia de PCB.

Tabla N° 2: Muestras de aceite dieléctrico analizadas

| | |
|-------------------------------------|-----|
| Número de equipos analizados | 674 |
| Positivos | 63 |
| Negativos | 611 |

Tabla N° 3: Resultados del descarte con kit Clor-N-Oil

| Empresa | Total | Positivos | Negativos | % |
|---|------------|-----------|------------|-------------|
| Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. | 268 | 12 | 256 | 4,5% |
| Cemento Andino S.A. | 5 | 1 | 4 | 20,0% |
| Coimolache S.A. | 19 | | 19 | 0,0% |
| Minera Aurífera Retamas S.A. -MARSA | 128 | 9 | 119 | 8% |
| Compañía Minera Milpo S.A.A. -MILPO | 109 | 18 | 91 | 16,5% |
| Compañía Minera Poderosa S.A. | 50 | 7 | 43 | 14,0% |
| Compañía Minera Santa Luisa S.A. | 89 | 16 | 73 | 18,0% |
| Southern Perú Copper Corporation S.A.C. | 6 | 0 | 6 | 0,0% |
| Total | 674 | 63 | 611 | 9,3% |

Estas 63 muestras fueron analizadas por Cromatografía de Gases por la DIGESA con resultado confirmado de 14 equipos con más de 50 ppm, que representa el 2,1% de los equipos muestreados y el 22% de los que resultaron positivos al descarte de PCB.

El peso de los 14 equipos con PCB es de 49,4 t, los que fueron tratados por dechlorinación en una planta operada por Kioshi Perú S.A. instalada en la Unidad Minera Atacocha de la empresa Milpo S.A. durante el 2014. El listado se puede apreciar en la Tabla N° 4.

Las muestras de suelo que se tomaron corresponden a las empresas MILPO, (unidades de El Porvenir y Atacocha), Cemento Andino S.A. y Southern Peru Copper Corporation.

Los resultados del descarte realizado mostraron cuatro sitios que posiblemente están contaminados con concentraciones de PCB por encima de 50 ppm como se muestra en la Tabla N° 5.

Tabla N° 4: Listado de equipos contaminados con PCB y tratados mediante dechlorinación

| N° | Empresa | Unidad | Potencia (kVA) | Marca | N° de serie | Peso Total (kg) | Año | País | Suma de Arocloros (mg/kg) |
|----|--------------|-------------|----------------|------------------|-------------|-----------------|------|------|---------------------------|
| 1 | Buenaventura | Uchucchacua | 1000 | Delcrosa | 123074T2 | 3 300 | 1983 | Perú | 59,7 |
| 2 | Buenaventura | Uchucchacua | 250 | ABB | WT1005 | 2 500 | 2001 | Perú | 60,1 |
| 3 | Buenaventura | Colquirumi | 125 | General Electric | B-473171 | 2 000 | 1977 | USA | 47,3 |
| 4 | MILPO | Atacocha | 500 | General Electric | 8638809 | 3 130 | 1952 | USA | 190,57 |
| 5 | MILPO | Atacocha | 500 | General Electric | S/N | 3 130 | ND | USA | 214,93 |
| 6 | MILPO | Atacocha | 561 | General Electric | F958033A | 5 535 | 1952 | USA | 570,47 |
| 7 | MILPO | Atacocha | 500 | General Electric | 8631051 | 3 085 | 1952 | USA | 134,02 |
| 8 | MILPO | Atacocha | 500 | General Electric | 8631052 | 3 085 | 1952 | USA | 96,57 |
| 9 | MILPO | Atacocha | 561 | General Electric | F958033B | 5 535 | 1952 | USA | 811,27 |
| 10 | MILPO | Atacocha | 561 | General Electric | F958033C | 5 535 | 1952 | USA | 820,45 |
| 11 | MILPO | Atacocha | 561 | General Electric | F958033C | 5 535 | 1952 | USA | 788,01 |
| 12 | MILPO | Atacocha | 500 | General electric | 8638810 | 3 130 | 1952 | USA | 361,78 |
| 13 | Santa Luisa | Huanzalá | 150 | ND | 745121 | 860 | ND | Perú | 203,54 |
| 14 | Poderosa | Pataz | 1300 | Oerlikon | 831057T01-1 | 3 000 | 1996 | ND | 95,54 |

Tabla N° 5: Resultado de descarte de PCB en muestras de suelo

| N° | Empresa | Unidad | Lugar | Zona | Resultados |
|----|----------------------------------|-----------|----------------|-----------------------|------------|
| 1 | Milpo | Atacocha | Planta Chicrin | Molinos 3MVA EPLI SAC | Positivo |
| 2 | Milpo | Atacocha | SE 3 | Nv 3540 | Positivo |
| 3 | Milpo | Atacocha | SE 2 | Nv 3420 Crucero 7946 | Positivo |
| 4 | Southern Peru Cooper Corporation | Toquepala | Almacén PCB | AP-S-1A | Positivo |

1.2.3 Inventario de PCB realizado por iniciativa propia

No obstante que no se tiene una reglamentación que disponga la obligación de realizar un inventario de PCB, algunas empresas efectuaron en el periodo del 2006 al 2009, descarte y análisis de PCB de los cuales se tiene registrado un número de 1 721 muestras que corresponden a las siguientes empresas:

Tabla N° 6: Resultado del descarte y/o análisis de PCB realizado por iniciativa propia de las empresas

| Empresa | Resultados Negativos | Resultados Positivos | Total |
|----------------------|----------------------|----------------------|--------------|
| Cemento Andino S.A. | 113 | 1 | 114 |
| EGASA | 5 | | 5 |
| EGEMSA | 11 | | 11 |
| Electro Oriente S.A. | 47 | 19 | 66 |
| Electro Puno S.A.A. | 7 | 1 | 8 |
| Electro Ucayali S.A. | 53 | 13 | 66 |
| Electronorte S.A. | 273 | 114 | 387 |
| Electrosur S.A. | 172 | 14 | 186 |
| ENERSUR | 3 | | 3 |
| Hidrandina S.A. | 423 | 32 | 455 |
| Kallpa | 2 | | 2 |
| Luz del Sur S.A. | 12 | | 12 |
| MAREI | 17 | 1 | 18 |
| REP | 6 | 1 | 7 |
| SEAL | 18 | 2 | 20 |
| W&L | 332 | 29 | 361 |
| Total general | 1 494 | 227 | 1 721 |

Los resultados fueron obtenidos mediante el uso del kit Clor-N-Oil® de 50 ppm y el Analyzer L2000DX®. Como se puede observar, 227 resultaron positivos lo que quiere decir que los equipos de los cuales provienen las muestras probablemente contienen PCB que significa el 13,19% del total de equipos evaluados. No se tiene conocimiento que estas muestras hayan sido sometidas a cromatografía de gases o que se hayan aplicado alguna medida de gestión sobre los equipos.

1.2.4 Descarte de PCB en 100 muestras de cinco lugares distintos efectuado por OSINERGMIN

Se sabe que algunas empresas fueron partícipes de un Programa Piloto de Descarte de PCB llevado a cabo por OSINERGMIN el año 2010 en 100 muestras de aceite dieléctrico de transformadores.

Tabla N° 7: Resultado del descarte de PCB en 100 transformadores

| Departamento | Empresa | Equipos Analizados | Positivo (> 50 ppm) | Total | % positivos por localización |
|--------------|-------------|--------------------|---------------------|-------|------------------------------|
| Arequipa | SEAL | 20 | 2 | 2 | 18 |
| | EGASA | 5 | 0 | | |
| Lima | ENERSUR | 3 | 0 | 0 | 0 |
| | KALLPA | 2 | 0 | | |
| | LUZ DEL SUR | 12 | 0 | | |

Tabla N° 7: Resultado del descarte de PCB en 100 transformadores

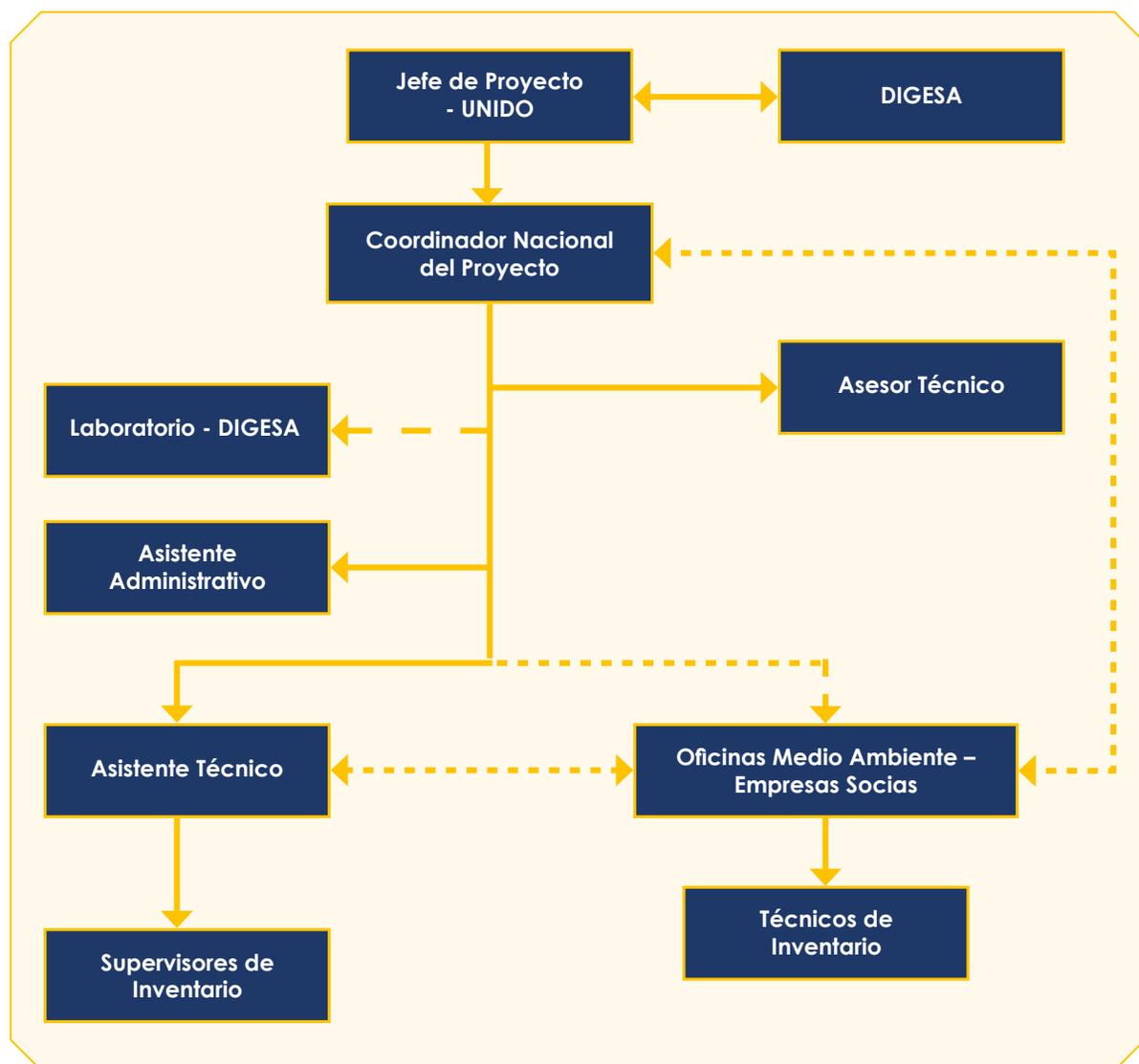
| Departamento | Empresa | Equipos Analizados | Positivo (> 50 ppm) | Total | % positivos por localización |
|--------------|----------------|--------------------|---------------------|-----------|------------------------------|
| La Libertad | HIDRANDINA | 16 | 0 | 1 | 9 |
| | REP □ Trujillo | 4 | 1 | | |
| Lambayeque | ELECTRONORTE | 27 | 7 | 7 | 64 |
| | REP □ Chiclayo | 3 | 0 | | |
| Puno | ELECTROPUNO | 8 | 1 | 1 | 9 |
| Total | | 100 | 11 | 11 | 100 |

Los resultados han sido obtenidos utilizando los kits de descarte de PCB Clor-N-Oil® de 50 ppm. El 11% de las muestras resultaron positivas las que deberían ser confirmadas por análisis de Cromatografía de Gases.

02

Organización del proyecto

Para la conducción de las actividades del Proyecto y especialmente para la ejecución del inventario se contó con el siguiente esquema:





03

Metodologías aplicadas

Durante el desarrollo de las actividades del Proyecto se ha considerado fundamental la transferencia de conocimiento y tecnología con la finalidad de preparar a los técnicos peruanos y profesionales de las entidades comprometidas para que se continúe con las prácticas adecuadas para gestión de existencias y residuos con PCB.

Para ello, antes y durante todas las etapas del Proyecto se han llevado a eventos de capacitación en Lima y varias regiones del país donde Autoridades del Estado, personal de empresas privadas, entidades académicas y sociedad civil, han tenido acceso a la capacitación para la gestión de PCB (inventario, almacenamiento, transporte, tratamiento, eliminación, etc.).

Foto N° 1: Personal técnico recibiendo charlas de capacitación y con equipos de protección personal



3.1 Primera etapa del inventario de PCB

En la primera etapa de ejecución del inventario, se decidió que la metodología a aplicarse para la determinación de PCB sería un descarte de PCB utilizando el Analyzer L2000DX® de la empresa DEXSIL Corporation, para luego a través del análisis cromatográfico realizar la confirmación y determinación de la concentración para cada uno de los Arocloros (1242, 1254 y 1260).

Se inició el inventario de 956 muestras con un número de resultados positivos de 358 muestras (que representan el 37,45%). Estas muestras con resultados positivos fueron sometidas a análisis de cromatografía de gases de los cuales 14 fueron confirmadas con valores por encima de 50 ppm, es decir el 3,9% de los positivos y 1,5% de la muestra inicial (956 equipos).

Ante estos resultados, se decidió que el resto del inventario se realice utilizando el análisis de cromatografía de gases.

En adelante, 9 701 muestras fueron analizadas por Cromatografía de Gases con detección por captura de electrones en el laboratorio de la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria del Ministerio de Salud (DIGESA).

Los análisis se realizaron usando el procedimiento de ensayo "Determinación de PCB en aceites dieléctricos (validado) con referencia al ASTM D4059-00 (2010)", con el cual se obtuvo la acreditación ante el INACAL para analizar esta matriz (2015).

Foto N° 2: Extracción de muestras de transformadores para análisis



En la primera etapa del inventario se realizó un muestreo adicional (entre abril a junio del 2013) a 1 016 equipos, que se analizaron mediante cromatografía de gases.

En total, la primera etapa del inventario de PCB en el Proyecto se culminó con 10 717 muestras.

Foto N° 3: Muestras de aceite dieléctrico para análisis



3.2 Segunda etapa del inventario de PCB

En la segunda etapa del inventario denominada Inventario Complementario se aplicó una diferente estrategia, con los siguientes pasos:

- Determinación del número de equipos a incluirse en el proceso de inventario
- Capacitación y orientación para la extracción de muestras y remisión de las mismas para su análisis
- Extracción de muestras de aceite dieléctrico por parte de las empresas socias del Proyecto.
- Descarte de PCB utilizando el kit Clor-N-Oil® de 50 ppm con determinación colorimétrica, los que fueron proporcionados por el Proyecto.
- Análisis de las muestras que resultaron positivas en el descarte, por Cromatografía de Gases con detección por captura de electrones en el laboratorio de la DIGESA.

En esta segunda etapa (denominada inventario complementario) se realizó el muestreo a 2 501 equipos aplicándoseles el descarte de PCB más la cromatografía de gases confirmatoria y cuantificando la presencia de PCB.

Adicionalmente, algunas empresas de manera voluntaria continuaron con el inventario de sus equipos, realizando el descarte de PCB a 2 694 muestras. El Proyecto apoyó con la cromatografía de gases de los resultados positivos al descarte.

Con ello se completó las 15 912 muestras procesadas hasta el mes de julio del 2016.

Foto N° 4: Resultado positivo al descarte de PCB con kits Clor-N-Oil



3.3 Eliminación ambientalmente racional de PCB

Tanto el Convenio de Basilea como el de Estocolmo promueven la prevención y minimización de los desechos, aunque en el Convenio de Estocolmo se propone la eliminación completa de los compuestos de PCB, por ello es que existen plazos establecidos (al 2025, la identificación de PCB en equipos transformadores y capacitores, y al 2028 la eliminación de los PCB contenidos en éstos).

Teniendo en cuenta lo establecido en ambos convenios, se denomina Eliminación Ambientalmente Racional de PCB al conjunto de operaciones, procesos o técnicas que pueden o no conducir a la recuperación de recursos, reciclado, regeneración, reutilización directa u otros usos de las existencias o residuos que sean, contengan o estén contaminados con PCB, para incrementar sus posibilidades de aprovechamiento y/o valorización y reducir los riesgos para la salud humana y el ambiente.

Los procesos para la eliminación ambientalmente racional de PCB se basan en los siguientes principios:

- Reducir los residuos generados
- Reducir el transporte de existencias y residuos con PCB
- Reutilizar los equipos descontaminados
- Reciclaje de residuos descontaminados

Teniendo en cuenta estos principios, se tienen dos procesos generales:

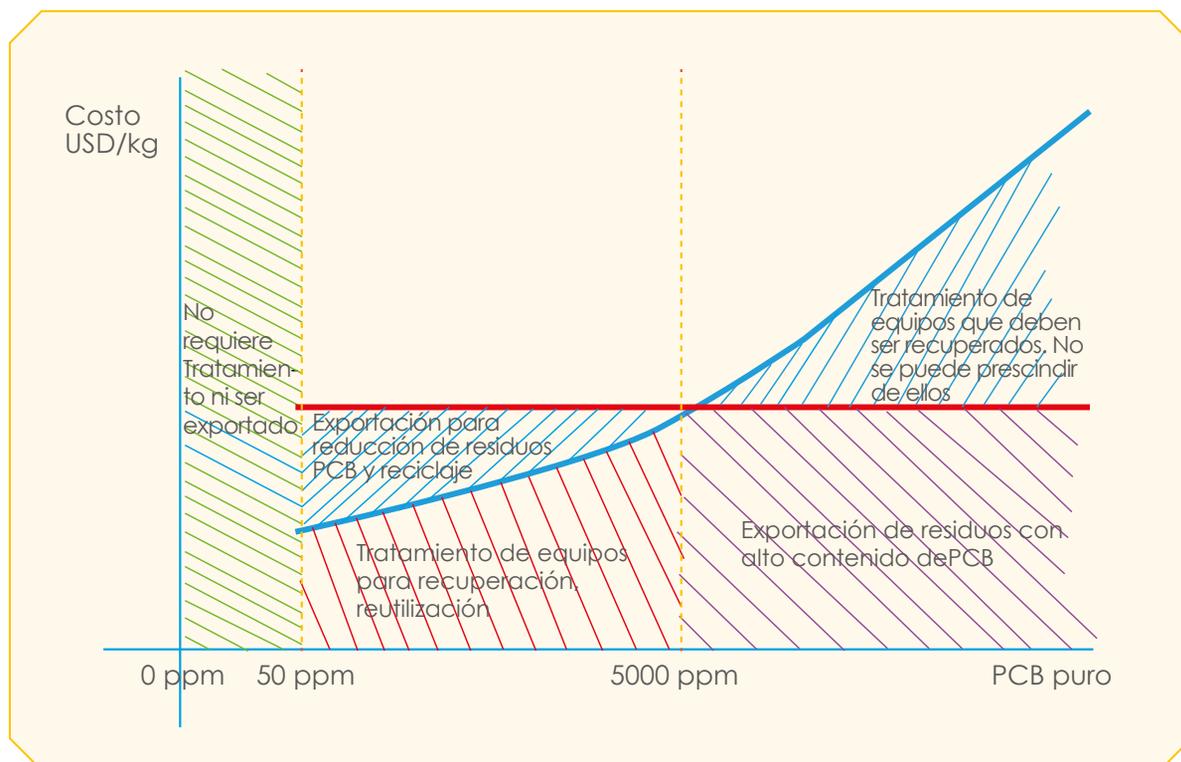
- Eliminación ambientalmente racional de PCB con recuperación
- Eliminación ambientalmente racional de PCB sin recuperación

En la siguiente figura se muestran opciones para eliminación de PCB que ayudan en la toma de decisiones. Se puede considerar que un punto importante es el que se refiere a los elementos con 5 000 ppm de PCB. En general, debajo de 5 000 ppm de PCB es mejor optar por el tratamiento, por encima de esta concentración (a la derecha de la línea punteada amarilla) se puede decidir por la exportación de residuos para la eliminación de PCB como la opción más económica. Sin embargo, si la exportación incluye elementos que son recuperados por tratamiento, esta opción podría no ser la más económica (zona encima de la línea roja y debajo de la línea azul).

Con menos de 5 000 ppm de PCB se considera que la opción más económica es el tratamiento local y recuperación de partes. Los elementos con menos de 5 000 ppm y que sean exportados para su tratamiento (área entre la línea azul y roja), es considerada como una opción inadecuada.

Como es de suponer, existen excepciones a esta regla, por ello es necesario que cada caso sea sometido a un mínimo de análisis en búsqueda de la mejor solución.

Figura Nº 1: Opciones de eliminación de PCB en función al costo y tipo de existencia o residuo PCB



Nota: Por tratamiento se puede considerar tanto la eliminación química de PCB como el retrolenado al que es sometido el equipo contaminado de PCB.

En la actualidad existen muchos procesos y tecnologías que se han desarrollado con la finalidad de eliminar los PCB de las existencias y residuos, sin embargo se adoptaron dos procesos que han sido aplicados con éxito hasta este momento, se trata de la Declorinación (proceso con recuperación) y la Incineración (proceso sin recuperación).

3.3.1 Eliminación ambientalmente racional de PCB con recuperación

Consiste en la eliminación de los PCB mediante tecnologías que permiten la recuperación del elemento que lo contiene (equipo y sus componentes) para seguir siendo reutilizados (por ejemplo, aceite dieléctrico que puede utilizado luego de regenerar sus propiedades), o ser reciclados (por ejemplo, recuperar los componentes metálicos para ser usados como materia prima en procesos de fundición secundaria o aceite a ser usado como materia prima para la elaboración de grasas o como combustible para aprovechar poder calorífico).

Los principios antes mencionados se aplican a esta opción de eliminación de PCB mediante las siguientes prácticas recomendadas:

- Preferir la recuperación en los casos de concentraciones bajas (regularmente de 50 a 5 000 ppm)
- Reducir el volumen de residuos PCB (por ejemplo en los casos de residuos que no sean PCB puro y previo análisis de costos, donde se puede reciclar, para exportar solamente residuos mínimos con PCB)
- Optar por el tratamiento en el sitio para evitar transporte de existencias o residuos con PCB.

Es importante que cuando se defina el proceso a aplicar para la eliminación de PCB con recuperación, se tome en cuenta tecnologías que hayan sido probadas y extensivamente aplicadas con éxito en el ámbito regional. En el caso del Perú se ha tenido experiencias exitosas con la aplicación de los siguientes procedimientos:

- Retrolleado (descontaminación de transformadores)
- Declorinación mediante acción química de componentes ya sea en base a sodio metálico (Dekor K) o la acción de un reactivo formado por un compuesto alcalino y un dispersante.

A continuación, se realizará una descripción breve de los procesos aplicados con éxito en el país.

3.3.1.1 Retrolleado de equipos con PCB

El retrolleado es un proceso de eliminación de PCB con recuperación que se aplica en transformadores con presencia de PCB con unas concentraciones por debajo de 500 ppm.

Este proceso tiene por finalidad reemplazar el aceite dieléctrico con PCB por debajo de 500 ppm de los transformadores con un aceite libre de PCB, con la finalidad de reducir la concentración de PCB en las partes internas del transformador mediante la lixiviación de las moléculas adheridas a las partes sólidas del equipo y eliminar los PCB del aceite extraído mediante el proceso de tratamiento químico que se elija.

El retrolleado consiste básicamente de:

- Vaciado del aceite dieléctrico con PCB
- Relleno de transformador con aceite libre de PCB

Para ejecutar el retrolleado se deberá tener el equipo fuera de servicio y realizar las siguientes acciones:

- Preparación del lugar de trabajo y contar con equipos de protección personal.
- Verificar condiciones de equipos y herramientas de trabajo.

- Realizar charla de seguridad antes de iniciar los trabajos.
- Identificar los equipos a ser intervenidos (condiciones físicas y datos de placa o identificación).
- Vaciado del aceite con presencia de PCB, de los equipos.
- Rellenado de equipos con aceite dieléctrico libre de PCB.

Foto N° 5: Equipo utilizado para el proceso de retrolenado



Preparación del lugar de trabajo y equipos de protección personal (EPP)

Antes de proceder al vaciado del equipo contaminado con PCB se deberá acondicionar un lugar de trabajo especial que deberá cumplir como mínimo, con las siguientes condiciones:

- Estar alejado del tránsito de personas.
- Tener suficiente ventilación y si es zona o periodo de lluvias, debe estar techado.
- El piso debe estar protegido contra contaminación por eventuales derrames.
- Contar con sistema de protección contra incendios y kits contra derrames.
- Limitar el acceso de personas ajenas al lugar de trabajo mediante señalización y delimitación de la zona.
- Identificar los lugares de concentración y respuesta en casos de emergencias (sismos, incendios, etc.).

Para el trabajo, el personal deberá contar con los siguientes equipos de protección personal que la norma OSHA 1910.132 señala para cada situación de riesgo, asimismo se deberá brindar entrenamiento sobre cómo y cuándo deben usarse los equipos de protección personal.

Verificar condiciones de equipos y herramientas de trabajo

Para la ejecución de las actividades propiamente dichas se debe tener en cuenta:

- Durante el retrolenado se manipulará aceite con PCB, por lo tanto los equipos y herramientas deberán ser acondicionados para ello, en lo posible, los equipos que

se utilicen como bombas, mangueras y otros fittings deben ser utilizados solamente durante operaciones con PCB, en los casos en los cuales no se disponga de equipos para ser utilizados con PCB se deberá pensar en el vaciado de aceite por gravedad para no contaminar equipos libres de PCB.

- Las herramientas deben ser limpiadas con disolventes que serán confinados en envases seguros e incluidos como desechos con PCB.

Foto N° 6: Preparación de equipos para el retrolenado



Realizar charla de seguridad antes de iniciar los trabajos

Antes del inicio de las actividades se deberá realizar la charla de 5 minutos y una revisión detallada de las tareas, así como las medidas de seguridad y respuesta a contingencias.

Es buena práctica tomar fotos del sitio antes de la operación y luego de la misma para asegurarse de las condiciones en las cuales se ha abandonado el lugar de trabajo.

Identificar los equipos a ser intervenidos

Se deberá revisar el proceso de identificación de los equipos para asegurarse de que se trata del equipo cuya muestra dio positivo a la presencia de PCB y que fuera confirmado por el análisis cromatográfico, debiendo verificar las condiciones físicas, datos de placa u otra identificación.

Vaciado de los equipos con presencia de PCB

El vaciado del aceite se puede realizar mediante una bomba o por gravedad, en ambos casos la buena práctica deberá asegurar que no haya accidentes personales ni ambientales.

Luego del vaciado se deberá esperar el escurrimiento del aceite remanente que ha quedado en el interior del equipo por un periodo de al menos una hora que deberá ser extraído (con bomba y por gravedad) para asegurarse de que todo el aceite con PCB ha sido drenado.

Foto N° 7: Vaciado por gravedad de equipos con PCB



Rellenado de los equipos con aceite libre de PCB

Luego de la operación de vaciado, se realizará el rellenado del equipo con aceite nuevo libre de PCB. Esta operación se realizará utilizando herramientas y equipos diferentes a los utilizados para el vaciado a fin de evitar la contaminación cruzada y tomando las medidas de protección pertinentes.

Se sabe que, aunque se haya realizado un vaciado correcto, queda aún aceite con PCB en el núcleo, bobinas, papel y madera del equipo. A los 90 días este aceite habrá exudado y se mezclará con el aceite de relleno llegando éste a tener aproximadamente un 10% de la concentración de PCB previa a las operaciones de retrolenado.

Lavado de herramientas y equipos utilizados

Una vez terminado el retrolenado, para conservar los equipos y herramientas utilizados y que están contaminados con PCB, debe realizarse su lavado utilizando solventes dieléctricos, los residuos contaminados deberán ser confinados en un envase hermético y enviados juntamente que con el aceite dieléctrico con PCB a la Planta de Eliminación destinada.

Durante las actividades de enjuague con solventes, hay que considerar la posibilidad de exposición a esos solventes, y se deberán tomar las medidas pertinentes. La exposición puede reducirse aumentando la ventilación en el área de trabajo o

estableciendo un sistema de trabajo que no haga tan necesaria la presencia de un operador durante el enjuague. El uso de EPP deberá considerarse como protección contra riesgos residuales.

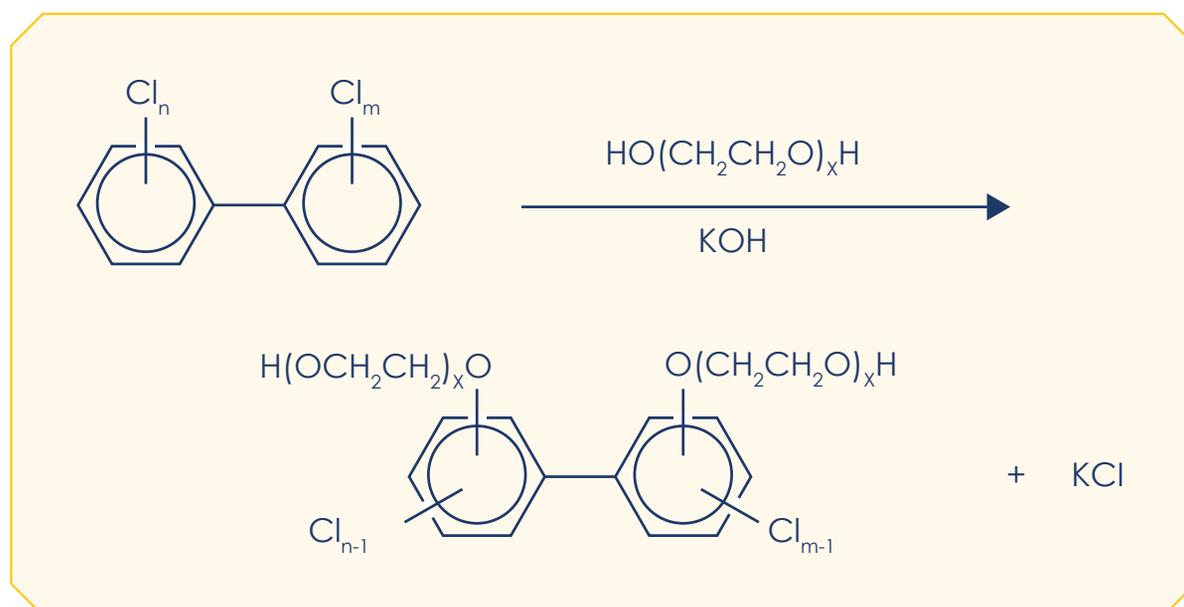
3.3.1.2 Proceso de decloración

El proceso llevado a cabo para eliminar los PCB en los aceites contaminados identificados por el Proyecto durante el inventario, fue el de decloración. Este proceso se basa en la posibilidad de revertir la clorinación de las moléculas de los hidrocarburos; para ello tuvieron lugar reacciones químicas de sustitución de los iones de cloro que componen las moléculas de los PCB presentes en los aceites dieléctricos utilizando para ello Polietilen Glycol 400 e Hidróxido de Potasio (tecnología desarrollada por Tredi S.A.). Así, la sustancia alcalina reacciona con el cloro de la molécula de PCB que es sustituida por el hidrógeno recomponiéndose la original molécula del bifenilo y asegurando de esta manera la eliminación del contaminante.

Una vez culminado el proceso de decloración se realizó un análisis de cromatografía de gases al aceite tratado para verificar el éxito del proceso. Las concentraciones que se pueden conseguir con estos procesos están por debajo de los 2 ppm de PCB.

El proceso utiliza un reactor que trabaja a una temperatura de 140 a 160 °C y asegura una reducción de la concentración de PCB en el aceite dieléctrico de hasta menos de 2 ppm. A continuación se muestra la reacción química:

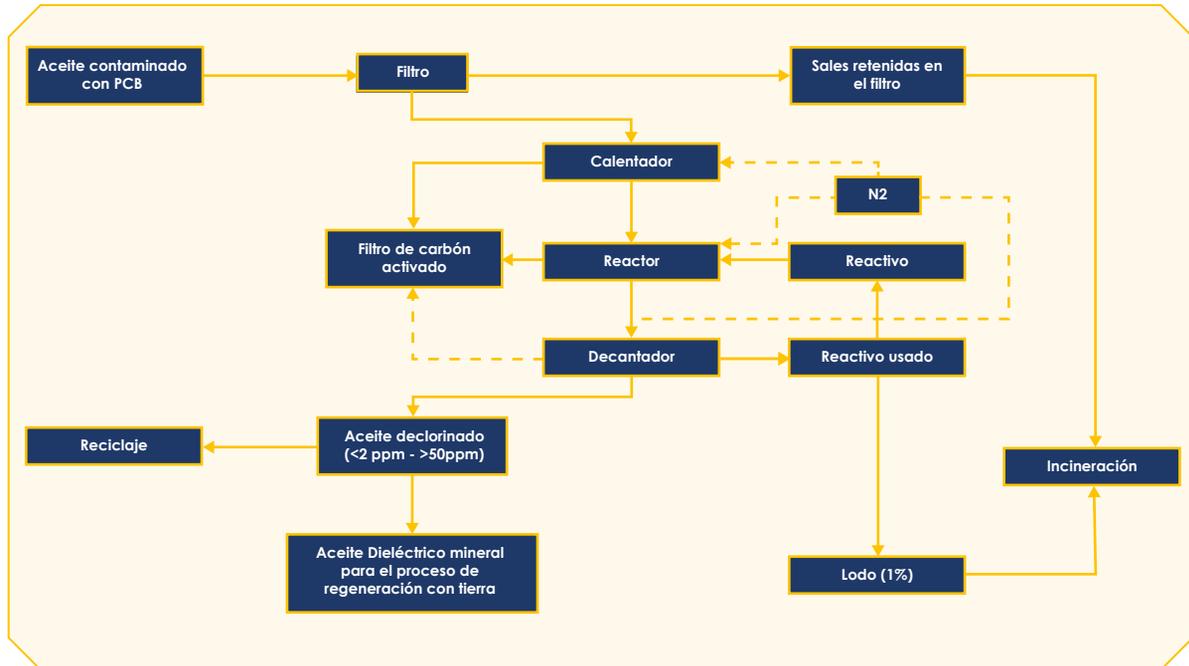
Figura N° 2: Reacción química de decloración en base a Hidróxido de Potasio



Debido a la temperatura de trabajo y a estar en un ambiente exento de oxígeno (por tanto no hay combustión), no se producirán furanos o dioxinas y más bien se presenta emisión de dióxido de carbono y vapor de agua, los mismos que son pasados por un filtro de carbón activado.

El flujo del proceso se muestra en la siguiente figura:

Figura N° 3: Diagrama del proceso de declorinación¹



A continuación, se puede apreciar la planta instalada para realizar el trabajo del Proyecto PCB:

Foto N° 8: Declorinadora de la empresa TREDI S.A.



3.3.2 Eliminación ambientalmente racional de PCB sin recuperación

La incineración a alta temperatura es una tecnología demostrada y bien establecida para la eliminación de PCB y residuos que contienen PCB. La incineración implica la degradación de los residuos por energía térmica en presencia de oxígeno.

¹ Cortesía de Tredi S.A.

La prudente selección del diseño de la cámara de combustión y del tipo de equipo de limpieza y contención de gas necesario puede facilitar la realización de diseños para tratar la mayoría de los residuos de base orgánica en casi cualquier forma física.

Las instalaciones de incineración adecuadamente diseñadas pueden tratar líquidos con PCB concentrados, productos y artículos sólidos contaminados con PCB, como condensadores, piezas de transformadores y bidones, y residuos poco contaminantes como paquetes y suelos contaminados con trazas de PCB.

Los incineradores para eliminar únicamente líquidos y cienos bombeables pueden ser de diseño más sencillo que los empleados para residuos sólidos. En cualquier caso, todos los incineradores destinados a tratar PCB deben alcanzar una eficiencia de destrucción elevada, del orden del 99,999%.

Esa eficiencia de destrucción puede lograrse mediante una operación sostenida a temperaturas de unos 1 200 °C que utilice también una cámara de post combustión independiente de temperatura controlada, permita un tiempo de retención en fase gaseosa de al menos 2 segundos, y comprenda una instalación eficiente de lavado de gas y un equipo de control muy avanzado.

Foto N° 9: Manipulación de condensadores con PCB



3.4 Diseño y generación de la base de datos

Con la finalidad de sistematizar la recopilación de datos durante el inventario se diseñó una estructura de Base de Datos que se muestra a continuación:

Tabla N° 8: Estructura de la base de datos utilizada en el inventario de PCB

| N° | Campo | N° | Campo |
|----|---|----|------------------------------------|
| 1 | Código de Laboratorio | 29 | Comentarios |
| 2 | Informe de Ensayo | 30 | EXPEDIENTE N° |
| 3 | Código de Sub-Estación | 31 | Fecha de envío |
| 4 | Código de equipo | 32 | Fecha Recepción |
| 5 | Tipo (S. Aérea, S. Subterránea, S. Caseta | 33 | Conc., mg/kg Aroclor 1242 Analyzer |
| 6 | Estado actual (*) Mantenimiento/En Servicio/ Residuo/Reserva | 34 | Resultados |
| 7 | Calle/Jr./Psje | 35 | Rango de Concentración(ppm) |
| 8 | Distrito/Urb.AA. | 36 | PCB lineal total x GC |
| 9 | Ciudad | 37 | Aroclor Total x GC |
| 10 | Departamento | 38 | Instrumento |
| 11 | Ubicación del equipo (Dirección exacta) | 39 | ARO 1242 mg/kg |
| 12 | Empresa | 40 | ARO 1254 mg/kg |
| 13 | Técnico Muestreador | 41 | ARO 1260 mg/kg |
| 14 | correlativo | 42 | Sumatoria de Arocloros mg/kg |
| 15 | Código de la Muestra | 43 | Resultado General |
| 16 | Día de muestreo | 44 | Instrumento de Análisis utilizado |
| 17 | Hora | 45 | Fecha de Muestreo con cromatógrafo |
| 18 | Nro. Serie | 46 | Muestreo |
| 19 | Marca del Equipo | 47 | Transmisión |
| 20 | Año de Fabricación | 48 | Distribución |
| 21 | Potencia (kVA) | 49 | Transformador |
| 22 | Unidad de medida L, gl, kg, lb | 50 | Modelo |
| 23 | Cantidad Aceite | 51 | Tensión (kV) |
| 24 | Peso bruto (kg) | 52 | Peso seco del equipo (kg) |
| 25 | Proporción apta de aceite | 53 | Procedimiento final |
| 26 | Proporción real de aceite | 54 | Observaciones de tratamiento |
| 27 | Observaciones | 55 | Verif. Peso |
| 28 | Uní Muestras | | |

04

Actividades desarrolladas

Las principales actividades desarrolladas durante el inventario y eliminación de PCB fueron:

- Muestreo (que implicó la extracción de muestras y su remisión al laboratorio) (1ra etapa del 2011 al 2013 y 2da etapa del 2014 al 2016)
- Descarte de PCB en campo, con el Clor-N-Oil de 50 ppm
- Análisis cromatográfico en el laboratorio de Control Ambiental de la DIGESA
- Retrolleado de equipos con PCB con menos de 500 ppm
- Declorinación
- Exportación e incineración de residuos con PCB

4.1 Extracción de muestras

La extracción de muestras durante la primera etapa del proyecto se desarrolló de acuerdo al cronograma detallado en la tabla siguiente. Esta actividad fue realizada por personal técnico del proyecto que se desplazó a cada sitio y con el apoyo de los técnicos de cada empresa, procedieron al muestreo (extracción de muestras en frascos de 50 mL) y posterior transporte a las oficinas del Laboratorio de la DIGESA donde se llevó a cabo el análisis por cromatografía de gases.

Tabla N° 9: Fechas de extracción de muestras en la primera etapa del proyecto

| Empresa | Responsables de inventario | Fecha de muestreo |
|--|---|---|
| Proyecto Especial Chavimochic (CHA) | Ing. Luis Pretell Romero, Responsable del Proyecto; Ing. Nancy Alva Ahón, Supervisora de Medio Ambiente | 9 de diciembre de 2011 |
| EDELNOR S.A. (EDN) | Ing. Luis Sánchez Abizanda, Área de Medio Ambiente | 1, 2 y 29 de agosto del 2012 |
| Empresa de Generación Eléctrica de Arequipa S.A. (EGA) | Ing. Carlos Núñez Ramírez, Jefe de División del Sistema de Gestión Integrado | 24 de mayo del 2012 |
| Electro Sur Este S.A.A. (ELSE) | Ing. Raúl Valencia Delgado, Jefe de Seguridad Integral y Medio Ambiente | Mayo y Junio de 2012 |
| Electroperú S.A. (ELP) | Ing. Lauro Charapaqui, Analista Principal de la Gerencia de la Producción | El 6 de agosto de 2012 |
| Electro Sur S.A. (ELS) | Ing. Luis Fernando Jiménez Loureiro, Jefe de Oficina de Prevención de Riesgos | Mayo de 2012, Abril, Julio, Septiembre y Octubre del 2013 |

Tabla N° 9: Fechas de extracción de muestras en la primera etapa del proyecto

| Empresa | Responsables de inventario | Fecha de muestreo |
|--|--|---|
| Electro Puno S.A.A. (EPU) | Ing. Artemio Loayza Ortiz, Supervisor de Seguridad Integral y Medio Ambiente | Julio del 2012. |
| Electronoroeste S.A. (ENO) | Ing. Miguel Antonio Zapata Morey, Jefe del Área de Calidad y Fiscalización Ing. Hilda Paola Ramírez Torres, Supervisora de Seguridad y Medio Ambiente | Enero, Febrero y Marzo de 2012 |
| Sociedad Eléctrica del Sur Oeste S.A. - SEAL (SEA) | Lic. Ana Victoria Sarolli Del Carpio, Asistente de la Gerencia Administrativa, Ing. Elbiz Ángel Paredes Chávez, Supervisor de Seguridad y Medio Ambiente. | Noviembre y Diciembre de 2011 y Enero, Febrero, Marzo y Abril del 2012 |
| SN Power Perú S.A. (SNP) | Ing. Germán Ortega Vargas, Jefe de Mantenimiento | Agosto de 2012 |
| Electro Oriente S.A. (ELOR) | Ing. Milko Zacarías, Jefe del Departamento de Prevención de Riesgos y Medio Ambiente - ELOR; Ing. Eduardo Figueroa, Supervisor de Seguridad y Medio Ambiente – San Martín | Marzo y Abril de 2012, Abril y Mayo del 2013 |
| Electro Dunas S.A.A. (EDU) | Ing. Enrique Gamboa, Supervisor de Seguridad y Medio Ambiente; Ing. Wilber Basaldúa Guerrero, Jefe de Prevención de Riesgos | Diciembre del 2011, Febrero y Marzo, de 2012 y Junio. Julio, Agosto y Septiembre del 2013 |
| Electronorte S.A. (ELN) | Ing. Dante Ojeda Mendoza, Auditor Ambiental | Octubre y Noviembre del 2011 y Abril, Septiembre y Octubre del 2013 |
| Electrocentro S.A. (ELC) | Ing. William Soto Gaspar, Jefe Área de Calidad y Fiscalización | Junio. Julio y Agosto del 2012 |
| Electro Ucayali S.A. (EUC) | Ing. Roberto Álvarez | Septiembre del 2012 |
| Hidrandina S.A. (HID) | Dr. Carlos Albán Moreno y el Ing. Freddy Arroyo Rosales | Noviembre a Diciembre del 2011 y Enero, Febrero y Marzo del 2012 |

En la segunda etapa del inventario participaron las empresas listadas a continuación.:

Tabla N° 10: Fechas de extracción de muestras en la segunda etapa del inventario

| Empresa | Responsables de inventario | Fecha de muestreo |
|--|---|--------------------------|
| EDELNOR S.A. (EDN) | Ing. Jorge Neyra Área de Medio Ambiente | Febrero y marzo del 2014 |
| Empresa de Generación Eléctrica de Arequipa S.A. (EGA) | Ing. Carlos Núñez Ramírez, Jefe de División del Sistema de Gestión Integrado; | |
| Electro Sur Este S.A.A. (ELSE) | Ing. Raúl Valencia Delgado, Jefe de Seguridad Integral y Medio Ambiente | Marzo y Mayo del 2014 |
| Electroperú S.A. (ELP) | Ing. Lauro Charapaquí, Analista Principal de la Gerencia de la producción | Octubre del 2015 |

Tabla N° 10: Fechas de extracción de muestras en la segunda etapa del inventario

| Empresa | Responsables de inventario | Fecha de muestreo |
|---|---|---|
| Electro Puno S.A.A. (EPU) | Ing. Luis Manuel Terrazo Úngaro, Supervisor de Seguridad y Medio Ambiente | Febrero, Marzo y Abril del 2014 |
| Electronoroeste S.A. (ENO) | Ing. Gerardo Rodríguez, Supervisor de Seguridad, Salud en el Trabajo y Medio Ambiente | Diciembre del 2013 Enero, Mayo, Junio y Julio del 2014 |
| Sociedad Eléctrica del Sur Oeste S.A. (SEA) | Ing. Karina Estrada, Supervisor de Seguridad y Medio Ambiente. | Enero, Febrero, Abril y Mayo del 2014 |
| Electro Oriente S.A. (ELOR) | Ing. Milko Zacañas, Jefe del Departamento de Prevención de Riesgos y Medio Ambiente | Abril del 2014 |
| Electro Dunas S.A.A. (EDU) | Ing. Wilber Basaldúa Guerrero, Jefe de Prevención de Riesgos | Abril, Mayo, Junio y Julio del 2014 |
| Electronorte S.A. (ELN) | Ing. Dante Ojeda Mendoza, Auditor Ambiental | Febrero y Junio del 2014 |
| Electrocentro S.A. (ELC) | Ing. William Soto Gaspar, Jefe Área de Calidad y Fiscalización | Febrero a Marzo del 2014 |
| Hidrandina S.A. (HID) | Dr. Carlos Albán Moreno y el Ing. Freddy Arroyo Rosales | Enero, Abril y Mayo del 2014 |
| Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A. (EGE) | Ing. Carlos Vidal, Especialista en Medio Ambiente. | Febrero del 2014 |
| CORPAC/ Cajamarca (MTC/CAJ) | Sr. Víctor Reátegui, Jefe de CORPAC - Cajamarca | Diciembre de 2013 |
| CORPAC/ Chiclayo (MTC/CHI) | Sr. Luis Timoteo Chero, Jefe de CORPAC - Chiclayo y el Técnico Armando Bardales Coral | Diciembre de 2013 |
| CORPAC/ Cusco (MTC/CUS) | Sr. Lic. Carlos Huaroto Gerónimo, Jefe de CORPAC - Cusco | Enero del 2014 |
| CORPAC/ Iquitos (MTC/IQT) | Sr. Néstor Puchuri Suica, Jefe de la Región Oriente de Corpac | Marzo del 2014 |
| CORPAC/ Juliaca (MTC/JUL) | Sr. Julio Solano, Jefe de Corpac - Juliaca | Abril del 2014 |
| CORPAC/ Jorge Chávez (MTC/LAP) | Ing. Sandra Bazán Velásquez, Especialista Gestión Ambiental del Ministerio de Transporte y Comunicaciones | Noviembre del 2013 y Marzo del 2014 |
| CORPAC/ Tarapoto (MTC/TTP) | Sr. Wilmar Ramírez Flores Jefe de CORPAC, Tec. Manuel Rengifo Paima | Julio del 2014 |
| Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL) | Bigo. Álvaro Torres, Jefe de Equipos de Gestión Ambiental. | Abril del 2016 |
| Shougang Generación Eléctrica S.A.A (SHO) | Ing. Sheila Cabello Coca, Supervisora de Seguridad y Medio Ambiente de Shougesa | Agosto del 2014 |
| TRUPAL S.A. (TRU) | Ing. José Vargas en Lima Ing. Eduardo Quezada en Trujillo. | Septiembre y Noviembre del 2014 |

Después de culminada la segunda etapa, algunas empresas como Electronoroeste S.A., Electro Puno S.A., Sociedad Eléctrica del Sur Oeste S.A., Hidrandina S.A., Electro Sur Este S.A.A., Electro Dunas S.A.A., Electro Ucayali S.A. y Minera Aurífera Retamas S.A. (MARSA) continuaron voluntariamente con el descarte de PCB ante lo cual el Proyecto apoyó con los análisis de Cromatografía de Gases en el laboratorio de la DIGESA.

En la siguiente tabla se detalla las empresas que llevaron a cabo estas actividades voluntarias y el número de equipos que fueron muestreados:

Tabla N° 11: Número de equipos a los que se realizó muestreo por iniciativa propia de las empresas

| Acrónimo de la Empresa | Número de equipos inventariado por iniciativa propia |
|------------------------|--|
| ENO | 222 |
| EPU | 505 |
| ESE | 1086 |
| EUC | 419 |
| HID | 315 |
| SEA | 97 |
| MARSA | 50 |
| Total | 2694 |

Foto N° 10: Extracción de muestras



4.2 Descarte de PCB en campo, con el Clor-N-Oil de 50 ppm

Durante la segunda etapa del Inventario, las muestras extraídas por cada empresa fueron sometidas a un descarte de PCB utilizando el Clor-N-Oil de 50 ppm de manera de reducir el transporte de muestras al laboratorio, reducir los costos y riesgos de contaminación.

4.3 Análisis de cromatografía de gases

Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (dirigido por la Blga. Soledad Osorio Alva, MSc hasta 2014 y la Blga. Elena del Rosario Gil Merino hasta la fecha) de manera permanente durante todo el proceso del inventario.

Foto N° 11: Análisis en el laboratorio de control ambiental de la DIGESA



4.4 Eliminación de PCB (procesos de retrolenado, dechlorinación, exportación e incineración)

Los procesos de retrolenado, dechlorinación, exportación e incineración se realizaron a través del Contrato N° 3000025804 firmado con la empresa Tredi S.A.

4.4.1 Retrolenado

Las actividades que se realizaron para este proceso son:

- Comunicación a cada empresa distribuidora de la fecha de realización de los trabajos. Entrega de documentación para el ingreso del personal y de cumplimiento de las normas internas de cada Empresa.
- Llegada a las instalaciones de la distribuidora, preparación del sitio de trabajo mediante la colocación de geomembrana, cordones absorbentes, cintas de peligro, kit para la contención de derrames, kit de primeros auxilios y extintor.
- Identificación de los transformadores de acuerdo con el listado entregado por el Proyecto. Verificación de los datos de placa.
- Preparación del personal con los elementos de protección personal específicos para cada tarea: ropa de trabajo, casco, traje descartable de Tychem, máscara con doble filtro para vapores orgánicos, guantes de acrilonitrilo, anteojos para protección ocular.
- Toma de 2 (dos) muestras de aceite de cada transformador (30 – 40 mL en frascos de 50 mL).
- Tratamiento de deshidratación del aceite dieléctrico nuevo.
- Vaciado del aceite contaminado de los transformadores y transferencia a tambores metálicos nuevos de 205 litros. Para ello se utilizaron bombas eléctricas, bombas manuales y mangueras exclusivas para aceites con contenido de PCB.
- Etiquetado de los tambores para su traslado a la planta de dechlorinación.
- Para el vaciado de los transformadores se tuvo en cuenta la verificación del estado de las válvulas de drenaje, colocación de una batea debajo de la válvula, colocación de geo-membrana debajo de la bomba de vaciado, presencia permanente de un operario en el manejo de la bomba y un operario controlando la conexión de la manguera con la válvula de vaciado del transformador.

- Llenado de los transformadores con el aceite dieléctrico nuevo marca Repsol.
- Vaciado, preparación e identificación de los transformadores con contenido de PCB mayor a 500 ppm, que se trasladaron a la planta de la empresa Kanay en Lima para su descontaminación por medio de recirculado de aceite.
- Almacenamiento transitorio de los tambores en el predio de la Distribuidora. Protección del suelo con geo-membrana y cordones absorbentes.
- Disposición de los residuos generados durante el tratamiento (trajes descartables, guantes, trapos, papeles) dentro de bolsas de polietileno de alta densidad identificadas con cartelería. Almacenamiento transitorio en el predio de la distribuidora junto con los tambores.
- Preparación de la planilla de control operativo de cada transformador, donde se indican las tareas realizadas, los datos de placa identificatoria y el estado físico del transformador.
- Transcurridos 180 días de efectuados los trabajos se procedió al muestreo para el análisis de comprobación de la descontaminación de los transformadores.

Foto N° 12: Proceso de retrolenado en equipos con PCB



El trabajo se desarrolló de acuerdo a las siguientes rutas establecidas en función a la localización geográfica:

Tabla N° 12: Ruta 1 del trabajo de retrolenado

| Actividades / Días | 27-feb | 28-feb | 29-feb | 01-mar | 02-mar | 03-mar | 04-mar | 05-mar | 06-mar | 07-mar | 08-mar | 09-mar | 10-mar |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Logística y Planeamiento | x | | | | | | | | | | | | |
| Viaje Ida : Lima - Andahuaylas | | x | x | | | | | | | | | | |
| Muestreo: ESE (4 trafos) | | | | x | | | | | | | | | |
| Muestreo: EGM (1 trafo) | | | | x | | | | | | | | | |
| Viaje : Andahuaylas - Puno | | | | | x | x | | | | | | | |
| Muestreo: EPU (2 trafos) | | | | | | | x | | | | | | |
| Viaje : Puno - Ilo | | | | | | | | x | x | | | | |
| Muestreo: ELS (3 trafos) | | | | | | | | | | x | | | |
| Viaje : Ilo - Arequipa | | | | | | | | | | | x | | |
| Muestreo: SEA (1 trafos) | | | | | | | | | | | | x | |
| Viaje vuelta: Arequipa - Lima | | | | | | | | | | | | | x |

Tabla N° 13: Ruta 2 del trabajo de retrolleado

| Actividades / Días | 20-mar | 21-mar | 22/03- 23/03 |
|-------------------------------|--------|--------|--------------|
| Logística y Planeamiento | x | | |
| Viaje Ida : Lima - Chincha | | x | |
| Muestreo: EDU (18 trafos) | | | x |
| Viaje vuelta: Arequipa - Lima | | | x |

Tabla N° 14: Ruta 3 del trabajo de retrolleado

| Actividades / Días | 10-abr | 11-abr | 12-abr | 13-abr | 14-abr | 15-abr |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Logística y Planeamiento | x | | | | | |
| Viaje Ida : Lima - Chimbote | | x | | | | |
| Muestreo: HID (18 trafos) | | | x | | | |
| Viaje : Chimbote - Mórrope | | | | x | | |
| Muestreo: ELN (8 trafos) | | | | | x | |
| Viaje : Mórrope - Sechura | | | | | | x |
| Muestreo: ENO (2 trafos) | | | | | | x |
| Viaje vuelta: Sechura - Lima | | | | | | x |

Tabla N° 15: Ruta 4 del trabajo de retrolleado

| Actividades / Días | 18-abr | 19-abr | 20-abr | 21-abr | 22-abr | 23-abr | 24-abr | 25-abr | 26-abr |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Logística y Planeamiento | x | | | | | | | | |
| Viaje Ida : Lima - Concepción | x | | | | | | | | |
| Muestreo: ELC (77 trafos) | | x | x | x | | | | | |
| Muestreo: ELC (1 trafo) | | | | | | | | | |
| Viaje : Concepción - C.Armiño | | | | | x | | | | |
| Muestreo: ELP (1 trafo) | | | | | x | | | | |
| Viaje : C. Armiño - Llaupí | | | | | | x | x | | |
| Muestreo: SNP (2 trafos) | | | | | | | | x | |
| Viaje vuelta: Llaupí - Lima | | | | | | | | | x |

4.4.2 Declorinación

La declorinación de los aceites con PCB se realizó en la planta de la empresa Kanay, durante los meses de Agosto a Octubre del 2016. Las principales actividades que se llevaron a cabo fueron:

Traslado de los cilindros con aceite contaminado con PCB

Que se realizó desde los almacenes temporales de cada empresa hacia la planta de declorinación ubicada en Villa El Salvador, Lima. En la siguiente tabla se indican las fechas en las que se realizó este transporte:

Tabla N° 16: Fecha de retiro de cilindros con aceite contaminado con PCB

| Item | Fecha | Empresa | N° de cilindros |
|------|--------------|-------------------------|-----------------|
| 1 | 12/08/16 | Electro Sur Este S.A.A. | 49 |
| 2 | 17/08/16 | Electro Puno S.A.A. | 2 |
| 3 | 18/08/16 | Electrosur S.A. | 2 |
| 4 | 19/08/16 | SEAL | 2 |
| 5 | 26/08/16 | Hidrandina S.A. | 14 |
| 6 | 23/08/16 | Electronorte S.A. | 6 |
| 7 | 16/08/16 | EGEMSA | 4 |
| 8 | 23/08/16 | Electrodunas S.A. | 16 |
| 9 | 24/08/16 | Electronoroeste S.A. | 2 |
| 10 | 24/08/16 | Electrocentro S.A. | 11 |
| 11 | 26/08/16 | SN Power | 7 |
| 12 | 25/08/16 | Electroperu S.A: | 2 |
| 13 | 08/09/16 | Duke | 2 |
| | Total | | 119 |

Foto N°13: Transporte de equipos y cilindros con aceite con PCB



Decloración de los aceites en la planta de Kanay – Lima

La decloración se realizó en la Planta instalada en Lima en las instalaciones de Kanay entre el periodo del 19/08/16 al 10/09/16.

Foto N° 14: Planta de decloración en funcionamiento



4.4.3 Exportación de equipos e incineración

Para la exportación de equipos para incineración se realizaron principalmente las siguientes actividades:

Preparación de carga para exportación

Independientemente de las gestiones y permisos que se realizaron durante el año ante la DIGESA y las entidades internacionales para el transporte transfronterizo, de acuerdo a los procedimientos establecidos en el Convenio de Basilea, se realizaron las siguientes actividades de campo:

Preparación y transporte de equipos: Consiste en la transferencia del aceite contaminado de los equipos a cilindros UN normalizados y preparados para el transporte, así como el aseguramiento de los equipos vacíos para su transporte.

El transporte de los equipos y cilindros con aceites con PCB a la ciudad de Lima se realizó en las siguientes fechas:

Tabla N° 17: Fechas de transporte de equipos y cilindros a Lima

| Ítem | Fecha | Empresa | Equipos |
|------|----------|-------------------------|--|
| 1 | 30/09/16 | EGASA | 8 transformadores |
| 2 | 13/10/16 | EGEMSA | 2 transformadores y tres condensadores |
| 3 | 09/09/16 | DUKE | 1 transformador |
| 4 | 03/10/16 | Electro Sur Este S.A.A. | 2 transformadores y 2 cilindros |
| 5 | 03/10/16 | Hidrandina S.A. | 2 transformadores |
| 6 | 03/10/16 | Electrodunas S.A. | 1 transformador |

El transporte por vía marítima se efectuó entre el 19 de octubre al 17 de noviembre, fecha en la que llegó a Saint Vulvas – Francia para su incineración que se realizó hasta el 21 de noviembre del 2016.

Foto N° 15: Preparación de cilindros con aceite PCB para exportación



Foto N° 16: Equipos y cilindros en el depósito fiscal para ser colocados en los contenedores



Foto N° 17: Acondicionamiento de los equipos en el contenedor



Foto N° 18: Planta de incineración de TREDI en Saint Vulvas – Lyon, Francia





05

Resultados del Inventario

5.1 Existencias y residuos inventariados

Durante el Inventario de PCB se contó con información de 15 912² registros de existencias y residuos. Este número corresponde principalmente a equipos de transformación 15 624, 31 transformadores capacitivos, 216 condensadores y 41 cilindros de aceite dieléctrico.

Las empresas que participaron en este inventario son 30 y pertenecen principalmente al sector eléctrico, siendo las siguientes:

Tabla N° 18: Empresas que participaron en el inventario de PCB

| | |
|-----------------|---|
| CHAV | Proyecto Especial Chavimochic |
| EDN | EDELNOR S.A.A. |
| EDU | Electro Dunas S.A.A. |
| EGA | Empresa de Generación Eléctrica de Arequipa S.A. |
| EGM | Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A. |
| ELC | Electrocentro S.A. |
| ELN | Electronorte S.A. |
| ELO | Electro Oriente S.A. |
| ELP | Electroperu S.A. |
| ELS | Electrosur S.A. |
| ENO | Electronoroeste S.A. |
| EPU | Electro Puno S.A.A. |
| ESE | Electro Sur Este S.A.A. |
| EUC | Electro Ucayali S.A. |
| HID | Hidrandina S.A. |
| MTC/CAJ/ | Corpac S.A. - Aeropuerto Mayor General FAP Armando Revoredo Iglesias de Cajamarca |
| MTC/CHI/ | Corpac S.A. - Aeropuerto Internacional Capitán FAP José A. Quiñones de Chiclayo |
| MTC/CUS/ | Corpac S.A. - Aeropuerto Internacional Alejandro Velasco Astete del Cusco |

² El Proyecto tuvo como meta para esta actividad un inventario de 10 000 equipos, lográndose un resultado del 160%.

Tabla N° 18: Empresas que participaron en el inventario de PCB

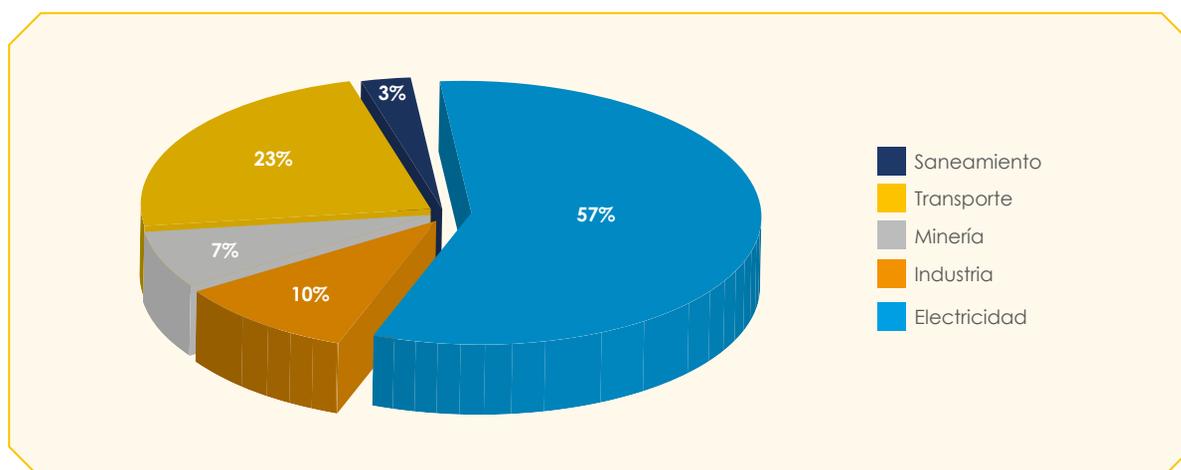
| | |
|-----------------|--|
| MTC/IQT/ | Corpac S.A. - Aeropuerto Internacional Coronel FAP Francisco Secada de Iquitos |
| MTC/JUL/ | Corpac S.A. - Aeropuerto Internacional Inca Manco Cápac de Juliaca |
| MTC/LAP/ | Corpac S.A. - Aeropuerto Internacional Jorge Chávez de Lima |
| MTC/TTP/ | Corpac S.A. - Aeropuerto Cadete FAP Guillermo del Castillo Paredes de Tarapoto |
| SEA | Sociedad Eléctrica del Sur Oeste S.A. |
| SHO | Shougang Generación Eléctrica S.A.A. |
| SNP | SN Power Perú S.A. |
| TRUPAL | Trupal S.A. |
| MARSA | Minera Aurífera Retama S.A. |
| DUKE | Duke Energy Egenor S. en C. por A. |
| ARIS | Aris Industrial |
| SEDAPAL | Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima SEDAPAL |

Si se agrupa teniendo en cuenta al sector al cual pertenecen se tiene que:

Tabla N° 19: Número de empresas participantes por sector

| N° | Sector | Número de Empresas o entidades | Porcentaje (%) |
|----|--------------|--------------------------------|----------------|
| 1 | Electricidad | 17 | 57 |
| 2 | Industria | 3 | 10 |
| 3 | Minería | 2 | 7 |
| 4 | Transporte | 7 | 23 |
| 5 | Saneamiento | 1 | 3 |
| | Total | 30 | 100 |

Figura N° 4: Distribución de empresas participantes por sector



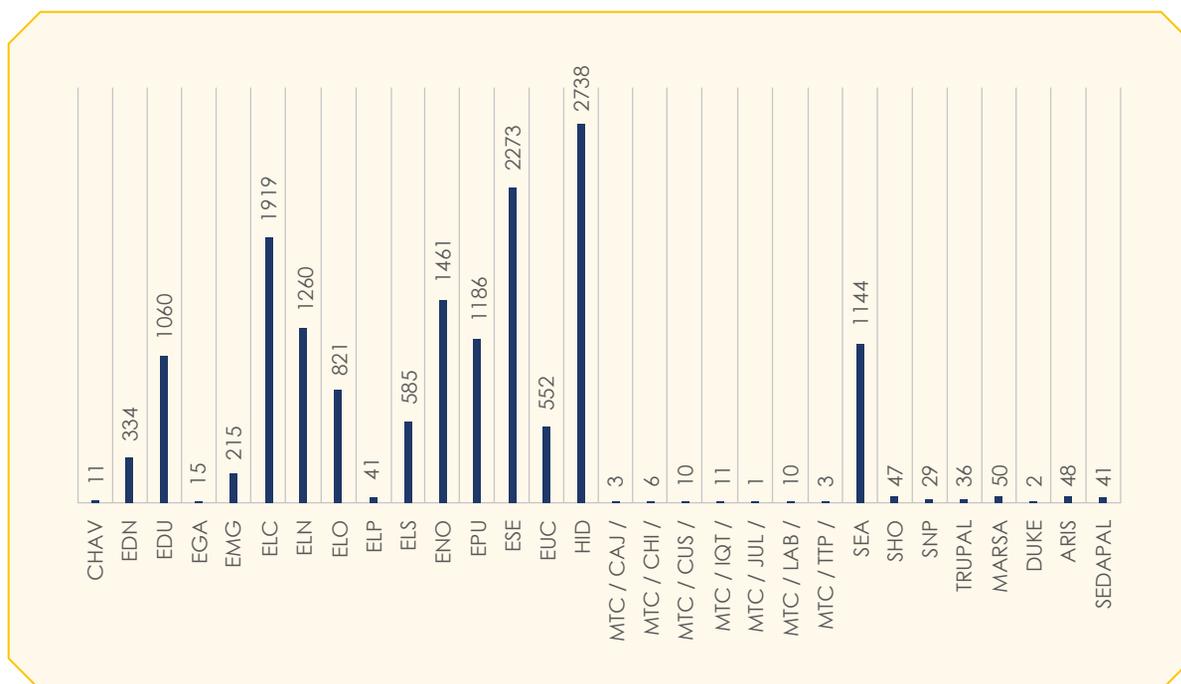
Si tomamos en cuenta el número de muestras analizadas por cada una de las empresas participantes en el proyecto, destacan las empresas Hidrandina S.A., Electro Sur Este S.A. y Electrocentro S.A. con 2 738, 2 273 y 1 919 equipos respectivamente que concentran el 43,55% del total del inventario de PCB.

En la siguiente tabla se puede ver el número de equipos y residuos que se procesaron por cada una de las empresas participantes y beneficiarias del Proyecto (15 912 que representa 12 127,4 toneladas de peso bruto):

Tabla N° 20: Número de equipos y residuos evaluados

| Empresa | Número de equipos | Peso Bruto (toneladas) | Porcentaje (%) |
|----------------------|-------------------|------------------------|----------------|
| CHAV | 11 | 63,05 | 0,07 |
| EDN | 334 | 520,43 | 2,10 |
| EDU | 1 060 | 539,97 | 6,66 |
| EGA | 15 | 80,65 | 0,09 |
| EGM | 215 | 490,02 | 1,35 |
| ELC | 1 919 | 662,79 | 12,06 |
| ELN | 1 260 | 764,56 | 7,92 |
| ELO | 821 | 705,79 | 5,16 |
| ELP | 41 | 527,07 | 0,26 |
| ELS | 585 | 471,04 | 3,68 |
| ENO | 1 461 | 722,80 | 9,18 |
| EPU | 1 186 | 625,12 | 7,45 |
| ESE | 2 273 | 1 064,02 | 14,28 |
| EUC | 552 | 302,70 | 3,47 |
| HID | 2 738 | 2 328,04 | 17,21 |
| MTC/CAJ/ | 3 | 1,17 | 0,02 |
| MTC/CHI/ | 6 | 2,02 | 0,04 |
| MTC/CUS/ | 10 | 4,79 | 0,06 |
| MTC/IQT/ | 11 | 8,73 | 0,07 |
| MTC/JUL/ | 1 | 1,37 | 0,01 |
| MTC/LAP/ | 10 | 8,77 | 0,06 |
| MTC/TTP/ | 3 | 0,95 | 0,02 |
| SEA | 1 144 | 1 237,56 | 7,19 |
| SHO | 47 | 44,10 | 0,30 |
| SNP | 29 | 757,17 | 0,18 |
| TRUPAL | 36 | 152,09 | 0,23 |
| MARSA | 50 | 26,08 | 0,31 |
| DUKE | 2 | 6,04 | 0,01 |
| Aris | 48 | 1,18 | 0,30 |
| SEDAPAL | 41 | 7,38 | 0,26 |
| Total general | 15 912 | 12 127,4 | 100,0 |

Figura N° 5: Número de equipos y residuos evaluados por empresa



El número de equipos y residuos que se evaluaron teniendo en cuenta el sector al cual pertenecen se observa en la siguiente tabla:

Tabla N° 21: Número de equipos y residuos evaluados por sector

| N° | Sector | Número de equipos | % | Peso de los equipos (toneladas) | % |
|----|--------------|-------------------|---------------|---------------------------------|---------------|
| 1 | Electricidad | 15 635 | 98,26 | 11 805,76 | 97,35 |
| 2 | Industria | 95 | 0,60 | 216,32 | 1,78 |
| 3 | Minería | 97 | 0,61 | 701,80 | 0,58 |
| 4 | Transporte | 44 | 0,28 | 277,86 | 0,23 |
| 5 | Saneamiento | 41 | 0,26 | 738,00 | 0,06 |
| | Total | 15 912 | 100,00 | 12 127,43 | 100,00 |

A través del Proyecto se ha logrado incluir a empresas de todo el territorio nacional, destacando el departamento de Junín que representa el 10% del total de equipos analizados. En la tabla siguiente se puede ver el número de equipos analizados teniendo en cuenta los departamentos:

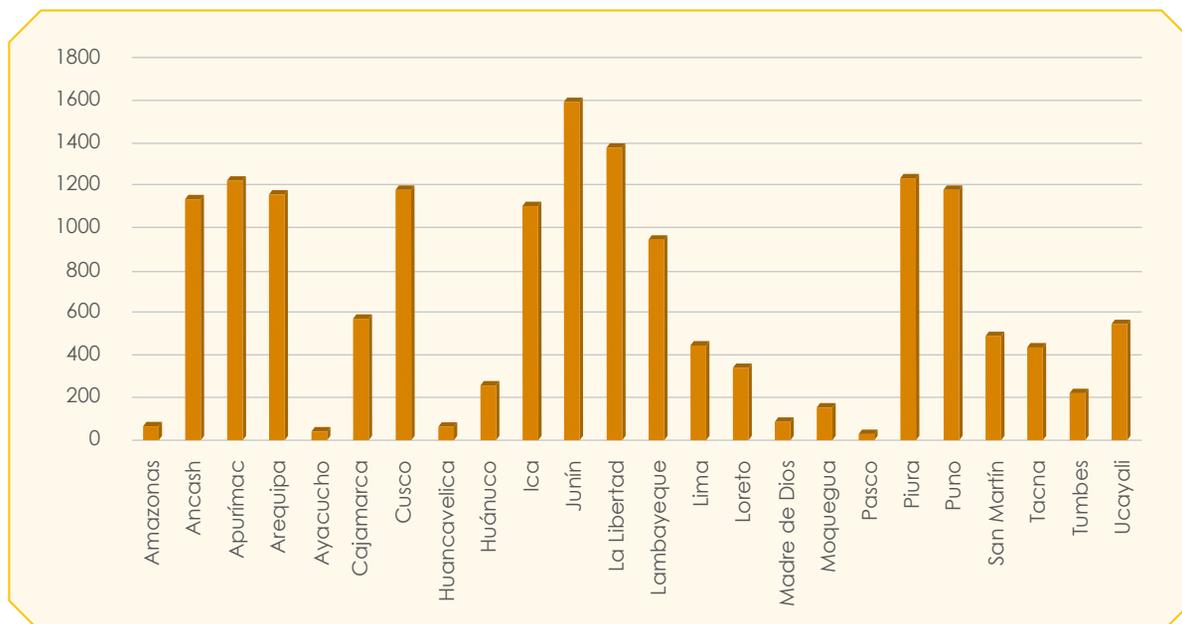
Tabla N° 22: Número de equipos evaluados por departamento

| Departamento | Número de equipos | Porcentaje |
|--------------|-------------------|------------|
| Amazonas | 63 | 0,40% |
| Ancash | 1 135 | 7,13% |
| Apurímac | 1 224 | 7,69% |
| Arequipa | 1 159 | 7,28% |
| Ayacucho | 41 | 0,26% |
| Cajamarca | 572 | 3,59% |

Tabla N° 22: Número de equipos evaluados por departamento

| Departamento | Número de equipos | Porcentaje |
|----------------------|-------------------|----------------|
| Cusco | 1 186 | 7,45% |
| Huancavelica | 60 | 0,38% |
| Huánuco | 258 | 1,62% |
| Ica | 1 107 | 6,96% |
| Junín | 1 600 | 10,00% |
| La Libertad | 1 378 | 8,66% |
| Lambayeque | 946 | 5,95% |
| Lima | 449 | 2,82% |
| Loreto | 344 | 2,16% |
| Madre De Dios | 88 | 0,55% |
| Moquegua | 151 | 0,95% |
| Pasco | 26 | 0,16% |
| Piura | 1 240 | 7,79% |
| Puno | 1 187 | 7,46% |
| San Martín | 491 | 3,09% |
| Tacna | 434 | 2,73% |
| Tumbes | 221 | 1,39% |
| Ucayali | 552 | 3,47% |
| Total general | 15 912 | 100,00% |

Figura N° 6: Número de equipos evaluados por departamento



Como se indicó anteriormente, el Inventario de PCB ha tenido principalmente dos fases caracterizadas por la metodología aplicada, la primera mediante el análisis de muestras por cromatografía de gases con determinación por captura de electrones y una segunda fase

mediante un descarte de PCB más análisis por cromatografía de gases con determinación por captura de electrones para las muestras que resultaron positivas al descarte. De acuerdo a esto, se tiene que en la primera fase se analizaron 10 717 muestras, mientras que en la segunda fase se alcanzó una cantidad de 5 195 muestras. En esta segunda fase se incluye las muestras de las empresas que hicieron el Descarte de PCB por iniciativa propia. El Proyecto en este caso apoyó con el análisis confirmatorio por Cromatografía de Gases en una cantidad de 2 694 muestras.

En la tabla siguiente se muestra la cantidad de muestras procesadas en cada una de las fases mencionadas:

Tabla N° 23: Número de muestras procesadas por fase del inventario

| Empresa | 1ra Etapa | | | 2da Etapa | | | Total |
|--------------|--------------|-------------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|---------------|
| | CG | Adicional | Total 1ra Etapa | Complementario | Voluntario | Total 2ra Etapa | |
| CHAV | 11 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 11 |
| EDN | 142 | 0 | 142 | 192 | 0 | 192 | 334 |
| EDU | 542 | 353 | 895 | 165 | 0 | 165 | 1 060 |
| EGA | 12 | 0 | 12 | 3 | 0 | 3 | 15 |
| EGM | 0 | 0 | 0 | 215 | 0 | 215 | 215 |
| ELC | 1 678 | 0 | 1 678 | 241 | 0 | 241 | 1 919 |
| ELN | 691 | 278 | 969 | 291 | 0 | 291 | 1 260 |
| ELO | 473 | 152 | 625 | 196 | 0 | 196 | 821 |
| ELP | 10 | 0 | 10 | 31 | 0 | 31 | 41 |
| ELS | 352 | 233 | 585 | 0 | 0 | 0 | 585 |
| ENO | 973 | 0 | 973 | 266 | 222 | 488 | 1 461 |
| EPU | 522 | 0 | 522 | 159 | 505 | 664 | 1 186 |
| ESE | 1 143 | 0 | 1 143 | 44 | 1 086 | 1 130 | 2 273 |
| EUC | 133 | 0 | 133 | 0 | 419 | 419 | 552 |
| HID | 1 972 | 0 | 1 972 | 451 | 315 | 766 | 2 738 |
| MTC/CAJ/ | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 3 |
| MTC/CHI/ | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 6 | 6 |
| MTC/CUS/ | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 10 | 10 |
| MTC/IQT/ | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 11 | 11 |
| MTC/JUL/ | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| MTC/LAP/ | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 10 | 10 |
| MTC/TTP/ | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 3 |
| SEA | 1 018 | 0 | 1 018 | 29 | 97 | 126 | 1 144 |
| SHO | 0 | 0 | 0 | 47 | 0 | 47 | 47 |
| SNP | 29 | 0 | 29 | 0 | 0 | 0 | 29 |
| TRUPAL | 0 | 0 | 0 | 36 | 0 | 36 | 36 |
| MARSA | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 50 | 50 |
| DUKE | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 |
| Aris | 0 | 0 | 0 | 48 | 0 | 48 | 48 |
| SEDAPAL | 0 | 0 | 0 | 41 | 0 | 41 | 41 |
| Total | 9 701 | 1016 | 10 717 | 2 501 | 2 694 | 5 195 | 15 912 |

Si tenemos en cuenta las marcas de los equipos que forman parte del inventario se puede percatar que el 44,3% de equipos están fabricados por ABB, BROWN BOVERI INDUSTRIAL CANEPA TABINI S.A. y Delcrosa. El 5,1% de ellos no tienen datos de placa o no es legible.

El número de equipos analizados por tipo de fabricante se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 24: Número de equipos evaluados por fabricante

| Fabricante | N° de equipos | Porcentaje | Fabricante | N° de equipos | Porcentaje |
|--|---------------|------------|------------------------------|---------------|------------|
| ABB | 2360 | 14,8% | Promelsa | 425 | 2,7% |
| ABC | 2 | * | Promensa | 1 | * |
| ABH Ingeniería S.A.C. | 8 | 0,1% | Proven | 1 | * |
| ACEC | 3 | * | PVC | 1 | * |
| Acorazado Imbricado | 1 | * | Recelep | 1 | * |
| AEG | 1 | * | Recelic | 1 | * |
| AEG Berlin | 2 | * | Reineser Industrial S.A. | 8 | 0,1% |
| AEG Ingenieros | 9 | 0,1% | Reinester | 1 | * |
| AEI Ingenieros | 46 | 0,3% | Relcrosa | 1 | * |
| Allis Chalmers | 22 | 0,1% | Remagnole | 1 | * |
| Alsthom | 16 | 0,1% | Remote Control | 1 | * |
| Alsthom Atlantique | 218 | 1,4% | Resa | 1 | * |
| Arkansas Electric | 199 | 1,3% | Resdit | 1 | * |
| Asea | 6 | * | Resead | 2 | * |
| Asea Brow Boveri Industrial Canepa Tabini S.A. | 1 | * | Reselec | 71 | 0,4% |
| AVJ Industrias Electromecánicas | 199 | 1,3% | Reymel | 1 | * |
| B.L.V. | 1 | * | Reyneser | 1 | * |
| Bb Milano | 5 | * | Rimel | 7 | * |
| Bb. Cánepa | 7 | * | Rimer | 3 | * |
| BBC | 99 | 0,6% | Rimey | 2 | * |
| BBI Cánepa | 1 | * | Ritz Instrument Transformers | 1 | * |
| BBICT | 3 | * | Romagnole | 101 | 0,6% |
| BBICTSA | 12 | 0,1% | Rqmcl | 1 | * |
| BBP | 97 | 0,6% | Rte Corporation | 2 | * |
| BELZ | 1 | * | Rymel | 301 | 1,9% |
| BERGMANN | 1 | * | Sachsenwer | 1 | * |
| BESELEC | 1 | * | Sager Sa (H H) | 1 | * |
| BEZ | 8 | 0,1% | San Men | 30 | 0,2% |
| BLV Industrial | 1 | * | Sanbian | 11 | 0,1% |
| BREZ Bratislava | 2 | * | Savuisenne | 3 | * |
| Brow Boveri Industrial Canepa Tabini S.A. | 3 | * | Schaffner | 1 | * |
| Brown Boveri | 15 | 0,1% | Schorch | 1 | * |

Tabla N° 24: Número de equipos evaluados por fabricante

| Fabricante | Nº de equipos | Porcentaje | Fabricante | Nº de equipos | Porcentaje |
|--|---------------|------------|--|---------------|------------|
| Brown Boveri Industrial Canepa Tabini S.A. | 1650 | 10,4% | Segersa | 1 | * |
| Bruce Pebles | 2 | * | Sein SAC | 1 | * |
| Caivet | 28 | 0,2% | Seisa | 2 | * |
| Canadian General Electric | 5 | * | Selectrón | 2 | * |
| Canepa | 1 | * | Shihen Tecnical | 1 | * |
| Canepa Tabini | 6 | * | Siemens | 45 | 0,3% |
| CEA | 67 | 0,4% | Siemens (Colombia) | 198 | 1,2% |
| CEA Compañía Eléctrica Electroandina | 159 | 1,0% | Sim | 5 | * |
| CEM | 1 | * | Sime Olaya Eirl | 1 | * |
| CER | 1 | * | Sin Placa | 5 | * |
| Cevepe | 1 | * | Slm | 1 | * |
| Chergotecnia | 1 | * | Smit | 1 | * |
| Cilindro Con Residuos Aceite | 1 | * | Sogersa | 1 | * |
| Cilindro De Aceite Nuevo | 1 | * | Spectrum | 16 | 0,1% |
| Comelsa | 10 | 0,1% | Square D Company | 8 | 0,1% |
| Comersa | 1 | * | Stem Trento | 2 | * |
| Company Electric | 1 | * | Stromberg | 79 | 0,5% |
| Compañía Electro Andina S.A.C. | 1 | * | T Electric SAC | 1 | * |
| Compañía Electroandina | 2 | * | T Elekrika | 1 | * |
| Comtrafo | 1 | * | T&T Electric S.A.C. | 5 | * |
| Construcciones Electromecánicas | 1 | * | Tamini | 1 | * |
| Cooper Power Systems | 5 | * | Tbc | 1 | * |
| Cremsa | 1 | * | Tecd | 1 | * |
| Crompton Greaves | 1 | * | Tecnotron | 1 | * |
| Cromwell | 1 | * | Teisa | 10 | 0,1% |
| Crosai | 1 | * | Teisa-Transformadores E Ingeniería S. A. | 203 | 1,3% |
| Das Dieléctrica | 1 | * | Telectric | 14 | 0,1% |
| Davenset | 1 | * | Telsa | 7 | * |
| Davila | 4 | * | Tensa SA | 1 | * |
| Davila | 1 | * | Teysa | 5 | * |
| Dcc Electric | 1 | * | Th | 1 | * |
| Decsa | 1 | * | Toshiba | 8 | 0,1% |
| Delcrosa | 3047 | 19,1% | Toshiba/ABB | 1 | * |
| Delsa | 1 | * | Tr2013-11063-03 | 1 | * |
| Dh | 8 | 0,1% | Tr2013-11063-04 | 1 | * |
| Dh | 1 | * | Trafo | 46 | 0,3% |
| Diestre | 3 | * | Trafomix Cea S.A. | 3 | * |

Tabla N° 24: Número de equipos evaluados por fabricante

| Fabricante | N° de equipos | Porcentaje | Fabricante | N° de equipos | Porcentaje |
|-----------------------------|---------------|------------|--|---------------|------------|
| E. Electric. | 1 | * | Trafopan | 1 | * |
| Eca | 1 | * | Trafopar | 178 | 1,1% |
| Ecir S.A. | 7 | * | Traforar | 1 | * |
| Eco | 1 | * | Traforas | 1 | * |
| Ect | 1 | * | Trafos Unica | 1 | * |
| Ecuatran SA | 70 | 0,4% | Trandormadores-HH-SERGESA | 1 | * |
| Edimel | 3 | * | Transformador Trifásico En Aceite - PROMELSA | 2 | * |
| Edp | 1 | * | Transformer | 1 | * |
| Edwards* | 1 | * | Transf. Unido | 5 | * |
| Eguren | 1 | * | Transformador | 4 | * |
| Eicer Industrial | 1 | * | Transformador Dh | 1 | * |
| Eleccro | 1 | * | Transformadores E Ingeniería | 1 | * |
| Elecsur | 4 | * | Transformadores Paraguayos SA | 4 | * |
| Elecsur Industrial | 29 | 0,2% | Transformation Linkpino | 1 | * |
| Electric | 11 | 0,1% | Transformer | 9 | 0,1% |
| Electric Compani | 1 | * | Transformer Eisler Engineering | 1 | * |
| Electric Industrial | 2 | * | Trasot Equipos Elect. | 1 | * |
| Electric Mecánica | 1 | * | Treselect | 3 | * |
| Electric Omega | 1 | * | Tropob | 1 | * |
| Electric Power | 274 | 1,7% | Uniao (Brasil) | 9 | 0,1% |
| Electric S.A.C. | 16 | 0,1% | Vcc Electric | 1 | * |
| Eléctrica | 4 | * | Veb | 1 | * |
| Eléctrica Industrial S.A. | 10 | 0,1% | Wagner | 1 | * |
| Eléctrica Optimización S.A. | 18 | 0,1% | Weg | 7 | * |
| Electro Andina | 3 | * | Weg Industrias S.A. | 2 | * |
| Electro Andino | 1 | * | Westinghouse | 68 | 0,4% |
| Electro Power | 7 | * | I&T Electric | 2 | * |
| Electro S.D (Spectrum) | 1 | * | Eplisac | 4 | * |
| Electro Trobal | 1 | * | Avj Industrial E | 1 | * |
| Electro Volt | 1 | * | Itb-Ind Brasileira | 45 | 0,3% |
| Electro Voltio | 3 | * | Epli Sac | 46 | 0,3% |
| Electrobara | 4 | * | T&T Electric | 1 | * |
| Electrolinea | 1 | * | Menault Electric | 16 | 0,1% |
| Electromecánica S.R.L. | 4 | * | Electrovar | 5 | * |
| Electromecanique | 21 | 0,1% | Eply Sac | 3 | * |
| Electromecánica | 1 | * | It Electric SAC | 32 | 0,2% |
| Electromerica | 1 | * | Nfitv Sac | 1 | * |

Tabla N° 24: Número de equipos evaluados por fabricante

| Fabricante | N° de equipos | Porcentaje | Fabricante | N° de equipos | Porcentaje |
|-----------------------------|---------------|------------|---------------------------|---------------|------------|
| Electrosur | 2 | * | Industria Eléctrica | 1 | * |
| Electrotecnia | 2 | * | Elko Peruana | 19 | 0,1% |
| Electroval | 4 | * | Electric Optimizac. | 1 | * |
| Electrovolteo | 1 | * | Transformador Hh | 2 | * |
| Electrovoltio | 1 | * | Electric SAC | 2 | * |
| Elevolt Peru S.A.C | 2 | * | Siemen | 3 | * |
| Elesna | 1 | * | Ntb-Itb SAC | 1 | * |
| Elipsa | 3 | * | Eisa | 1 | * |
| Elko Peruana S.A. | 666 | 4,2% | Hp&T Electric SAC | 63 | 0,4% |
| ELP Electro Línea Peruana | 2 | * | Elko PROMELSA | 77 | 0,5% |
| Enerbotecnia | 1 | * | Sagesa | 1 | * |
| Energotecnia | 10 | 0,1% | I.E. Abj | 1 | * |
| Energotecnia S.R.L. | 48 | 0,3% | Hp&T Industrial Srl | 4 | * |
| English Electric | 3 | * | Elko Peruano | 18 | 0,1% |
| Enosa | 2 | * | Tridecon | 5 | * |
| Ep Elektrik | 1 | * | Menaut Electric | 40 | 0,3% |
| Epli S.A.C. | 370 | 2,3% | ABH Ingenieros SAC | 1 | * |
| Epyz | 1 | * | Faben | 2 | * |
| Eq. Eléctricos SA | 1 | * | Hp Industrial SRL | 12 | 0,1% |
| Equipamientos Eléctricos SA | 1 | * | Fac. Canepa Tabini | 4 | * |
| Equipos Eléctricos | 1 | * | I&T Electric Sac | 157 | 1,0% |
| Erco Leuchten | 1 | * | N/F | 3 | * |
| Ercole Marelli | 1 | * | Eléctrica Opt. | 3 | * |
| Espectrum | 4 | * | Power Distribution | 1 | * |
| Est. Electric | 1 | * | No Figura | 4 | * |
| Fabem | 244 | 1,5% | Adh Ingenieria Sac | 1 | * |
| Facetron | 1 | * | Avj | 3 | * |
| Factoría Canevaro | 1 | * | I.E.I. | 1 | * |
| Factoría Industrial | 1 | * | Electro Voltio S.R.L. | 1 | * |
| Farelsa | 1 | * | Itaypu | 2 | * |
| Fasetron | 113 | 0,7% | Jc Electromecánica S.R.L. | 1 | * |
| Fasetron S.R.L. | 26 | 0,2% | C.E.A. | 3 | * |
| Fasetron S.R.L. | 6 | * | Reselec | 1 | * |
| Fatra | 5 | * | H.H | 1 | * |
| Fayconsa | 1 | * | Vcc Electric S.A.C. | 1 | * |
| Fct | 6 | * | Sagersa H.H. | 1 | * |
| Fresa | 44 | 0,3% | S/P | 7 | * |
| Fresa | 1 | * | Menautt Electric | 24 | 0,2% |

Tabla N° 24: Número de equipos evaluados por fabricante

| Fabricante | N° de equipos | Porcentaje | Fabricante | N° de equipos | Porcentaje |
|--------------------------------|---------------|------------|--|---------------|------------|
| Galileo | 21 | 0,1% | Hp Industrial | 6 | * |
| Garbe Lahmeyer | 2 | * | Sandian | 5 | * |
| Ge | 18 | 0,1% | Hp&T Electric S.A.C. | 27 | 0,2% |
| Gec Alsthom | 1 | * | Bcc Electric S.A.C. | 1 | * |
| General Electric | 94 | 0,6% | B.L.V. Industrial | 1 | * |
| General Electric | 1 | * | Sagersa | 1 | * |
| Gme | 1 | * | Cda Ings. Del Peru Sac | 1 | * |
| Govmn-Bt-T | 1 | * | Abb-Bbc | 1 | * |
| Grumax | 12 | 0,1% | Jc Electromecánica | 1 | * |
| H & H | 5 | * | Tesla Peru Srl | 10 | 0,1% |
| H&P | 1 | * | H.H. | 4 | * |
| H&P Industrial | 50 | 0,3% | Electricidad Industrial | 1 | * |
| Hackbridge | 1 | * | Alsthom | 1 | * |
| Hitachi Ltd | 1 | * | (Vacío) | 20 | 0,1% |
| Hiterman Siemens | 1 | * | Asea Brown Boveri S.A. - ABB | 2 | * |
| Hohagen & Hermanos | 290 | 1,8% | Promotores Eléctricos S.A. - Promelsa | 3 | * |
| Honagel | 1 | * | Equipamientos Eléctricos S.A. - Trafo | 1 | * |
| Horna | 1 | * | Brown Boveri Industrial Canepa Tabini S.A. | 1 | * |
| Hp | 2 | * | Delcrosa S.A. | 1 | * |
| Hp Industrial Srl | 1 | * | EHB | 6 | * |
| Hp&T | 50 | 0,3% | Westighouse | 6 | * |
| Hp&T SAC | 1 | * | Bosch | 3 | * |
| Hs.H | 1 | * | Micafil Zurich | 7 | * |
| I.C.T. | 1 | * | N/D | 2 | * |
| I.T.B. | 1 | * | Elecond | 17 | 0,1% |
| I.T.B. Brasil | 52 | 0,3% | Electric Power | 5 | * |
| I&T | 13 | 0,1% | Sanmen | 6 | * |
| I&T Electric S.A.C. | 268 | 1,7% | Reselec Eirl | 2 | * |
| Iat | 1 | * | Menault Electric Sac | 3 | * |
| Ib | 1 | * | BBC / Ind. Canepa Tabini | 1 | * |
| Icir Industrial | 2 | * | Ite Equipamiento Eléctrico | 2 | * |
| Ict | 13 | 0,1% | Equipamiento Eléctrico | 4 | * |
| Ict - Industrias Canepa Tabini | 1 | * | Asanmen | 1 | * |
| Igmet | 1 | * | Borroso | 1 | * |
| Ilegible | 3 | * | Bbc-Tabini | 1 | * |
| Ind. Electrom. | 3 | * | Macgraw Edinson | 1 | * |
| Ind. Electrom.- Canicas | 1 | * | Magnetron | 333 | 2,1% |

Tabla N° 24: Número de equipos evaluados por fabricante

| Fabricante | N° de equipos | Porcentaje | Fabricante | N° de equipos | Porcentaje |
|--|---------------|------------|--------------------------|---------------|------------|
| Ind.Eléctricas SA | 2 | * | Magrini Galileo | 10 | 0,1% |
| Ind. Electromecánicas | 1 | * | Marelli | 9 | 0,1% |
| Industria Peruana | 2 | * | Mbg Ingenieros | 3 | * |
| Industrial | 2 | * | Mc Graw Edison | 7 | * |
| Industrial S.R. Limitada | 2 | * | Mega | 52 | 0,3% |
| Industrial Srl. | 1 | * | Menaut | 1 | * |
| Industrias Electric Sac | 1 | * | Menautt Electric S.A.C. | 52 | 0,3% |
| Industrias Electromecánicas | 33 | 0,2% | Merlin Gerin | 3 | * |
| Industrias Electromecánicas Avj | 2 | * | Miron | 1 | * |
| Inelsur | 1 | * | Mitsubishi | 3 | * |
| Ing-Industrial Aplicada (H.H) | 1 | * | Motores E Ind. Horna | 5 | * |
| Ing. Industrial | 2 | * | Nb & C | 7 | * |
| Internacional Construcciones Eléctricas S.A. | 5 | * | Nd | 785 | 4,9% |
| Ip Electronic | 1 | * | Negoser Kv | 2 | * |
| Irgland Limited | 6 | * | Nimematerial | 1 | * |
| Isamec | 3 | * | Nt & Tb SAC | 1 | * |
| Iso Electric | 2 | * | Nt Y Tv SAC | 2 | * |
| Isoelectric S.A.C. | 14 | 0,1% | Ntv S.A.C. | 10 | 0,1% |
| It | 2 | * | Nv | 2 | * |
| Itaipu | 30 | 0,2% | Nyma** | 1 | * |
| Itb | 236 | 1,5% | Oasa-Savoisenne Española | 2 | * |
| Ite Electric | 1 | * | Oerlikon | 5 | * |
| Itm | 1 | * | Oerlikon Eléctrica | 3 | * |
| Jb | 1 | * | Operandina | 7 | * |
| Kb | 1 | * | Operandina S.A. | 81 | 0,5% |
| Kbh | 1 | * | Pauwels Trafo | 6 | * |
| Kely | 2 | * | Pbc | 1 | * |
| Kuhlman | 5 | * | Poawt | 1 | * |
| Kyle | 2 | * | Power | 1 | * |
| Kyle Recloser | 2 | * | Pp.Electrik | 1 | * |
| L-13760 | 1 | * | Lha | 3 | * |
| Larking | 1 | * | Line Material | 1 | * |
| Lca | 1 | * | Linematerial - Texas | 1 | * |
| Lct | 1 | * | London-Ltd | 1 | * |
| Le Material Eltrique | 2 | * | Lyl SA | 2 | * |
| Le Materiel S-W | 1 | * | Lepper | 1 | * |

*: Valor menor a 0,1%

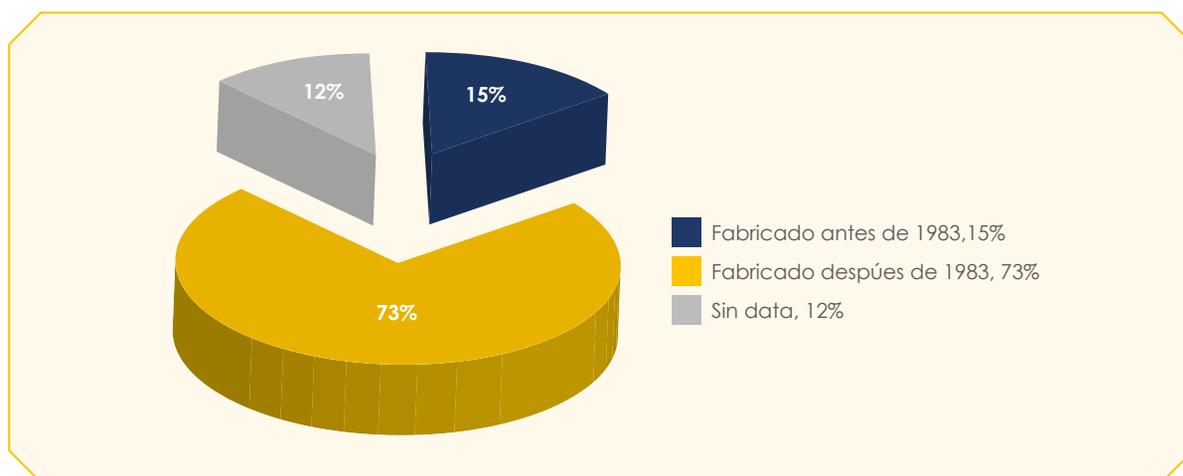
En cuanto a la fecha de fabricación de los equipos se tiene que un 16% de ellos han sido fabricados antes de 1983, el 73% han sido fabricados después de 1983 mientras que el 12% no cuenta con la información de fecha de fabricación.

En la tabla siguiente se muestra el detalle de lo mencionado:

Tabla N° 25: Número de equipos fabricados antes y después de 1983

| Empresa | Fabricado antes de 1983 | Fabricado después de 1983 | Sin datos | Total |
|----------------------|-------------------------|---------------------------|--------------|---------------|
| CHAV | | 11 | | 11 |
| EDN | 144 | 146 | 44 | 334 |
| EDU | 215 | 754 | 91 | 1 060 |
| EGA | 5 | 7 | 3 | 15 |
| EGM | 71 | 144 | | 215 |
| ELC | 326 | 1 092 | 501 | 1 919 |
| ELN | 126 | 958 | 176 | 1 260 |
| ELO | 122 | 670 | 29 | 821 |
| ELP | 10 | | 31 | 41 |
| ELS | 138 | 397 | 50 | 585 |
| ENO | 73 | 1 101 | 287 | 1 461 |
| EPU | 130 | 1 013 | 43 | 1 186 |
| ESE | 222 | 1 958 | 93 | 2 273 |
| EUC | 13 | 537 | 2 | 552 |
| HID | 484 | 2 010 | 244 | 2 738 |
| MARSA | | 50 | | 50 |
| MTC/CAJ/ | | 3 | | 3 |
| MTC/CHI/ | | 5 | 1 | 6 |
| MTC/CUS/ | 3 | 7 | | 10 |
| MTC/IQT/ | 2 | 3 | 6 | 11 |
| MTC/JUL/ | | 1 | | 1 |
| MTC/LAP/ | 1 | 2 | 7 | 10 |
| MTC/TTP/ | | | 3 | 3 |
| SEA | 317 | 682 | 145 | 1 144 |
| SHO | 8 | 34 | 5 | 47 |
| SNP | 24 | 5 | | 29 |
| TRUPAL | 27 | 9 | | 36 |
| DUKE | 2 | | | 2 |
| Aris | 6 | | 42 | 48 |
| SEDAPAL | | | 41 | 41 |
| Total general | 2 469 | 11 599 | 1 844 | 15 912 |

Figura N° 7: Porcentaje de equipos fabricados antes y después de 1983



Podemos establecer además un análisis de los resultados teniendo en cuenta la condición operativa de los equipos. En este sentido, el inventario ha involucrado 11 704 equipos en calidad de servicio (equivalente al 73,5%), 1 857 equipos en mantenimiento (11,6%), 109 en reserva (0,8%) y 1 047 (6,6%) como residuo. Es importante notar que 1 195 equipos no reportan data (7,5%).

Tabla N° 26: Equipos inventariados teniendo en cuenta la condición de servicio de los equipos

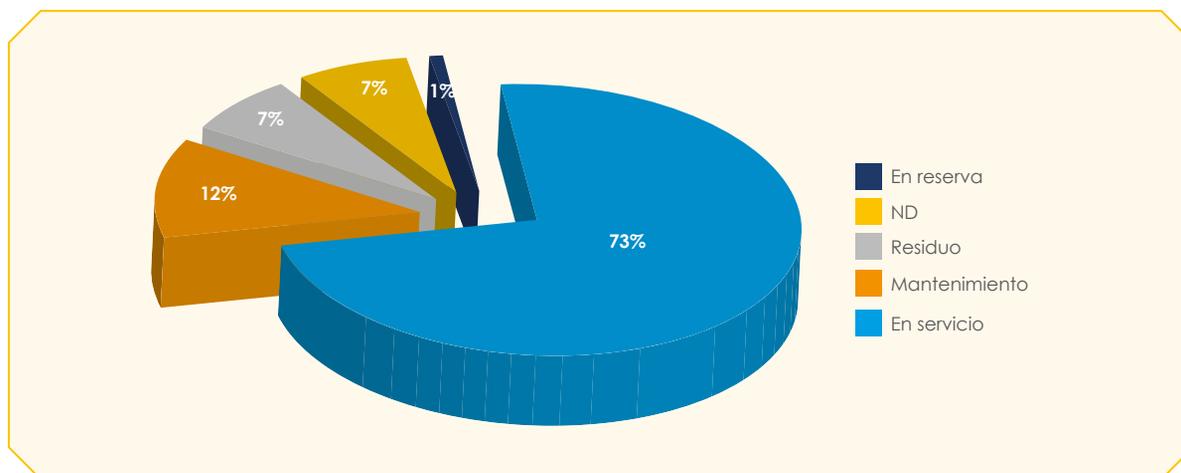
| Empresa | En Reserva | En servicio | Mantenimiento | ND | Residuo | Total general |
|----------|------------|-------------|---------------|-----|---------|---------------|
| CHAV | | 10 | 1 | | | 11 |
| EDN | | 9 | 278 | | 47 | 334 |
| EDU | | 926 | 53 | | 81 | 1 060 |
| EGA | | | | | 15 | 15 |
| EGM | 4 | 210 | 1 | | | 215 |
| ELC | | 932 | 522 | 241 | 224 | 1 919 |
| ELN | | 803 | 148 | 239 | 70 | 1 260 |
| ELO | 26 | 638 | 118 | | 39 | 821 |
| ELP | | 13 | | | 28 | 41 |
| ELS | | 372 | 65 | 84 | 64 | 585 |
| ENO | | 981 | 97 | 375 | 8 | 1 461 |
| EPU | | 1 025 | 144 | | 17 | 1 186 |
| ESE | | 2 165 | 14 | | 94 | 2 273 |
| EUC | | 484 | 68 | | | 552 |
| HID | 73 | 2 105 | 328 | 136 | 96 | 2 738 |
| MTC/CAJ/ | | 3 | | | | 3 |
| MTC/CHI/ | | 5 | | 1 | | 6 |
| MTC/CUS/ | | 8 | | | 2 | 10 |
| MTC/IQT/ | 5 | 5 | | | 1 | 11 |

Tabla N° 26: Equipos inventariados teniendo en cuenta la condición de servicio de los equipos

| Empresa | En Reserva | En servicio | Mantenimiento | ND | Residuo | Total general |
|----------------------|------------|---------------|---------------|--------------|--------------|---------------|
| MTC/JUL/ | | 1 | | | | 1 |
| MTC/LAP/ | | | 1 | | 9 | 10 |
| MTC/TTP/ | | | | | 3 | 3 |
| SEA | | 950 | 18 | 21 | 155 | 1 144 |
| SHO | | | | 47 | | 47 |
| SNP | | 28 | 1 | | | 29 |
| TRUPAL | 1 | 29 | | 1 | 5 | 36 |
| MARSA | | | | 50 | | 50 |
| DUKE | | 2 | | | | 2 |
| Aris | | | | | 48 | 48 |
| SEDAPAL | | | | | 41 | 41 |
| Total general | 109 | 11 704 | 1 857 | 1 195 | 1 047 | 15 912 |

ND: No data

Figura N° 8: Distribución de equipos según condición de servicio



5.2 Valorización de las actividades del inventario

Como se ha mencionado en el acápite de las metodologías aplicadas se identifican dos procesos:

- Muestreo y análisis por cromatografía de gases (ASTM D4059-00-2010).
- Muestreo, descarte y análisis confirmatorio por cromatografía de gases.

Para la valorización de las actividades ejecutadas se han establecido precios unitarios que responden a precios de mercado en el Perú:

Tabla N° 27: Precios unitarios para valorización del inventario

| Tipo | USD/muestra | Sustento |
|------------------------|-------------|--|
| Analyzer L2000DX© | 59 | Análisis de precios unitarios elaborado por el Proyecto. |
| Cromatografía de gases | 157 | Encuesta de laboratorios para muestreo y análisis de PCB en los países de Chile y Perú, Proyecto Regional "Mejores Prácticas para el manejo de PCB en el Sector Minero" junio 2013 |
| Kit Clor-N-Oil© 50 ppm | 25 | Análisis de precios unitarios elaborado por el Proyecto. |

Los equipos han sido analizados teniendo en cuenta las siguientes combinaciones de procedimientos:

Tabla N° 28: Combinaciones de procedimientos para el inventario

| | |
|-------------|---|
| A: | Determinación mediante el Analyzer L2000DX. |
| A+C: | Determinación mediante descarte por L2000DX y análisis de cromatografía de gases confirmatoria. |
| C: | Determinación por análisis de cromatografía de gases confirmatoria. |
| K: | Descarte de PCB con el Clor-N-Oil 50 ppm |
| K+C: | Determinación mediante descarte por Clor-N-Oil 50 ppm y análisis de cromatografía de gases confirmatoria. |
| P: | Determinación de PCB mediante datos de placa del fabricante del equipo. |

En base a lo anteriormente mostrado, se llega a la conclusión que el monto valorizado del inventario es de 1 806 413 USD. Si este valor se divide entre el número de equipos inventariados, tendríamos que el valor unitario es de 114 USD por muestra.

Sin embargo es importante mencionar que si se consideran las tres opciones para inventario de PCB que se muestran a continuación:

Tabla N° 29: Opciones para realizar el Inventario de PCB

| | |
|-------------|---|
| A+C: | Determinación mediante descarte por L2000DX y análisis de cromatografía de gases confirmatoria. |
| C: | Determinación por análisis de cromatografía de gases confirmatoria. |
| K+C: | Determinación mediante descarte por Clor-N-Oil 50 ppm y análisis de cromatografía de gases confirmatoria. |

los valores obtenidos en promedio para el número de equipos intervenidos³ son:

Tabla N° 30: Precios promedio por muestra del inventario de PCB

| Opción | Precio (USD/muestra) |
|---|----------------------|
| Determinación mediante descarte por L2000DX y análisis de cromatografía de gases confirmatoria. | 117,0 |
| Determinación por análisis de cromatografía de gases confirmatoria. | 157,0 |
| Determinación mediante descarte por Clor-N-Oil 50 ppm y análisis de cromatografía de gases confirmatoria. | 33,0 |

El valor del inventario por opción de determinación de PCB se muestra en la tabla siguiente:

³ Estos valores varían en función al número de equipos intervenidos

Tabla N° 31: Valorización del inventario de PCB (USD)

| Procedimiento | Equipos analizados | Monto total (USD) |
|---|--------------------|-------------------|
| Determinación mediante el Analyzer L2000DX. | 601 | 35 459 |
| Determinación mediante descarte por L2000DX y análisis de cromatografía de gases confirmatoria. | 358 | 77 167 |
| Determinación por análisis de cromatografía de gases confirmatoria. | 9 778 | 1 530 752 |
| Descarte de PCB con el Clor-N-Oil 50 ppm | 4 710 | 117 825 |
| Determinación mediante descarte por Clor-N-Oil 50 ppm y análisis de cromatografía de gases confirmatoria. | 249 | 45 210 |
| Total general | 15 912 | 1 806 413 |

Si se tiene en cuenta la valorización del inventario por cada una de las empresas que participaron en el Proyecto resaltan Hidrandina S.A., Electrocentro S.A. y Electro Sur Este S.A.A. donde se ha invertido el 44,42% que representa 803 294 USD.

En la tabla siguiente se muestra lo mencionado en detalle:

Tabla N° 32: Valorización de inventario por metodología aplicada (USD)

| Empresa | A | A+C | C | K | K+C | P | Total | Porcentaje |
|----------|--------|--------|---------|--------|-------|------|---------|------------|
| Aris | | | | | | 480 | 480 | 0,03% |
| CHAV | 472 | 647 | | | | | 1 119 | 0,06% |
| DUKE | | | 313 | | | | 313 | 0,02% |
| EDN | | | 23 169 | 4 653 | | | 27 822 | 1,54% |
| EDU | | | 140 113 | 3 827 | 2 179 | | 146 119 | 8,08% |
| EGA | 177 | | 1 879 | | | | 2 056 | 0,11% |
| EGM | | | 1 409 | 901 | 363 | 1680 | 4 353 | 0,24% |
| ELC | | | 262 692 | 5 654 | 2 723 | | 271 069 | 14,99% |
| ELN | 26 078 | 53 672 | 43 521 | 6 954 | 2 360 | | 132 586 | 7,33% |
| ELO | | | 97 844 | 4 328 | 4 176 | | 106 348 | 5,88% |
| ELP | | | 1 566 | 775 | | | 2 341 | 0,13% |
| ELS | | | 91 582 | | | | 91 582 | 5,06% |
| ENO | | | 152 324 | 10 907 | 9 441 | | 172 672 | 9,55% |
| EPU | | | 81 719 | 16 060 | 3 994 | | 101 774 | 5,63% |
| ESE | | | 178 937 | 28 193 | 545 | | 207 675 | 11,48% |
| EUC | | | 20 821 | 10 056 | 3 087 | | 33 964 | 1,88% |
| HID | 8 732 | 22 848 | 268 954 | 18 387 | 5 629 | | 324 550 | 17,95% |
| MARSA | | | | 1 126 | 908 | | 2 034 | 0,11% |
| MTC/CAJ/ | | | | 75 | | | 75 | 0,00% |
| MTC/CHI/ | | | | 150 | | | 150 | 0,01% |
| MTC/CUS/ | | | | 250 | | | 250 | 0,01% |
| MTC/IQT/ | | | | 100 | 1 271 | | 1 371 | 0,08% |
| MTC/JUL/ | | | | 25 | | | 25 | 0,00% |

Tabla N° 32: Valorización de inventario por metodología aplicada (USD)

| Empresa | A | A+C | C | K | K+C | P | Total | Porcentaje |
|--------------|---------------|---------------|------------------|----------------|---------------|-------------|------------------|----------------|
| MTC/LAP/ | | | | 200 | 363 | | 563 | 0,03% |
| MTC/TTP/ | | | | 50 | 182 | | 232 | 0,01% |
| SEA | | | 159369 | 2 977 | 1 271 | | 163 616 | 9,05% |
| SHO | | | | 450 | 5 265 | | 5 716 | 0,32% |
| SNP | | | 4540 | | | | 4 540 | 0,25% |
| TRUPAL | | | | 876 | 182 | | 1 057 | 0,06% |
| SEDAPAL | | | | 851 | 1 271 | | 2 122 | 0,12% |
| Total | 35 459 | 77 167 | 1 530 752 | 117 825 | 45 210 | 2160 | 1 808 573 | 100,00% |

5.3 Valorización del aporte de las empresas en el inventario de PCB

Durante las actividades de inventario, las empresas socias del proyecto participaron en las actividades siguientes: la participación de los técnicos para la extracción de muestras, apoyo con movilidad, instrumentos y herramientas y en algunos casos realizaron el descarte de PCB (durante la 2da fase del inventario). De los resultados destacan las empresas Hidrandina S.A., Electrocentro S.A. y Electro Puno S.A.A. que significan el 42,54% del aporte de las empresas socias.

En la tabla se puede observar con detalle los aportes realizados por las empresas socias al proyecto durante las actividades de inventario.

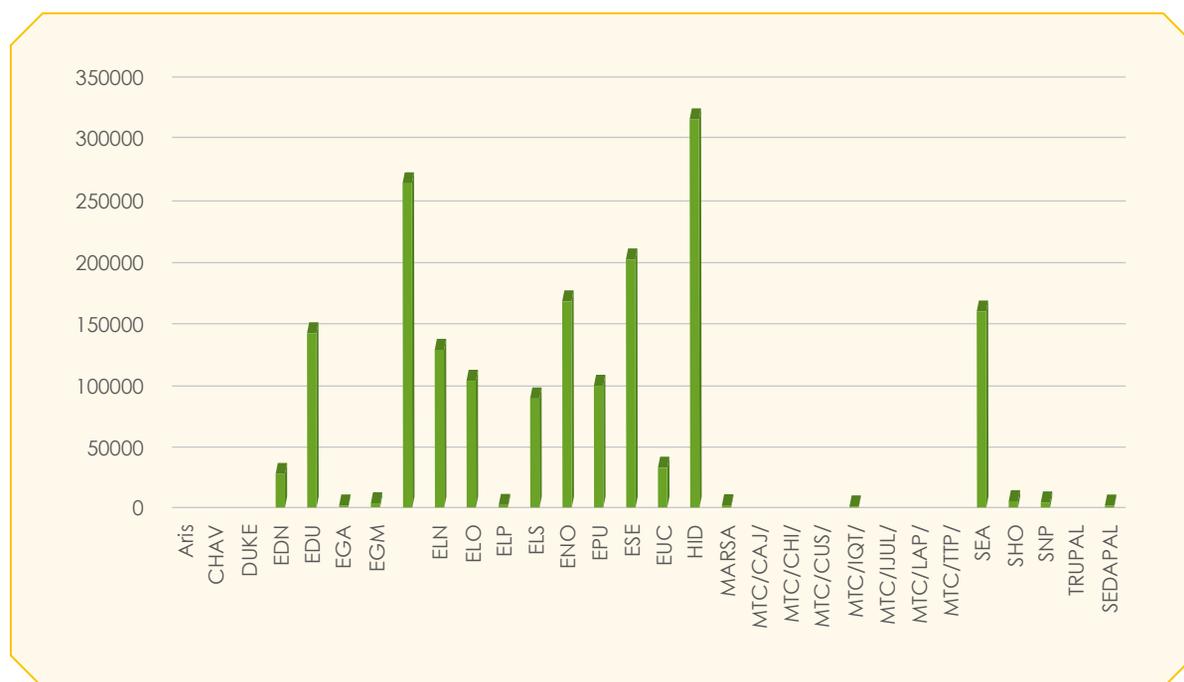
Tabla N° 33: Valorización del aporte de las empresas al inventario de PCB (USD)

| Empresa | Aporte de la empresa USD |
|----------|--------------------------|
| ARIS | 0 |
| CHAV | 267 |
| DUKE | 0 |
| EDN | 8 511 |
| EDU | 26 233 |
| EGA | 364 |
| EGM | 5 851 |
| ELC | 47 324 |
| ELN | 31 406 |
| ELO | 20 518 |
| ELP | 243 |
| ELS | 14 212 |
| ENO | 30 924 |
| EPU | 42 669 |
| ESE | 28 965 |
| EUC | 6 280 |
| HID | 77 202 |
| MARSA | 0 |
| MTC/CAJ/ | 82 |

Tabla N° 33: Valorización del aporte de las empresas al inventario de PCB (USD)

| Empresa | Aporte de la empresa USD |
|--------------|--------------------------|
| MTC/CHI/ | 163 |
| MTC/CUS/ | 272 |
| MTC/IQT/ | 299 |
| MTC/JUL/ | 27 |
| MTC/LAP/ | 272 |
| MTC/TTP/ | 243 |
| SEA | 259 |
| SHO | 276 |
| SNP | 292 |
| TRUPAL | 0 |
| SEDAPAL | 0 |
| Total | 393 046 |

Figura N° 9: Valorización de Inventario por empresa (USD)



5.4 Equipos con resultados positivos y con presencia de PCB

Antes de analizar los resultados obtenidos durante el inventario de PCB, es necesario establecer el significado del siguiente término :

5.4.1 Resultado “Positivo” al descarte de PCB

Se denomina así al resultado (color del líquido que va en la gama del amarillo claro al blanco) que se ha obtenido luego de aplicar el procedimiento de descarte de PCB con los kits Clor-N-Oil®. Como se sabe, los resultados positivos con este método aseguran la presencia de iones de Cloro en la muestra, lo que induce a pensar que se trata de Bifenilos Policlorados.

Se considera también "Positivo" al resultado obtenido al utilizar el Analyzer L2000DX con un valor de 50 ppm o más, ya que este método se basa también en la cuantificación de los iones de Cloro detectado.

En ambos casos existe la posibilidad de "falsos positivos", ya que el cloro detectado podría no ser de procedencia del PCB sino de otra sustancia clorada, por lo que estas muestras deben ser analizadas mediante cromatografía de gases para confirmar el hallazgo.

5.4.2 Metodología aplicada en las muestras para la identificación de PCB

Los métodos utilizados para la determinación de PCB en las muestras de aceite dieléctrico fueron en los porcentajes siguientes:

- El 3,8% de muestras han sido analizadas con el Analyzer L2000DX®.
- Al 2,2% de las muestras se realizó un descarte con el Analyzer L2000DX® y análisis confirmatorio de Cromatografía de Gases.
- El 61,5% de las muestras se han analizado por Cromatografía de Gases.
- Al 29,6% de las muestras se hizo el descarte mediante los kit Clor-N-Oil® de 50 ppm.
- Al 1,6% de las muestras se hizo el descarte con kit Clor-N-Oil® de 50 ppm y análisis confirmatorio de Cromatografía de Gases.
- El 1,4% fue identificado a través de la placa de fábrica del equipos (en los casos de los condensadores que no es posible extraer muestra sin destrucción de los mismos).

La metodología aplicada y el número de equipos por cada empresa se muestra a continuación:

Tabla N° 34: Número de equipos de acuerdo a la metodología aplicada

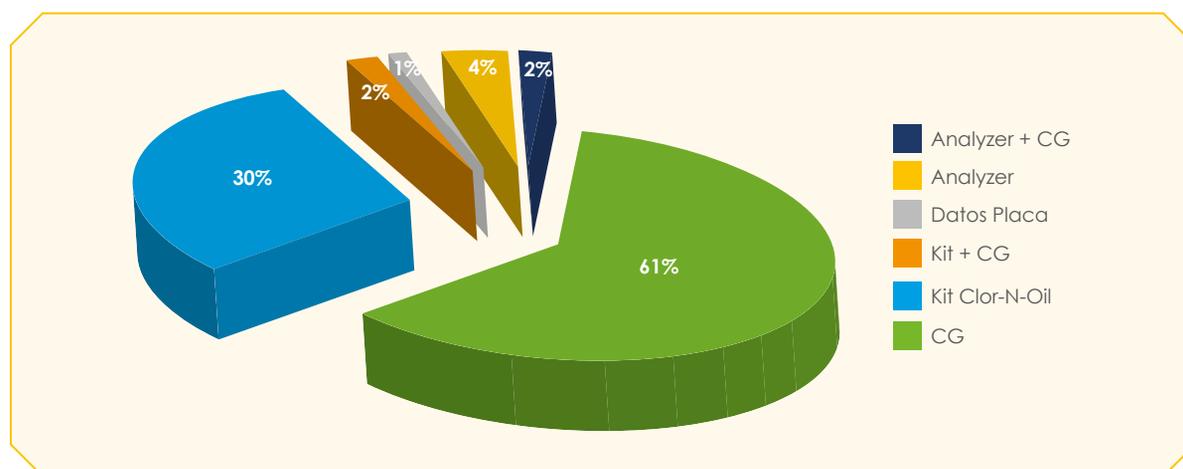
| Empresa | A | A + C | C | K | K+C | P | Total general |
|---------|-----|-------|-------|-------|-----|-----|---------------|
| ARIS | | | | | | 48 | 48 |
| CHAV | 8 | 3 | | | | | 11 |
| DUKE | | | 2 | | | | 2 |
| EDN | | | 148 | 186 | | | 334 |
| EDU | | | 895 | 153 | 12 | | 1 060 |
| EGA | 3 | | 12 | | | | 15 |
| EGM | | | 9 | 36 | 2 | 168 | 215 |
| ELC | | | 1 678 | 226 | 15 | | 1 919 |
| ELN | 442 | 249 | 278 | 278 | 13 | | 1 260 |
| ELO | | | 625 | 173 | 23 | | 821 |
| ELP | | | 10 | 31 | | | 41 |
| ELS | | | 585 | | | | 585 |
| ENO | | | 973 | 436 | 52 | | 1 461 |
| EPU | | | 522 | 642 | 22 | | 1 186 |
| ESE | | | 1 143 | 1 127 | 3 | | 2 273 |
| EUC | | | 133 | 402 | 17 | | 552 |
| HID | 148 | 106 | 1 718 | 735 | 31 | | 2 738 |

Tabla N° 34: Número de equipos de acuerdo a la metodología aplicada

| Empresa | A | A + C | C | K | K+C | P | Total general |
|----------------------|------------|------------|--------------|--------------|------------|------------|---------------|
| MARSA | | | | 45 | 5 | | 50 |
| MTC/CAJ/ | | | | 3 | | | 3 |
| MTC/CHI/ | | | | 6 | | | 6 |
| MTC/CUS/ | | | | 10 | | | 10 |
| MTC/IQT/ | | | | 4 | 7 | | 11 |
| MTC/JUL/ | | | | 1 | | | 1 |
| MTC/LAP/ | | | | 8 | 2 | | 10 |
| MTC/TTP/ | | | | 2 | 1 | | 3 |
| SEA | | | 1 018 | 119 | 7 | | 1 144 |
| SHO | | | | 18 | 29 | | 47 |
| SNP | | | 29 | | | | 29 |
| TRUPAL | | | | 35 | 1 | | 36 |
| SEDAPAL | | | | 34 | 7 | | 41 |
| Total general | 601 | 358 | 9 778 | 4 710 | 249 | 216 | 15 912 |

A: Analyzer L2000DX®, C: Cromatografía de gases con determinación por captura de electrones, K: Clor-N-Oil®, P: determinación con datos de placa de fabricación

Figura N° 10: Distribución de equipos según método aplicado para identificación de PCB



5.4.3 Resultados “Contaminados con PCB con 50 o más ppm”

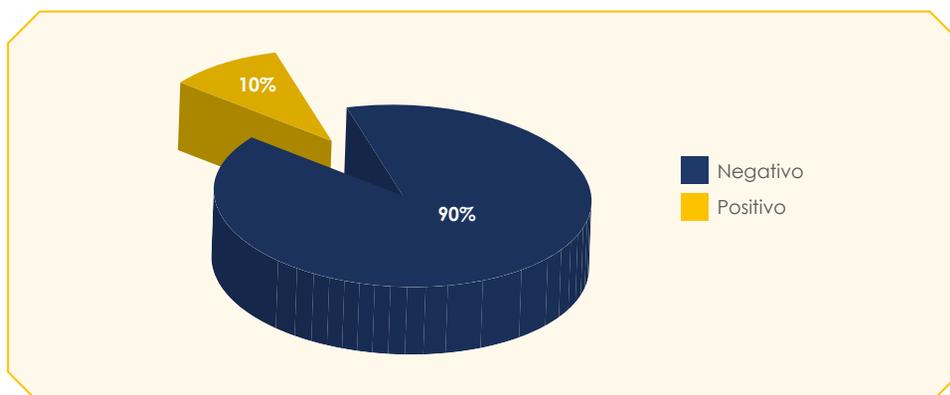
Se denominan así a las muestras que luego de ser sometidas al análisis de Cromatografía de Gases, han obtenido concentraciones de PCB (en la suma total de los tres más importantes arocloros, 1242, 1254 y 1260) valores de 50 a más ppm. En esta categoría también están las muestras que se atribuyen o se sabe que se trata de PCB puro.

5.4.4 Número de equipos que arrojaron “Positivo al descarte de PCB”

El 10,3% de los equipos sometidos a descarte de PCB (Analyzer 2000DX y Clor-N-Oil® de 50 ppm) resultaron positivos, es decir 607 de un total de 5 918 muestras.

En el caso de los kit Clor-N-Oil® de 50 ppm solamente, se obtuvieron el 5,0% de resultados positivos (249 resultados positivos de 4 959 muestras procesadas).

Figura N° 11: Resultados positivos al descarte de PCB



5.4.5 Número de equipos contaminados con PCB con 50 o más ppm

El número de equipos contaminados con PCB, es decir con concentraciones igual o mayor a 50 ppm es de 309 que representa el 1,9% del total de equipos analizados (15 912). En la tabla siguiente se puede observar el número de equipos con igual o más 50 ppm de PCB por empresa:

Tabla N° 35: Número de equipos con 50 ppm de PCB o más

| Empresa | Peso bruto (kg) | Peso de aceite (kg) | Número de equipos con más de 50 ppm de PCB |
|----------|-----------------|---------------------|--|
| EDN | 4 720 | 1 307 | 6 |
| EDU | 12 741 | 3 888 | 21 |
| EGA | 18 977 | 5 947 | 8 |
| EGM | 3 751 | 863 | 5 |
| ELC | 10 388 | 2 881 | 91 |
| ELN | 6 168 | 1 478 | 13 |
| ELP | 17 065 | 5 315 | 32 |
| ELS | 8 440 | 2 775 | 3 |
| ENO | 1 034 | 332 | 2 |
| EPU | 742 | 177 | 2 |
| ESE | 35 756 | 10 582 | 6 |
| HID | 12 174 | 3 501 | 22 |
| MTC/IQT/ | 2 500 | 750 | 5 |
| MTC/LAP/ | 1 262 | 562 | 1 |
| MTC/TTP/ | 500 | 150 | 1 |
| SEA | 1 280 | 384 | 1 |

Tabla N° 35: Número de equipos con 50 ppm de PCB o más

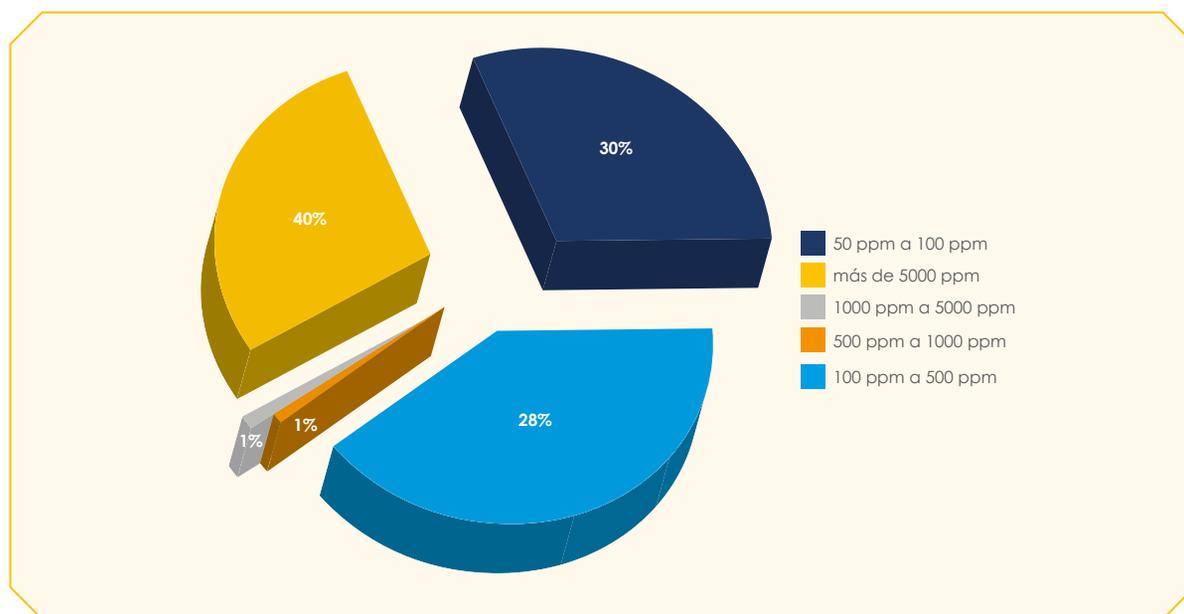
| Empresa | Peso bruto (kg) | Peso de aceite (kg) | Número de equipos con más de 50 ppm de PCB |
|----------------------|-----------------|---------------------|--|
| SHO | 32 900 | 2 970 | 14 |
| SNP | 3 600 | 1 270 | 2 |
| TRUPAL | 114 398 | 39 457 | 24 |
| DUKE | 6 043 | 1 978 | 2 |
| ARIS | 1 178 | | 48 |
| Total General | 295 618 | 86 566 | 309 |

El total de equipos que resultaron con concentraciones de PCB con 50 ppm o más, representan un peso bruto (carcasa más aceite) de 295,62 toneladas. El peso del aceite con PCB es de 86,57 toneladas.

En cuanto a concentraciones se tiene lo siguiente:

- 92 equipos están entre 50 ppm a menos de 100 ppm.
- 88 equipos están entre 100 ppm a menos de 500 ppm.
- 4 equipos están entre 500 ppm a menos de 1000 ppm.
- 2 equipos están entre 1000 ppm a menos de 5000 ppm.
- 123 equipos están con más de 5000 ppm.

Figura N° 12: Número de equipos con PCB por rango de concentración



El 58,3% de equipos contaminados están entre 50 a 500 ppm, lo que significa que se trata de contaminación cruzada, es decir estos equipos han sido contaminados durante las operaciones de mantenimiento.

En la tabla siguiente se muestra la distribución de los equipos por concentración de contaminante y por empresa:

Tabla N° 36: Número de equipos por empresa y rango de concentración de PCB

| Empresa | Total inventario de equipos | >50 ppm | >50 y < 100 pmm | >100 y < 500 ppm | >500 y < 1000 ppm | >1000 y < 5000 ppm | >5000 ppm |
|--------------|-----------------------------|------------|-----------------|------------------|-------------------|--------------------|------------|
| CHAV | 11 | | | | | | |
| EDN | 334 | 6 | 3 | 3 | | | |
| EDU | 1 060 | 21 | 17 | 2 | | 1 | 1 |
| EGA | 15 | 8 | | | | | 8 |
| EGM | 215 | 5 | | 1 | 1 | | 3 |
| ELC | 1 919 | 91 | 37 | 53 | 1 | | |
| ELN | 1 260 | 13 | 9 | 2 | 2 | | |
| ELO | 821 | | | | | | |
| ELP | 41 | 32 | 1 | | | | 31 |
| ELS | 585 | 3 | 2 | 1 | | | |
| ENO | 1 461 | 2 | 1 | 1 | | | |
| EPU | 1 186 | 2 | 1 | 1 | | | |
| ESE | 2 273 | 6 | 2 | 3 | | | 1 |
| EUC | 552 | | | | | | |
| HID | 2 738 | 22 | 11 | 9 | | 1 | 1 |
| MTC/CAJ/ | 3 | | | | | | |
| MTC/CHI/ | 6 | | | | | | |
| MTC/CUS/ | 10 | | | | | | |
| MTC/IQT/ | 11 | 5 | 2 | 3 | | | |
| MTC/JUL/ | 1 | | | | | | |
| MTC/LAP/ | 10 | 1 | | | | | 1 |
| MTC/TTP/ | 3 | 1 | | 1 | | | |
| SEA | 1 144 | 1 | 1 | | | | |
| SHO | 47 | 14 | 5 | 5 | | | 4 |
| SNP | 29 | 2 | | 2 | | | |
| TRUPAL | 36 | 24 | | | | | 24 |
| MARSA | 50 | | | | | | |
| DUKE | 2 | 2 | | 1 | | | 1 |
| ARIS | 48 | 48 | | | | | 48 |
| SEDAPAL | 41 | | | | | | |
| Total | 15 912 | 309 | 92 | 88 | 4 | 2 | 123 |

En la tabla siguiente se muestra el peso bruto de equipos por empresa y por concentración:

Tabla N° 37: Peso bruto de equipos por empresa y concentración de PCB (kg)

| Empresa | Total inventario en kg | >50 ppm | >50 y < 100 ppm | >100 y < 500 ppm | >500 y < 1000 ppm | >1000 y < 5000 ppm | >5000 ppm |
|--------------|------------------------|----------------|-----------------|------------------|-------------------|--------------------|----------------|
| CHAV | 63 050 | | | | | | |
| EDN | 520 434 | 4 720 | 1 460 | 3 260 | | | |
| EDU | 539 968 | 12 741 | 10 672 | 1 355 | | 145 | 569 |
| EGA | 80 651 | 18 977 | | | | | 18 977 |
| EGM | 490 019 | 3 751 | | 3 031 | 585 | | 135 |
| ELC | 662 794 | 10 388 | 4 002 | 6 236 | 150 | | |
| ELN | 764 560 | 6 168 | 4 423 | 800 | 945 | | |
| ELO | 705 787 | | | | | | |
| ELP | 527 065 | 17 065 | 2 340 | | | | 14 725 |
| ELS | 471 040 | 8 440 | 7 510 | 930 | | | |
| ENO | 722 798 | 1 034 | 672 | 362 | | | |
| EPU | 625 117 | 742 | 482 | 260 | | | |
| ESE | 1 064 023 | 35 756 | 2 058 | 33 158 | | | 540 |
| EUC | 302 701 | | | | | | |
| HID | 2 328 035 | 12 174 | 3 681 | 7 193 | | 400 | 900 |
| MTC/CAJ/ | 1 165 | | | | | | |
| MTC/CHI/ | 2 019 | | | | | | |
| MTC/CUS/ | 4 785 | | | | | | |
| MTC/IQT/ | 8 725 | 2 500 | 1 000 | 1 500 | | | |
| MTC/JUL/ | 1 370 | | | | | | |
| MTC/LAP/ | 8 772 | 1 262 | | | | | 1 262 |
| MTC/TTP/ | 950 | 500 | | 500 | | | |
| SEA | 1 237 557 | 1 280 | 1 280 | | | | |
| SHO | 44 100 | 32 900 | 1 800 | 2 000 | | | 29 100 |
| SNP | 757 169 | 3 600 | | 3 600 | | | |
| TRUPAL | 152 088 | 114 398 | | | | | 114 398 |
| MARSA | 26 080 | | | | | | |
| DUKE | 6 043 | 6 043 | | 4 853 | | | 1 190 |
| Aris | 1 178 | 1 178 | | | | | 1 178 |
| SEDAPAL | 7 380 | | | | | | |
| Total | 12 127 425 | 295 618 | 41 380 | 69 039 | 1 680 | 545 | 182 974 |

Figura N° 13: Peso de equipos contaminados con PCB según rangos (t)

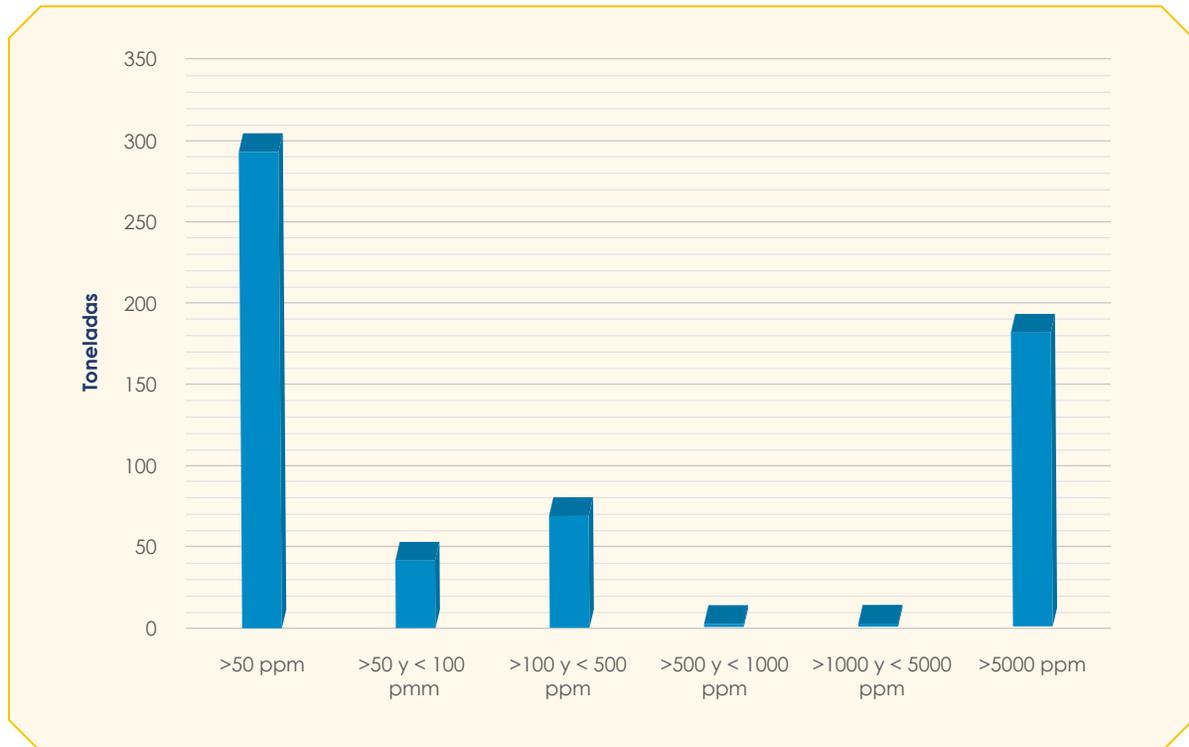


Foto N° 19: Manejo de transformadores con PCB



Como se puede observar en la tabla anterior, 110,4 t (37,4%) tienen PCB con una concentración entre 50 a 500 ppm, mientras que 182,9 t (61,9%) están con más de 5000 ppm, lo que muestra una polarización de equipos con PCB en los extremos (entre 50-500 ppm y más de 5000 ppm).

En la tabla que se muestra a continuación se observa el peso de aceite que corresponde a los 309 equipos contaminados con PCB por empresa:

Tabla N° 38: Peso de aceite de los equipos contaminados con PCB (kg)

| Empresa | Total peso del aceite de equipos del Inventario | Peso de los equipos contaminados con PCB | | | | | |
|--------------|---|--|-----------------|------------------|-------------------|--------------------|---------------|
| | | >50 ppm | >50 y < 100 pmm | >100 y < 500 ppm | >500 y < 1000 ppm | >1000 y < 5000 ppm | >5000 ppm |
| CHAV | 14 640 | | | | | | |
| EDN | 132 220 | 1 307 | 468 | 839 | | | |
| EDU | 142 718 | 3 888 | 3 299 | 392 | | 45 | 152 |
| EGA | 30 753 | 5 947 | | | | | 5 947 |
| EGM | 128 686 | 863 | | 730 | 127 | | 6 |
| ELC | 168 520 | 2 881 | 1 071 | 1 765 | 45 | | |
| ELN | 154 700 | 1 478 | 1 084 | 260 | 134 | | |
| ELO | 201 807 | | | | | | |
| ELP | 158 315 | 5 315 | 702 | | | | 4 613 |
| ELS | 127 712 | 2 775 | 2 485 | 290 | | | |
| ENO | 204 245 | 332 | 222 | 110 | | | |
| EPU | 155 231 | 177 | 102 | 75 | | | |
| ESE | 270 934 | 10 582 | 618 | 9 824 | | | 140 |
| EUC | 79 361 | | | | | | |
| HID | 639 737 | 3 501 | 1 158 | 2 082 | | 0 | 261 |
| MTC/CAJ/ | 355 | | | | | | |
| MTC/CHI/ | 390 | | | | | | |
| MTC/IQT/ | 750 | 750 | 300 | 450 | | | |
| MTC/JUL/ | 405 | | | | | | |
| MTC/LAP/ | 1 802 | 562 | | | | | 562 |
| MTC/TTP/ | 150 | 150 | | 150 | | | |
| SEA | 379 258 | 384 | 384 | | | | |
| SHO | 4 830 | 2 970 | 330 | 370 | | | 2270 |
| SNP | 199 904 | 1 270 | | 1 270 | | | |
| TRUPAL | 49 456 | 39 457 | | | | | 39 457 |
| DUKE | 1 978 | 1 978 | | 1 588 | | | 390 |
| SEDAPAL | 6 560 | | | | | | |
| Total | 3 248 856 | 86 566 | 12 223 | 20 194 | 306 | 45 | 53 798 |

Teniendo en cuenta las marcas de los equipos que están con PCB, se tiene que el 26,2% de ellos pertenece a Arkansas Electric (81 equipos). El detalle de equipos por fabricante se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 39: Número de equipos con PCB por marca de fabricante

| Fabricante | Número de equipos | Porcentaje |
|--|-------------------|---------------|
| ABB | 4 | 1,3% |
| AEG | 1 | 0,3% |
| ALSTHOM | 3 | 1,0% |
| ALSTHOM ATLANTIQUE | 11 | 3,6% |
| ARKANSAS ELECTRIC | 81 | 26,2% |
| ASEA | 5 | 1,6% |
| AVJ INDUSTRIAS ELECTROMECHANICAS | 2 | 0,6% |
| BBC | 8 | 2,6% |
| BROWN BOVERI INDUSTRIAL CANEPA TABINI S.A. | 22 | 7,1% |
| CEA COMPAÑÍA ELECTRICA ELECTROANDINA | 2 | 0,6% |
| DELCROSA | 23 | 7,4% |
| ELECTRIC POWER | 7 | 2,3% |
| ELECTROMECHANIQUE | 1 | 0,3% |
| ENERGOTECNIA | 1 | 0,3% |
| FRESA | 1 | 0,3% |
| GALILEO | 21 | 6,8% |
| GE | 11 | 3,6% |
| GENERAL ELECTRIC | 18 | 5,8% |
| H&P INDUSTRIAL | 2 | 0,6% |
| HOHAGEN & HERMANOS | 1 | 0,3% |
| I.T.B. BRASIL | 3 | 1,0% |
| INDUSTRIAS ELECTROMECHANICAS | 1 | 0,3% |
| ISOELECTRIC S.A.C. | 1 | 0,3% |
| MAGNETRON | 2 | 0,6% |
| MAGRINI GALILEO | 10 | 3,2% |
| POAWT | 1 | 0,3% |
| RTE CORPORATION | 1 | 0,3% |
| RYMEL | 1 | 0,3% |
| SIEMENS | 1 | 0,3% |
| TAMINI | 1 | 0,3% |
| TOSHIBA | 1 | 0,3% |
| TRANSFORMER | 1 | 0,3% |
| EHB | 6 | 1,9% |
| WESTIGHOUSE | 11 | 3,5% |
| BOSCH | 3 | 1,0% |
| MICAFIL ZURICH | 7 | 2,3% |
| ELECOND | 17 | 5,5% |
| N/D | 30 | 9,6% |
| Total general | 309 | 100,0% |

En relación a los equipos que tienen PCB y la fecha de fabricación se puede observar que el 25% de equipos contaminados con PCB han sido fabricados antes de 1983, en el 19% se consigna fabricación después de 1983 mientras que el 56% no cuenta con esta información.

Al respecto se verifica nuevamente que hay una importante número de equipos que tienen PCB y han sido fabricados después de 1983 con lo que se ratifica la contaminación cruzada que se ha producido en el país.

En la siguiente tabla se muestra el detalle del número de equipos contaminados teniendo en cuenta la fecha de fabricación antes y después de 1983.

Tabla N° 40: Equipos contaminados con PCB fabricados antes y después de 1983

| Empresa | Fabricado antes de 1983 | Fabricado después de 1983 | Sin datos | Total |
|----------------------|-------------------------|---------------------------|------------|------------|
| EDN | | 5 | 1 | 6 |
| EDU | 12 | 6 | 3 | 21 |
| EGA | 2 | 6 | | 8 |
| EGM | 4 | 1 | | 5 |
| ELC | 2 | 6 | 83 | 91 |
| ELN | 2 | 7 | 4 | 13 |
| ELP | 1 | | 31 | 32 |
| ELS | 2 | 1 | | 3 |
| ENO | 1 | 1 | | 2 |
| EPU | | 2 | | 2 |
| ESE | 5 | 1 | | 6 |
| HID | 6 | 12 | 4 | 22 |
| MTC/IQT/ | 1 | | 4 | 5 |
| MTC/LAP/ | 1 | | | 1 |
| MTC/TTP/ | | | 1 | 1 |
| SEA | 1 | | | 1 |
| SHO | 3 | 10 | 1 | 14 |
| SNP | 2 | | | 2 |
| TRUPAL | 24 | | | 24 |
| DUKE | 2 | | | 2 |
| Aris | 6 | | 42 | 48 |
| Total general | 77 | 58 | 174 | 309 |

Si se toma en cuenta la localización geográfica de los equipos con PCB, destaca que el mayor número de ellos están en el departamento de Junín (el 29,8% que corresponden a 92 unidades) seguido del departamento de Lima (17,8% con 55 unidades, la mayoría de ellos son condensadores).

Si se analiza el peso de existencias y residuos contaminados con PCB se puede observar que el 39,7% del peso está en La Libertad con 117,43 toneladas de equipos con PCB, luego sigue el departamento de Ica con un peso de 45,6 toneladas de equipos con PCB (15,4%).

Tabla N° 41: Equipos contaminados con PCB teniendo en cuenta la localización geográfica

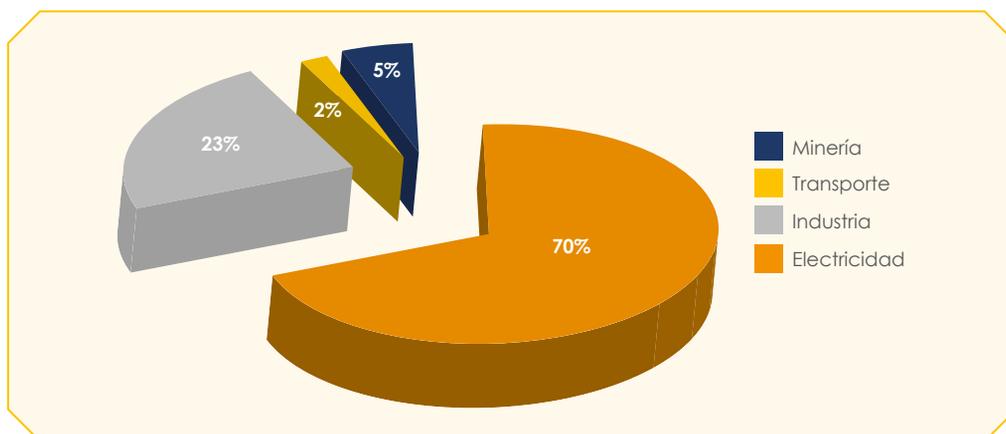
| Departamento | Equipos contaminados con PCB | | Peso de los equipos contaminados (kg) | |
|----------------------|------------------------------|---------------|---------------------------------------|---------------|
| | Unidades | Porcentaje | Unidades | Porcentaje |
| Amazonas | 2 | 0,6% | 945 | 0,3% |
| Ancash | 21 | 6,8% | 15 185 | 5,1% |
| Apurímac | 1 | 0,3% | 31 800 | 10,8% |
| Arequipa | 9 | 2,9% | 20 257 | 6,9% |
| Cajamarca | 2 | 0,6% | 1 340 | 0,5% |
| Cusco | 10 | 3,2% | 7 707 | 2,6% |
| Huancavelica | 32 | 10,4% | 17 065 | 5,8% |
| Ica | 35 | 11,3% | 45 641 | 15,4% |
| Junín | 92 | 29,8% | 13 688 | 4,6% |
| La Libertad | 27 | 8,7% | 117 430 | 39,7% |
| Lambayeque | 9 | 2,9% | 3 883 | 1,3% |
| Lima | 55 | 17,8% | 7 160 | 2,4% |
| Loreto | 5 | 1,6% | 2 500 | 0,8% |
| Moquegua | 1 | 0,3% | 7 260 | 2,5% |
| Pasco | 1 | 0,3% | 300 | 0,1% |
| Piura | 2 | 0,6% | 1 034 | 0,3% |
| Puno | 2 | 0,6% | 742 | 0,3% |
| San Martín | 1 | 0,3% | 500 | 0,2% |
| Tacna | 2 | 0,6% | 1 180 | 0,4% |
| Total general | 309 | 100,0% | 295 618 | 100,0% |

Haciendo un recuento de los equipos con PCB con más de 50 ppm según el sector económico al que pertenecen, se aprecia que el 70% está en el sector electricidad, en Industria el 23%, transporte el 2% mientras que minería es el 5%.

Tabla N° 42: Equipos contaminados con PCB teniendo en cuenta el sector económico

| Sector | Número de empresas | Número de equipos | % | Peso (kg) | % |
|--------------|--------------------|-------------------|-----|----------------|-----|
| Electricidad | 15 | 216 | 70% | 142 880 | 48% |
| Industria | 2 | 72 | 23% | 115 576 | 39% |
| Transporte | 3 | 7 | 2% | 4 262 | 1% |
| Minería | 1 | 14 | 5% | 32 900 | 11% |
| Total | 21 | 309 | | 295 618 | |

Figura N° 14: Distribución de equipos contaminado con PCB según sector



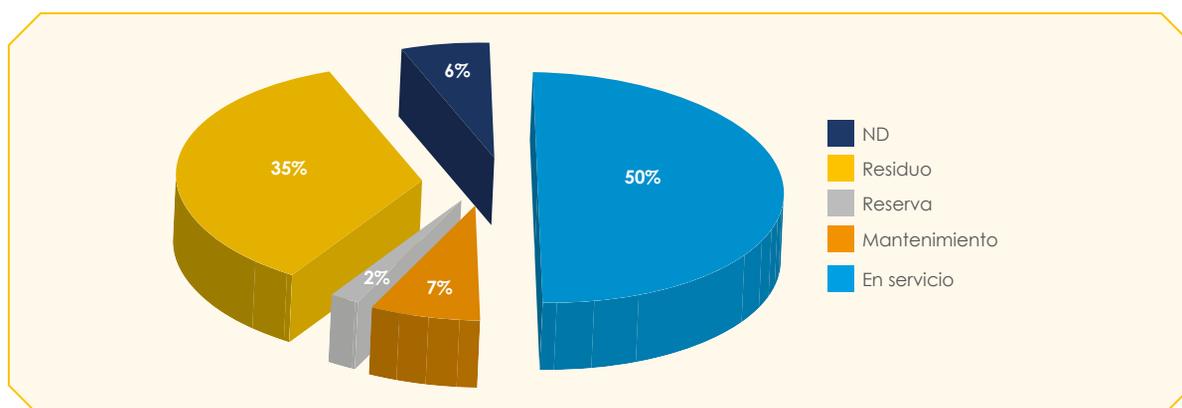
Haciendo un análisis de los resultados teniendo en cuenta la condición de los equipos, se tiene que 156 equipos están en calidad de servicio (equivalente al 50,4%), 21 equipos en mantenimiento (6,8%), 5 en reserva (1,6%) y 108 (35%) como residuo. Es importante notar que 19 equipos no reportan data (6,2%).

Tabla N° 43: Equipos contaminados con PCB teniendo en cuenta su condición

| Estado | Número de equipos | Porcentaje (%) |
|---------------|-------------------|----------------|
| En servicio | 156 | 50,4 |
| Mantenimiento | 21 | 6,8 |
| Reserva | 5 | 1,6 |
| Residuo | 108 | 35,0 |
| ND | 19 | 6,2 |
| Total | 309 | |

ND: No data

Figura N° 15: Distribución de equipos contaminados con PCB según su estado



Con el Proyecto se logrado el registrar el 25% aproximadamente del total de subestaciones (SED) que tiene el sector electricidad al 2013 (63 247)⁴.

⁴ Fuente: Información del VNR2012 – OSINERGMIN GART



06

Eliminación de PCB

Uno de los objetivos del Proyecto fue la eliminación racional de 1 000 toneladas de equipos y residuos que contengan PCB. No obstante el esfuerzo realizado en la fase del inventario, no se logró la meta de identificar la cantidad señalada, lo que significa tener dos escenarios, el primero es que en el país no se utilizaron muchos transformadores y capacitores con PCB, especialmente en el sector eléctrico y el segundo, que si anteriormente se tuvo equipos con PCB, éstos fueron dispuestos o eliminados sin los mayores cuidados, por lo que los PCB fueron liberados al ambiente; esto conlleva a seguir realizando más esfuerzos para identificar y eliminar PCB, así como realizar estudios de investigación para determinar la presencia de PCB en matrices ambientales.

De otro lado, se tiene que algunas empresas propietarias de existencias con PCB no pudieron participar en el proceso de eliminación debido a que sus equipos no tenían el reemplazo (especialmente aquellos que contienen PCB puro). En este sentido, de los 309 equipos identificados con presencia de PCB durante el inventario, 264 equipos formaron parte del proceso de eliminación.

Para llevar a cabo la eliminación, se realizó una Licitación Internacional, habiendo obtenido la buena pro, la firma Tredi S.A. del Grupo Sèchè de Francia a quien se le encargó esta actividad mediante el Contrato N° N° 3000025804 firmado el mes de mayo del 2015.

El Contrato permitió la eliminación de PCB en 264 equipos con un peso de 142,5 t. Para ello se aplicó la eliminación de PCB con recuperación mediante el retrolleado más la declorinación a 168 equipos con un total de 101,3 t.

Los equipos con PCB puro o muy alta concentración de PCB fueron eliminados mediante incineración. Éstos alcanzaron a una cifra de 96 equipos con 41,1 t de peso.

La planta de declorinación estuvo instalada en el predio de propiedad de la empresa Kanay perteneciente al Grupo Sèchè, ubicado en la ciudad de Lima, Distrito de Villa el Salvador, y para el desarrollo de estas actividades obtuvo previamente del Ministerio de la Producción la certificación ambiental correspondiente. La incineración se realizó en la Planta de Saint Vulvas de Tredi S.A., ubicada en Lyon, Francia.

Tabla N° 44: Equipos contaminados a los que se eliminaron PCB en el Proyecto

| Proceso | N° de equipos | Peso bruto (kg) |
|---------------|---------------|-----------------|
| Exportación | 96 | 41 136,00 |
| Tratamiento | 168 | 101 330,43 |
| Total general | 264 | 142 466,43 |

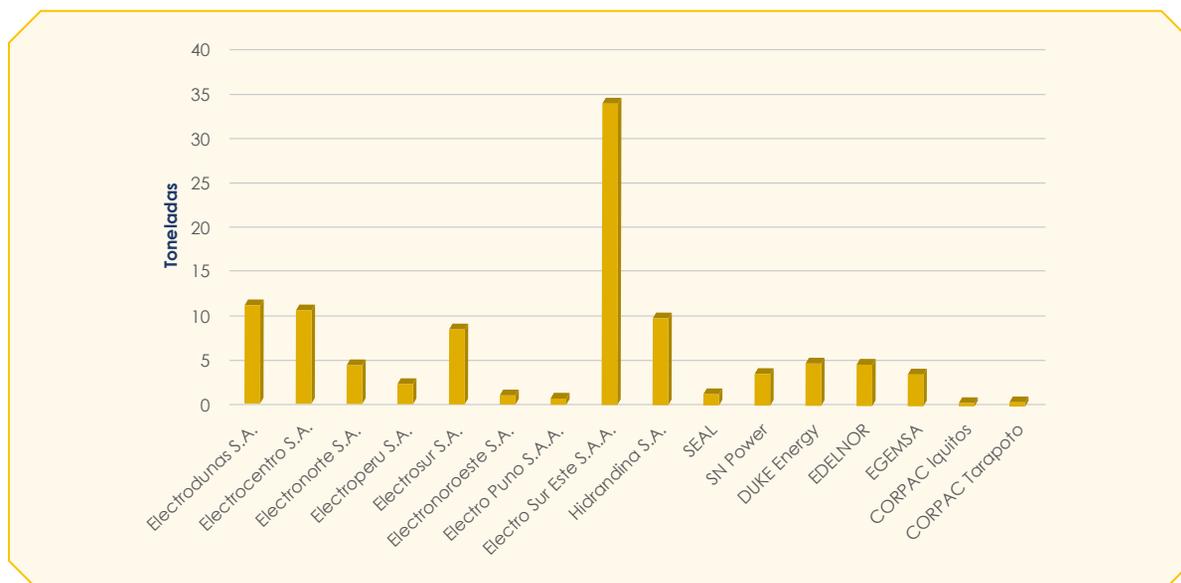
6.1 Equipos descontaminados

Los equipos descontaminados mediante los tratamientos de retrolenado y decloración fueron 168, y pertenecen en su mayoría a empresas del subsector electricidad, destacando Electrocentro por el número de equipos tratados (91 equipos) que corresponde al 54% del total; sin embargo en peso solamente significa el 10%. En peso la empresa más representativa es Electro Sur Este S.A.A. con el 34% en 4 equipos con un peso de 33,9 t.

Tabla N° 45: Equipos descontaminados por empresa

| Empresa | N° de equipos | Peso (kg) | Porcentaje de número de equipos | Porcentaje de peso |
|--------------------------|---------------|-------------------|---------------------------------|--------------------|
| Electrodunas S.A. | 18 | 11 089 | 11% | 11% |
| Electrocentro S.A | 91 | 10 593 | 54% | 10% |
| Electronorte S.A. | 10 | 4 383 | 6% | 4% |
| Electroperu S.A. | 1 | 2 340 | 1% | 2% |
| Electrosur S.A. | 3 | 8 440 | 2% | 8% |
| Electronoroeste S.A. | 2 | 1 034 | 1% | 1% |
| Electro Puno S.A.A. | 2 | 742 | 1% | 1% |
| Electro Sur Este S.A.A. | 4 | 33 956 | 2% | 34% |
| Hidrandina S.A. | 19 | 9 824 | 11% | 10% |
| SEAL | 1 | 1 280 | 1% | 1% |
| SN Power | 2 | 3 600 | 1% | 4% |
| DUKE Energy | 1 | 4 853,43 | 1% | 5% |
| EDELNOR | 6 | 4 720 | 4% | 5% |
| EGEMSA | 2 | 3616 | 1% | 4% |
| CORPAC Iquitos | 5 | 360 | 3% | 0% |
| CORPAC Tarapoto | 1 | 500 | 1% | 0% |
| Total tratamiento | 168 | 101 330,43 | 100% | 100% |

Figura N° 16: Distribución de peso de equipos descontaminados por empresa (t)



6.2 Equipos exportados e incinerados

Los equipos exportados para ser incinerados fueron 96; pertenecen en su mayoría a empresas del subsector electricidad, y a la empresa ARIS del sector industrial que destaca por el número de equipos (49 equipos) que representa el 51%; sin embargo en peso solamente significa el 8%.

En peso exportado, la empresa más representativa es EGASA con el 46% en 8 equipos con un peso de 18,9 t.

Tabla N° 46: Detalle de equipos exportados e incinerados por empresa

| Empresa | N° de equipos | Peso (kg) | Porcentaje de número de equipos | Porcentaje de peso |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------------------------|--------------------|
| EDU | 1 | 569 | 1% | 1% |
| EGA | 8 | 18 977 | 8% | 46% |
| ESE | 1 | 540 | 1% | 1% |
| HID | 2 | 1 850 | 2% | 4% |
| Aris | 49 | 3 150 | 51% | 8% |
| DUKE | 1 | 1 190 | 1% | 3% |
| EGM | 3 | 135 | 3% | 0% |
| ELP | 31 | 14 725 | 32% | 36% |
| Total Exportación | 96 | 41 136 | 100% | 100% |

Foto N° 20: Equipos acondicionados para la exportación



Figura N° 17: Distribución de peso de equipos exportados por empresa (t)



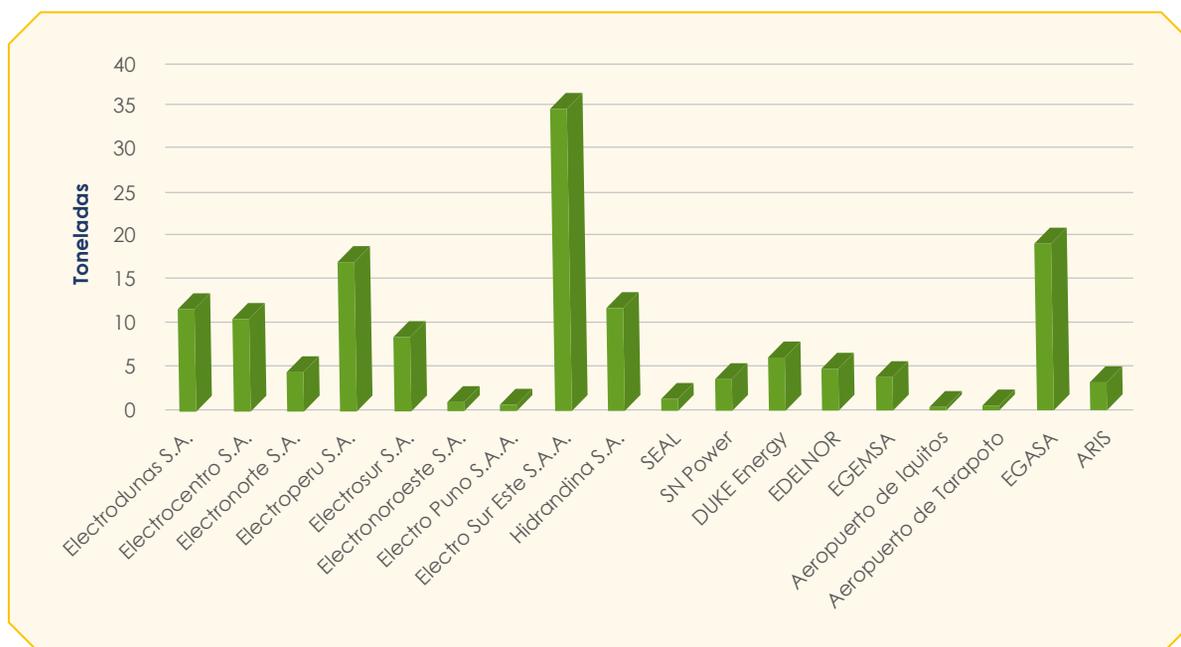
La empresa a la cual se ha eliminado la mayor cantidad de equipos con PCB (mediante descontaminación e incineración), es Electrocentro S.A. con el 34% del total aunque sólo represente el 7% del peso. La empresa a la que se eliminó el mayor peso es Electro Sur Este con el 24% del total.

Tabla N° 47: Equipos descontaminados por empresa

| Empresa | N° de equipos | Peso (kg) | Porcentaje de número de equipos | Porcentaje de peso |
|-------------------------|---------------|-----------|---------------------------------|--------------------|
| Electrodunas S.A. | 19 | 11 658 | 7% | 8% |
| Electrocentro S.A. | 91 | 10 593 | 34% | 7% |
| Electronorte S.A. | 10 | 4 383 | 4% | 3% |
| Electroperu S.A. | 32 | 17 065 | 12% | 12% |
| Electrosur S.A. | 3 | 8 440 | 1% | 6% |
| Electronoroeste S.A. | 2 | 1 034 | 1% | 1% |
| Electro Puno S.A.A. | 2 | 742 | 1% | 1% |
| Electro Sur Este S.A.A. | 5 | 34 496 | 2% | 24% |
| Hidrandina S.A. | 21 | 11 674 | 8% | 8% |
| SEAL | 1 | 1 280 | 0% | 1% |
| SN Power | 2 | 3 600 | 1% | 3% |
| DUKE Energy | 2 | 6 043,43 | 1% | 4% |
| EDELNOR | 6 | 4 720 | 2% | 3% |
| EGEMSA | 5 | 3 751 | 2% | 3% |
| Aeropuerto de Iquitos | 5 | 360 | 2% | 0% |
| Aeropuerto de Tarapoto | 1 | 500 | 0% | 0% |

| Empresa | Nº de equipos | Peso (kg) | Porcentaje de número de equipos | Porcentaje de peso |
|--------------|---------------|-------------------|---------------------------------|--------------------|
| EGASA | 8 | 18 977 | 3% | 13% |
| ARIS | 49 | 3 150 | 19% | 2% |
| Total | 264 | 142 466,43 | 100% | 100% |

Figura N° 18: Distribución en peso de los equipos (t) que fueron sometidos a eliminación de PCB (tratamiento y exportación)



6.3 Resultados finales de la eliminación de PCB en equipos contaminados

6.3.1 Proceso de retrolenado

Como se sabe, después del retrolenado de equipos contaminados con PCB se tuvo un periodo de exudación de 180 días para permitir la estabilización del excedente de producto contaminado que podría haber quedado en las paredes, núcleo, madera y papel del interior del equipo.

Los análisis de cromatografía de gases que se realizaron al 100% de equipos que fueron sometidos a retrolenado (134 equipos que fueron analizados), dieron resultados positivos y exitosos en el proceso con una concentración promedio de 3 ppm.

- 97 equipos con una concentración de 1,06 o menor
- 25 equipos con una concentración de 1,06 ppm a 10 ppm
- 10 equipos con una concentración de 20 ppm a 30 ppm
- 2 equipos con una concentración de 30 ppm a 50 ppm

6.3.2 Proceso de declorinación

Durante el proceso de declorinación se trabajó 49 batch de aceite dieléctrico contaminado con PCB, con concentraciones menores a 500 ppm. Cada batch fue de 500 L (24 500 L declorinados).

Se realizó el muestreo y análisis de cada batch, obteniéndose en su totalidad resultados por debajo de 1,06 ppm, con lo cual se comprobó la efectividad del proceso aplicado.





07

Conclusiones

Desde la ratificación del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) mediante D.S. N° 067-2005-RE del 10 agosto de 2005, el Perú y con apoyo de la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), ha venido realizando acciones para lograr los objetivos establecidos en el Plan de Acción de Bifenilos Policlorados, habiendo logrado avances en la identificación y eliminación de PCB y desarrollo de propuestas normativas.

Se debe destacar la decisión de varias empresas del sector eléctrico que de manera voluntaria han realizado y vienen continuado con el inventario de existencias y residuos con PCB..

Durante la ejecución del Proyecto se ha realizado la identificación de PCB en 15 912 equipos para lo cual se han aplicado las metodologías de descarte de PCB con el equipo Analyzer L2000DX y con los kits Clor-N-Oil de 50 ppm, así como el análisis por cromatografía de gases,. De éstos, 309 equipos tienen más de 50 ppm de PCB que representa el 1,9% del total de equipos analizados (15 912).

Es importante señalar que durante las actividades del inventario se generó un trabajo mutuo y esfuerzo adicional entre las empresas socias y el Proyecto cuando voluntariamente las empresas continuaron con el inventario que había iniciado (en este punto se les apoyó con los análisis confirmatorios por cromatografía de gases) realizándose la detección de PCB a 2 964 equipos que representa el 19% del total realizado por el proyecto.

En el Inventario de PCB se analizó un total de 15 912⁵ muestras (12 127,4 toneladas de peso bruto) que corresponden principalmente a equipos de transformación y condensadores de 30 empresas (17 empresas del subsector electricidad, 7 instalaciones de CORPAC, 3 del sector industrial, dos del sector minero y una empresa del sector de saneamiento de agua potable).

Los equipos proceden de todos los departamentos del país siendo el más representativo el departamento de Junín que representa el 10% del total de equipos analizados.

Si se tiene en cuenta las marcas de los equipos que forman parte del inventario se observa que el 44,3% de ellos fueron fabricados por ABB, BROWN BOVERI INDUSTRIAL CANEPA TABINI S.A. y Delcrosa. El 5,1% no tienen datos de placa o no es legible.

En cuanto a la fecha de fabricación de los equipos, se tiene que un 16% de ellos han sido fabricados antes de 1983, el 73% después de 1983 mientras que el 12% no cuenta con la información de fecha de fabricación.

La valoración realizada al inventario representa el monto de 1 806 413 USD, que las empresas hubieran tenido que asumir sin el apoyo del Proyecto.

⁵ El Proyecto tuvo como meta para esta actividad un inventario de 10 000 equipos, lográndose un resultado del 160%.

La participación de las empresas socias durante las actividades de muestreo, así como el inventario por iniciativa propia realizados durante la ejecución del Proyecto, se ha valorizado en 393 046 USD, que es considerada como una contrapartida nacional y que es importante destacar.

El total de equipos que resultaron con concentraciones de 50 ppm o más de PCB, representan un peso bruto (carcasa más aceite) de 295,62 toneladas, siendo el peso del aceite con PCB de 86,57 toneladas.

El 58,3% de equipos contaminados están entre 50 a 500 ppm, lo que significa que se trata de contaminación cruzada durante las operaciones de mantenimiento. Si se toma en cuenta el peso bruto de los equipos, el 61,9% está con una concentración mayor a 5000 ppm o con PCB puro, mientras que el 37,4% está entre 50 ppm y 500 ppm.

De los equipos que tienen PCB, el 25% han sido fabricados antes de 1983, el 19% después de 1983 mientras que el 56% no cuenta con esta información. Estos resultados ratifican la contaminación cruzada que se ha producido en el país. Así también, se evidencia la falta de cuidado para mantener información de los equipos.

El 39,7% del peso de equipos con PCB que corresponde a 117,43 toneladas se encontraron en La Libertad, seguido por el departamento de Ica con 45,6 toneladas (15,4%).

De los 309 equipos identificados con presencia de PCB durante el inventario, 264 equipos (142,5 t) formaron parte del proceso de eliminación realizado por la firma Tredi S.A., contratada por el Proyecto.

Se aplicó la eliminación de PCB con recuperación mediante el retrolenado más la de clorinación a 168 equipos con un total de 101,3 t. Adicionalmente, 96 equipos con PCB puro o muy alta concentración de PCB fueron eliminados mediante incineración (41,1 t).

La empresa a la cual se ha eliminado la mayor cantidad de PCB en sus equipos es Electrocentro S.A. con el 34% del total, aunque sólo represente el 7% del peso. La empresa a la que se eliminó el mayor peso de material contaminado con PCB es Electro Sur Este con el 24% del total.

Los equipos tratados fueron 168, destacando Electrocentro con 91 equipos (54%); sin embargo solamente significa el 10% del peso. En peso la empresa más representativa es Electro Sur Este S.A.A. (34%) en 4 equipos con un peso de 33,9 t.

Los equipos exportados e incinerados fueron 96, destacando la empresa ARIS con 49 equipos (51%); sin embargo en peso solamente significa el 8%. En peso exportado, EGASA representa el 46% que corresponde a 8 equipos con un peso de 18,9 t.

Tanto durante las actividades del inventario como de eliminación se adoptaron las mejores prácticas ambientales, así como de seguridad e higiene ocupacional, no se tuvo ningún accidente, ni incidente.

Los procesos de eliminación de PCB realizados responden a las mejores técnicas disponibles en la región sudamericana y que han sido aplicables a las condiciones geográficas del país.

Tanto previo y durante el desarrollo de las actividades de inventario y eliminación de PCB, el proyecto capacitó a los técnicos, esto facilitó la realización de los trabajos y lo más importante, se ha realizado transferencia de conocimientos y técnicas de trabajo.

Se debe resaltar que PRODUCE otorgó la certificación ambiental al Proyecto "Planta de Tratamiento de aceites con contenido de PCB" de la empresa Kanay S.A.C., ubicada Zona Industrial de Villa El Salvador, a efectos de brindar el servicio al Proyecto PCB.



08

Recomendaciones

Teniendo en cuenta que el número de equipos que hasta el momento se ha procesado para analizar la presencia de PCB no debe llegar al 25% del total del sector electricidad, se recomienda que se impulse la publicación del Reglamento de PCB que obligue a las empresas contar con un Plan de Gestión de PCB que libere al país de este contaminante altamente riesgoso para la salud de los pobladores y el medio ambiente.



Anexos

Anexo N° 1: Metodología para el descarte de PCB mediante el kit Clor-N-Oil 50 ppm

Objetivo

Establecer los pasos a seguir para realizar el análisis de una muestra de aceite dieléctrico para descartar la presencia de PCB utilizando el kit Clor-N-Oil ^(R) de la compañía Dexsil.

Alcance

Este procedimiento se aplica a todo el personal que tenga a su cargo el uso de los kit Clor-N-Oil (R) para descartar la presencia de PCB en muestras de aceite dieléctrico de equipos de transformación.

Definiciones

| | |
|------------------------------|---|
| Aceite dieléctrico | Aceite con características dieléctricas empleado como aislante y refrigerante en los transformadores de tensión. |
| Descontaminación | Remoción de PCB por algún medio físico o químico para alcanzar una concentración de menos de 50 ppm o menor a 10 µg/100 cm ² , según sea aplicable. |
| Disposición Final | Procesos u operaciones para tratar o disponer en un lugar los residuos con PCB o presencia de éstos como última etapa de su manejo en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura. |
| Eliminación | Proceso de remoción de existencias o residuos con PCB, de acuerdo a un Plan de Eliminación o un Plan de Manejo de Residuos. |
| Equipo eléctrico | Dispositivo que para su funcionamiento emplea materiales que puedan contener PCB. Pueden ser transformadores, condensadores, balastos de luz, etc. |
| Evaluación de Riesgos | Identificación y cuantificación de los riesgos determinados por exposición a los PCB para su análisis y control. |
| Existencia con PCB | Cualquier equipo en estado operativo, sus componentes y recipientes que contengan PCB con una concentración mayor o igual a 50 ppm o cuya superficie presente una concentración mayor o igual a 10 µg/100 cm ² |
| Fluido dieléctrico | Fluido capaz de resistir un gradiente de potencial eléctrico lo que le confiere propiedades aislantes. |

| | |
|--|--|
| Gestión Ambientalmente Racional (GAR) | Adopción de todas las medidas posibles para asegurar que los desechos peligrosos y otros desechos sean gestionados de manera que se proteja la salud humana y ambiental de cualquier efecto adverso que pueda derivarse de tales desechos. |
| Incineración | Método de tratamiento de residuos PCB que consiste en la oxidación química para la combustión completa de los residuos en instalaciones autorizadas, a fin de reducir y controlar riesgos a la salud y ambiente. |
| Manejo Ambientalmente Racional (MAR) | Adopción de todas las medidas posibles para garantizar que los desechos peligrosos y otros desechos se manejen de manera que queden protegidos el medio ambiente y la salud humana contra los efectos nocivos que pueden derivarse de tales efectos. |
| ppm | Partes por millón. |
| EPP | Equipos de protección personal para evitar daño de los trabajadores |
| Transformador | Equipo utilizado para aumentar o reducir la tensión. Los transformadores que contienen PCB normalmente se instalan en edificios en los que se distribuye electricidad denominadas subestaciones eléctricas. |

Definición de responsabilidades

- Todo el personal que realice actividades relacionadas con el análisis de muestras de aceite dieléctrico de los equipos de transformación utilizando los kit Clor-N-Oil(R) de Dexsil.
- El supervisor de Medio Ambiente y/o Seguridad verifican el cumplimiento del presente procedimiento, el entrenamiento de sus trabajadores y uso del equipamiento adecuado.
- El área de Seguridad y Medio Ambiente proveerá entrenamiento y monitoreará el correcto uso de los equipos y manipulación de materiales peligrosos.

Personal, materiales, instrumentos y equipos de protección personal

Personal

Un supervisor Un técnico para manejo del kit de descarte

Materiales

- Frasco con la muestra.
- Bolsas de plástico negro para residuos de waype o trapos con aceite dieléctrico.
- Solvente para limpieza de válvulas y en caso de derrames de aceite.
- Formulario para registro y control de muestras.
- Material absorbente para derrames de aceite.
- Papel Absorbente para contener pequeños derrames, bolsa de 5 kg. Sería recomendable que en la instalación exista un kit de contención de derrames de aceite de mayor capacidad ya que se registran casos en que aflojando un grifo se raja una soldadura y se produzca una pérdida relevante.

Herramientas

Kit Clor-N-Oil^(R) de 50 ppm. Marcador industrial negro de tinta indeleble

Equipos de protección personal

- Mameluco de protección personal Tyvek.
- Mascara de protección para gases orgánicos.
- Guantes de nitrilo (Ansell Edmont 37-185 o similar). Se debe usar una para cada muestra.
- Lentes de protección.

Condición técnica, seguridad y medio ambiente

- Ambiente suficientemente ventilado

Contenido

Cada Kit contiene todo lo necesario para realizar la prueba en menos de 10 minutos. Todos los agentes reactivos están contenidos en ampollas con las cantidades precisas para obtener resultados seguros, efectivos y al instante. La presentación de los kits es en concentraciones fijas de 20, 50, y 500 ppm.

Con la finalidad de eliminar la posibilidad de obtener falsos negativos, el kit Clor- N-Oil®, está calibrado con el Aroclor 1242 que contiene una concentración de cloruros de 42%. Con éste método que es más conservador se puede asegurar la obtención de falsos negativos por debajo del 1% (0,67% según la empresa proveedora).

Cuando la sustancia indicadora toma un color púrpura, podemos estar seguros que el líquido contiene menos concentración de PCB respecto al nivel seleccionado del Kit.

Foto N° 21: Kit Clor-N-Oil



Foto: Mario Mendoza

Cada Kit Clor-N-Oil 50 de la compañía Dexsil® contiene:

- Tubo #1 – Un tubo de ensayo de plástico, de tapa negra con válvula, contiene una ampolla incolora con una marca azul (inferior) y una ampolla gris (superior).
- Tubo #2 – Un tubo de ensayo de tapa blanca, conteniendo 7 ml de una solución buffer, una ampolla incolora con una marca blanca (inferior) y una ampolla verde roja (superior)

- Una pipeta desechable de plástico.
- Una ampolla de vidrio embalada en un tubo de cartón, designado como ampolla de eliminación.

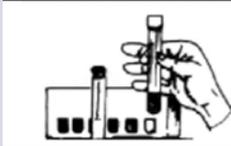
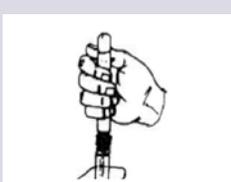
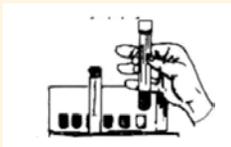
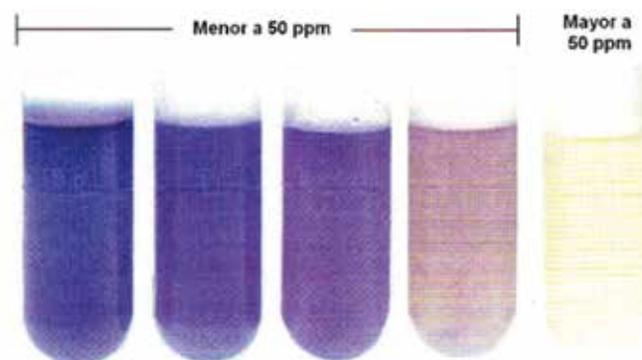
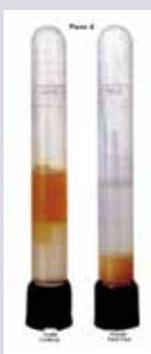
| | |
|---|--|
|  | <p>1. Preparación – Remueva el contenido de la caja. Verifique si el contenido está correcto e intacto. Coloque los dos tubos de ensayo en los soportes frontales de la caja.</p> |
|  | <p>2. Preparación de la muestra – Retira la tapa negra del tubo #1. Utilizando la pipeta desechable, transfiera exactamente 5 ml. de aceite del transformador (hasta la línea) para el tubo de tapa negra. Cierre bien el tubo.</p> |
|  | <p>3. Reacción – Quiebre la ampolla con la marca azul (inferior) comprimiendo los lados del tubo. Agite vigorosamente durante 10 segundos. Quiebre la ampolla gris del tubo #1 y agite bien durante 10 segundos (asegúrese de que la ampolla incolora es la primera a ser quebrada). Espere 50 segundos para que los reactantes reaccionen agitando intermitentemente.</p> |
|  | <p>4. Extracción – Remueva las tapas de ambos tubos y transfiera la solución buffer (solución incolora) del tubo #2 (tapa blanca) para el tubo #1 (tapa negra). Cierre el tubo #1 e agite vigorosamente durante 10 segundos. Ventile el tubo #1 con cuidado (abra la tapa apenas media vuelta) para aliviar la presión dentro del tubo. Agite 10 segundos más y ventile nuevamente el tubo. El aceite ya no debe estar grisáceo. Coloque el tubo #1 bien cerrado con la tapa hacia abajo en una superficie plana y espere 2 minutos para que la solución acuosa se separe de la solución orgánica (aceite). Si el aceite queda por debajo de la solución acuosa, el aceite es PCB puro (Askarel). (Ver instrucciones especiales en la indicación de askarel). Si el aceite se encuentra sobre la fase acuosa continúe con el test.</p> |
|  | <p>5. Análisis – Si el aceite se encuentra por encima de la solución acuosa, levantar el tubo #1 (invertido como está) con cuidado y transferir a través de la válvula del tubo #1, 5 ml. de la solución acuosa para el tubo #2 (hasta la marca de los 5 ml). Tener cuidado para no introducir ninguna gota de aceite que se encuentra por encima de la solución acuosa. Cierre bien el tubo #2. Quiebre la ampolla incolora (inferior) del tubo #2 y agite durante 10 segundos. Quiebre la ampolla de color (superior) del tubo #2 y agite durante 10 segundos.</p> |
|  | <p>6. Resultados – Observe el color resultante y compare con la tabla de colores. Si la solución tuviera un color púrpura, el aceite contiene menos de 50 ppm de PCB. Si la solución tuviera un color amarillo o incoloro, el aceite podría tener más de 50 ppm de PCB. Enseguida, se debe hacer un análisis a través de un método específico (cromatografía gaseosa) para la identificación y cuantificación de PCB.</p> |
|  | <p>7. Eliminación – Abra la ampolla, denominada "ampolla de eliminación" e introdúzcala en el tubo #2. Cierre el tubo, quiebre la ampolla y agite durante 5 segundos. Esta reacción es necesaria para neutralizar el mercurio, de tal forma que se cumple los requisitos del test TCLP ("Toxicity Characteristic Leaching Procedure") de la EPA (Environmental Protection Agency).</p> |

Foto N° 22: Tabla de colores para la determinación de PCB



Instrucciones especiales en la indicación de Askarel



En el paso 4, si el aceite está en el fondo en lugar de quedar por encima de la solución (como se muestra la figura), no continúe con el test. Lo que estás por analizar es prácticamente PCB puro (askarel).

La fase de askarel puede tener un color amarillo o ser incoloro. Si las dos fases fuesen incoloras también indicará la presencia de askarel puro y en este caso el test se debe parar inmediatamente, pues podrá dar resultados falsos.

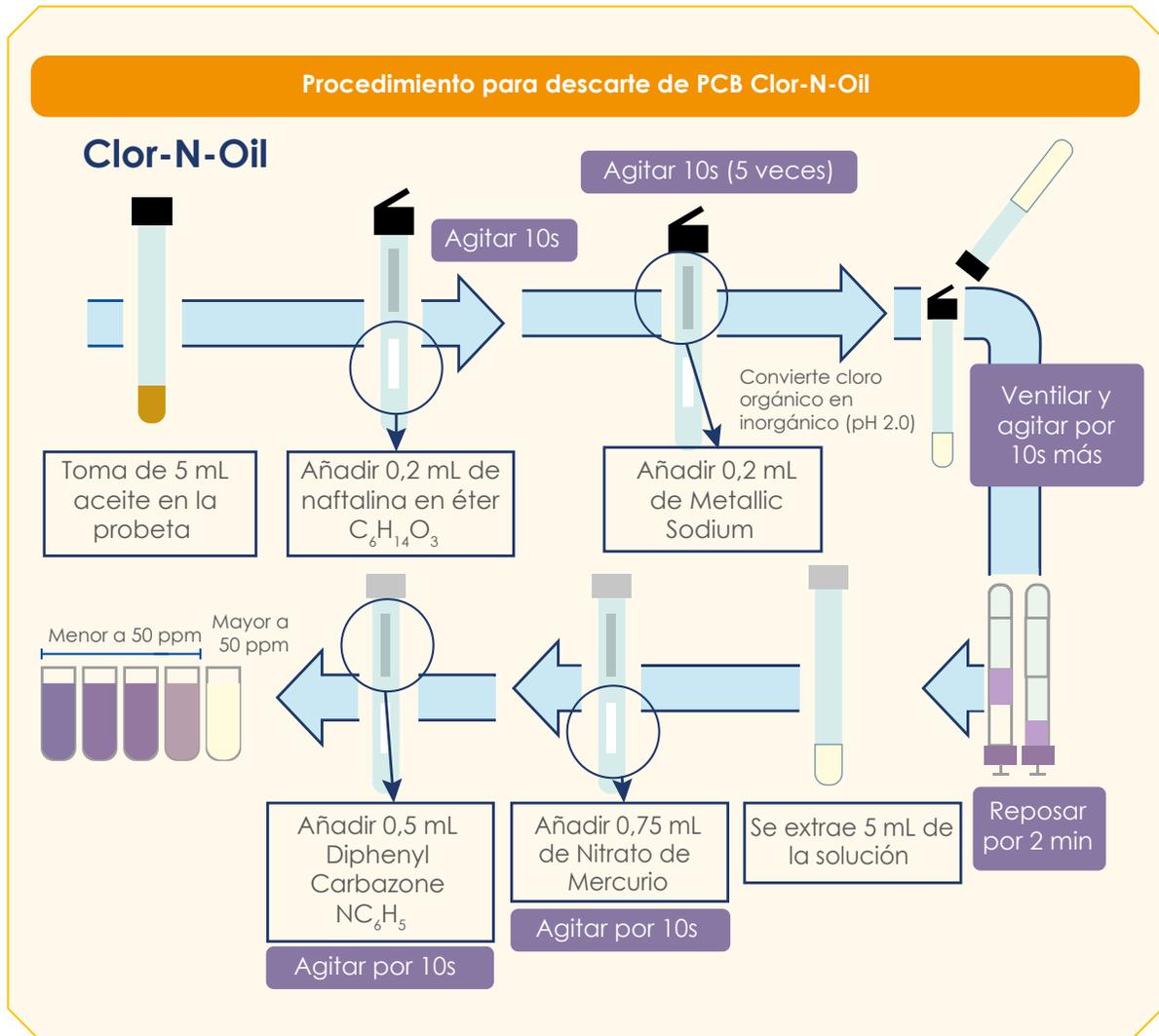
El trabajo de investigación de este kit fue patrocinado por Electric Power Research Institute, Palo Alto, California y desarrollado por General Electric Company, Pittsfield, Massachusetts and Dexsil Corporation Hamden, Connecticut.

Capacitación

Para el buen cumplimiento de este procedimiento es necesario que se tenga capacitación en:

- Operación del Kit Clor-N-Oil(R) de 50 ppm.
- Conocimiento de los riesgos y respuesta a accidentes ambientales con PCB.

Figura N° 19: Diagrama del procedimiento



Anexo N° 2: Metodología para el descarte de PCB mediante el Analyzer L2000DX

Objetivo

Establecer los pasos a seguir para realizar el análisis de una muestra de suelo para medir la concentración de PCB en aceite dieléctrico utilizando el Analyzer L2000DX(R) de la compañía Dexsil.

Alcance

Este procedimiento se aplica a todo el personal que tenga a su cargo el uso del Analyzer L2000DX(R) de la compañía Dexsil para hallar la concentración de PCB en muestras de aceite dieléctrico.

Definiciones

| | |
|--|--|
| Aceite dieléctrico | Aceite con características dieléctricas empleado como aislante y refrigerante en los transformadores de tensión. |
| Descontaminación | Remoción de PCB por algún medio físico o químico para alcanzar una concentración de menos de 50 ppm o menor a 10 µg/100cm ² , según sea aplicable. |
| Disposición Final | Procesos u operaciones para tratar o disponer en un lugar los residuos con PCB o presencia de éstos como última etapa de su manejo en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura. |
| Eliminación | Proceso de remoción de existencias o residuos con PCB, de acuerdo a un Plan de Eliminación o un Plan de Manejo de Residuos. |
| Equipo eléctrico | Dispositivo que para su funcionamiento emplea materiales que puedan contener PCB. Pueden ser transformadores, condensadores, balastos de luz, etc. |
| Evaluación de Riesgos | Identificación y cuantificación de los riesgos determinados por exposición a los PCB para su análisis y control. |
| Existencia con PCB | Cualquier equipo en estado operativo, sus componentes y recipientes que contengan PCB con una concentración mayor o igual a 50 ppm o cuya superficie presente una concentración mayor o igual a 10 µg/100cm ² |
| Fluido dieléctrico | Fluido capaz de resistir un gradiente de potencial eléctrico lo que le confiere propiedades aislantes. |
| Gestión Ambientalmente Racional (GAR) | Adopción de todas las medidas posibles para asegurar que los desechos peligrosos y otros desechos sean gestionados de manera que se proteja la salud humana y ambiental de cualquier efecto adverso que pueda derivarse de tales desechos. |
| Incineración | Método de tratamiento de residuos PCB que consiste en la oxidación química para la combustión completa de los residuos en instalaciones autorizadas, a fin de reducir y controlar riesgos a la salud y ambiente. |
| Manejo Ambientalmente Racional (MAR) | Adopción de todas las medidas posibles para garantizar que los desechos peligrosos y otros desechos se manejen de manera que queden protegidos el medio ambiente y la salud humana contra los efectos nocivos que pueden derivarse de tales efectos. |
| ppm | Partes por millón. |
| EPP | Equipos de protección personal para evitar daño de los trabajadores |
| Transformador | Equipo utilizado para aumentar o reducir la tensión. Los transformadores que contienen PCB normalmente se instalan en edificios en los que se distribuye electricidad denominadas subestaciones eléctricas. |

Definición de responsabilidades

- Todo el personal que realice actividades relacionadas con el análisis de muestras de aceite dieléctrico utilizando el Analyzer L2000DX(R) de Dexsil.
- El supervisor de Medio Ambiente y/o Seguridad verifican el cumplimiento del presente procedimiento, el entrenamiento de sus trabajadores y uso del equipamiento adecuado.
- El área de Seguridad y Medio Ambiente proveerá entrenamiento y monitoreará el correcto uso de los equipos y manipulación de materiales peligrosos.

Personal, materiales, instrumentos y equipos de protección personal

Personal

- Un supervisor
- Un técnico para manejo del Analyzer L2000DX^(R)

Materiales

- Muestra de aceite dieléctrico.
- Bolsas de plástico negro para residuos de waype o trapos con aceite dieléctrico.
- Solvente para limpieza de válvulas y en caso de derrames de aceite.
- Formulario para registro y control de muestras.
- Material absorbente para derrames de aceite.
- Papel absorbente para contener pequeños derrames, bolsa de 5 kg. Sería recomendable que en la instalación exista un kit de contención de derrames de aceite de mayor capacidad ya que se registran casos en que aflojando un grifo se raja una soldadura y se produzca una pérdida relevante.

Herramientas

- Analyzer L2000DX (R).
- Marcador industrial negro de tinta indeleble

Equipos de protección personal

- Mameluco de protección personal Tyvek.
- Mascara de protección para gases orgánicos.
- Guantes de nitrilo (Ansell Edmont 37-185 o similar). Se debe usar una para cada muestra.
- Lentes de protección.

Condición técnica, seguridad y medio ambiente

Ambiente suficientemente ventilado

Contenido

A continuación se describe el procedimiento para la preparación de muestras para analizar aceite dieléctrico.

Foto N° 23: Equipo Analyzer L2000DX

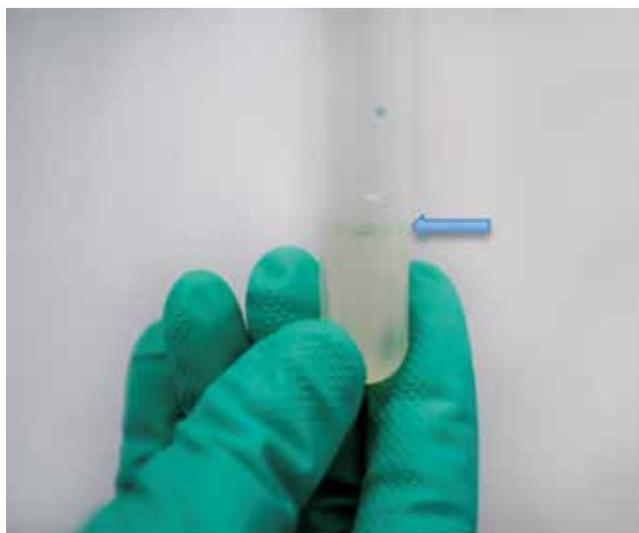


Aceite dieléctrico

Antes de que una muestra del aceite dieléctrico del transformador se pueda analizar con el L2000DX, los elementos organoclorados (PCB) deben ser químicamente convertidos en cloro.

- Quite la tapa del tubo negro y agregue aceite hasta la línea de 5 mL usando una pipeta del polietileno (Figura No 1).

Foto N° 24: Verificar la extracción de 5 mL de muestra en tubo de ensayo



- Reponga la tapa en el tubo ajustándola firmemente
- Rompa la ampolla (incolora) inferior en el tubo. Sacuda vigorosamente el tubo por 10 segundos. Rompa la ampolleta presionando el tubo de ensayo de plástico y no lo doble.
- Rompa la ampolla (gris) superior en el tubo. Sacuda el tubo vigorosamente por 10 segundos permitiendo que la reacción se produzca por un periodo de 50 segundos adicionales (total de un minuto), mientras tanto, sacuda intermitentemente varias veces.
- Con la pipeta de 5 mL, ídem agregue cinco mililitros de la solución de extracción al tubo de tapa negra. Cierre la capsula con seguridad y sacuda vigorosamente hasta que desaparezca la espuma y el color oscuro. Ventee el tubo con cuidado

destapando parcialmente la tapa negra mientras que sostiene el tubo en posición vertical. Presione el tubo levemente mientras ajusta la tapa y sacuda el tubo vigorosamente por 20 segundos más. Ventear otra vez, y cerrar la tapa y colocar el tubo al revés parándolo sobre su tapa, manténgala en esta posición por dos minutos.

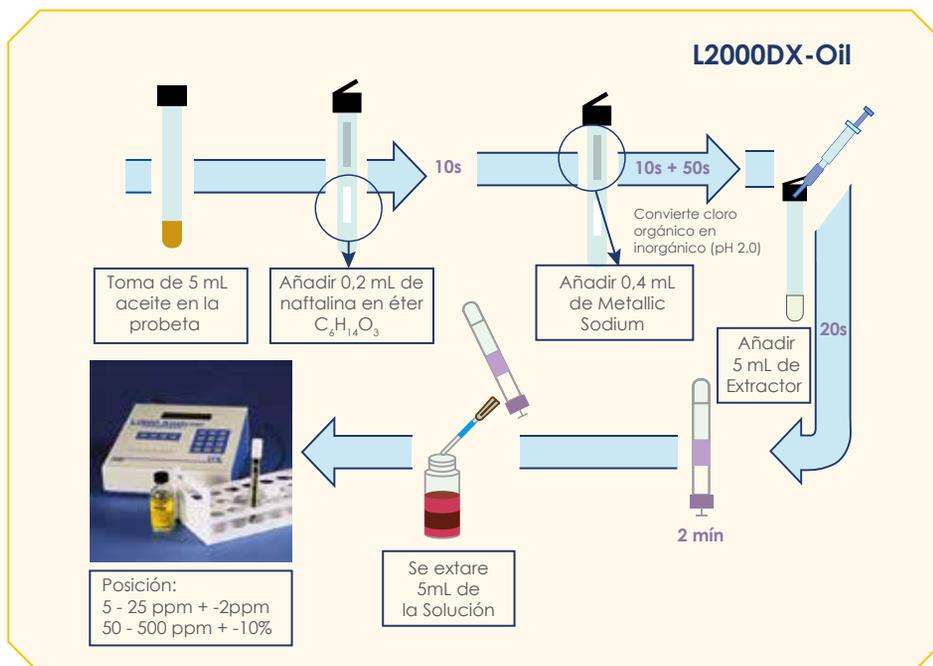
- Coloque el embudo con el filtro del polietileno en uno de los frascos del cristal de 20 mL marcándolo con el número de la muestra (identificación de la muestra). Coloque el tubo de tapa negra directamente sobre el embudo y abra cuidadosamente el dispensador (Véase la Figura No 2).
- Disperse la solución cuidadosamente exprimiendo los lados del tubo. Pare tan pronto como aparezca la primera gota del aceite. Permita que la solución pase a través del embudo, pero quite el embudo antes de cualquier gota de aceite pase a través de él. Permita que la solución se refrigere al medio ambiente por cinco minutos. La muestra ahora está lista para el análisis.

Foto N° 25: Traspaso de solución a frasco de medición con el electrodo



En el gráfico que se muestra a continuación se grafica el procedimiento paso a paso para mejor seguimiento:

Figura N° 20: Proceso para preparación de muestras de aceite



Anexo N° 3: Metodología de análisis de PCB mediante cromatografía de gases con detección por captura de electrones.

Versión: 02

| Historial de Revisiones | | | |
|---|-------|--|------------------------|
| N° Revisión | Fecha | Sección | Modificación Efectuada |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| Elaborado y revisado por:* Roberto Martínez Sixto Guevara Janusz Ruiz | | Aprobado por: * Elena Gil Merino - Jefe Laboratorio DIGESA | |

Objetivo:

Determinar los PCBs o BPC como Arocloros 1242, 1254 y 1260 en muestras de aceites dieléctricos o líquidos aislantes.

Alcance:

Este método describe la determinación cuantitativa de la concentración de bifenilos policlorados (BPC o PCB) como arocloros 1242, 1254 y 1260 o la suma de éstos en líquidos aislantes por cromatografía gaseosa.

El límite de detección del método para Aroclor 1242 = 0,35 µg/g; Aroclor 1254 = 0,15 µg/g y Aroclor 1260 = 0,28 µg/g.

El límite de cuantificación del método para Aroclor 1242 = 1,06 µg/g; Aroclor 1254 = 0,44 µg/g y Aroclor 1260 = 0,85 µg/g.

El rango de trabajo para Aroclor 1242 es de 1,06 µg/g a 5000 µg/g, para Aroclor 1254 es de 0,44 µg/g a 5000 µg/g y para Aroclor 1260 es de 0,85 µg/g a 5000 µg/g.

El alcance máximo de concentración de cada aroclor es de 5000 µg/g.

La dilución máxima debe ser 25X.

Esta técnica puede ser no aplicable a la determinación de PCB totales o con distinto perfil a los tres arocloros antes mencionados.

La precisión y el sesgo de este método de ensayo han sido establecidos sólo para concentraciones de PCBs en aceite mineral o aceite dieléctrico. El uso de este método no ha sido demostrado para fluidos distintos a los aceites dieléctricos, como algunos hidrocarburos halogenados que en su composición pueden interferir con la detección de los PCBs.

Documentos relacionados:

- AC-PS-17. Procedimiento de aseguramiento de calidad de resultados físico- químicos.
- AO-IT-01. Instructivo de preparación de estándares.
- Informe de Validación 01 – 2015
- AC-PL-04. Plan de aseguramiento de calidad de resultados
- F04-AC-IT-02. Registro de temperatura de secado y análisis
- AO-IT-04. Uso y verificación del espectrómetro-cromatógrafo de gases

Definiciones

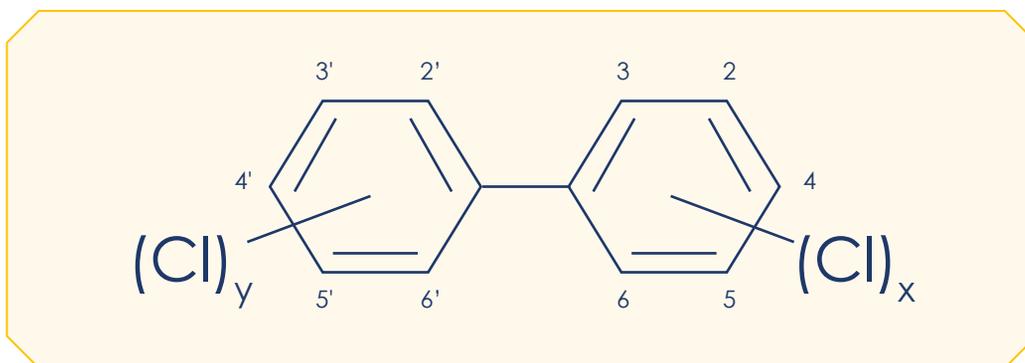
Aceites dieléctricos:

Aceite capaz de resistir un gradiente de potencial eléctrico, lo que le confiere propiedades aislantes. El aceite dieléctrico tiene una constante dieléctrica constante. Cuando un aceite tiene impurezas, como el agua, la constante dieléctrica fluctúa debido a la interferencia de los electrones de los contaminantes, que son libres para moverse y crear una corriente. El aceite dieléctrico es empleado en equipamiento eléctrico.

PCB:

Del inglés, polychlorinated biphenyls (bifenilos policlorados) son una serie de compuestos organoclorados que constituyen una familia de 209 congéneres, los cuales se forman mediante la cloración de las 10 diferentes posiciones del bifenilo, por lo que poseen una estructura química orgánica similar y se presentan en una variedad de formas que va desde líquidos grasos hasta sólidos cerosos.

Estructura química general de los bifenilos policlorados.



Tiempo de retención:

Es el tiempo medido entre la inyección y la elución de la concentración máxima del soluto enésimo (máxima señal). La distancia entre este máximo de la señal y la línea de base es la altura del pico en cuestión.

Resumen

Se pesa 0,1 g de aceite aislante en un cartucho con 0,5 g de florisil previamente acondicionado (130 °C por toda la noche), luego se eluye con 5 mL de isooctano, de la fracción resultante se inyecta 1 μ L al cromatógrafo de gases, los componentes se separan a medida que pasan a través de la columna capilar arrastrados por el gas portador (helio), la presencia de los PCBs se mide por un ECD, el cual se registra como un cromatograma.

Las lecturas del cromatograma de la muestra ensayada se realizan comparando con un cromatograma estándar de unos de los arocloros (1242, 1254, y 1260), de valor conocido, tratado en las mismas condiciones analíticas

Desarrollo

Equipamiento, materiales y reactivos

Sistema de Cromatografía de Gases,

El cual consiste en los siguientes elementos:

- Inyector "split/splitless"
- Detector de captura de electrones.
- Columna capilar (HP-5MS, 5 % fenil – polimetilxiloxano) 30 m x 0,25 mm ID x 0,25 µm de película.
- Línea de gas portador (helio UHP) provista de tres purificadores especiales para la eliminación consecutiva de trazas de humedad, oxígeno y compuestos orgánicos en el gas portador,
- Sistema de gas auxiliar nitrógeno UHP, para el detector.
- Sistema informático para manejar, registrar y calcular los parámetros y datos cromatográficos.
- Alineador (liner) de vidrio desactivado, tipo splitless.
- Septum con diámetro de 11 mm.
- Anillo de silicona para el alineador.
- Lana de vidrio o algodón.
- Conector de columna, para interface de las masas.
- Trampa química o filtro de contaminantes del venteo.
- Jeringa de inyección 10 µL para cromatografía de gases.

Balanza analítica con precisión de 0,1 mg

Materiales de laboratorio

- Pipeta Pasteur de 145 mm a más.
- Probetas de 10 mL graduadas.
- Tefinas de goma.
- Dispensador para solventes.
- Micropipetas de 20 – 200 µL.
- Cartucho de extracción de fase sólida (jeringa de polietileno de 5 mL).

Reactivos y soluciones patrones

- Florisil grado GC, malla 60/100.
- Isoctano grado GC o grado analítico exento de interferencias de compuestos clorados bajo las condiciones de análisis.
- Acetona P.A. (para lavado de material).
- Ácido sulfúrico grado P.A.
- Soluciones estándares de Arocloros (1242, 1254 y 1260) disueltos en aceite dieléctrico con concentraciones finales de 50 µg/g y 500 µg/g.
- Aceite mineral libre de PCB.

Precauciones

- Se requieren mandil, guantes de nitrilo, máscara para solventes orgánicos y anteojos de protección.
- Campana extractora de solventes orgánicos.
- Antes de iniciar algún mantenimiento de GC:
- Para cambiar el inserto septum o en el caso de instalar/desconectar la columna, apagar el inyector, detector y el horno, esperar que enfríen para evitar quemaduras.
- Al cortar la columna capilar se debe emplear lentes de protección para evitar lesiones por posibles partículas emitidas.

Parámetros instrumentales

Operar el instrumento según el instructivo AO-IT-04 Uso y verificación del Espectrometro-Cromatógrafo de gases.

Preparación de materiales

Preparación del cartucho:

Colocar en la base de la jeringa una capa de algodón medicinal de 5 mm de espesor.

Activación del florisil:

Colocar en una cápsula de porcelana una porción de florisil y llevar a la estufa a una temperatura de 130 °C durante toda la noche, luego enfriar en un desecador y usar inmediatamente. Si no se usa dentro de las 6 horas se vuelve a la estufa.

Tratamiento de muestra (ver. Anexo 1) y controles

- Cargar los cartuchos con 0,5 g de florisil recientemente activado.
- Adicionar 0,1g de muestra de aceite dieléctrico para su purificación.
- Colocar el cartucho con la muestra en un sistema de extracción y eluir con 5 mL de Isooctano en probeta de 10 mL con graduación a 5 mL.
- Si el eluato es de color ámbar u oscuro efectuar una limpieza agregando 5 mL de ácido sulfúrico concentrado y mezclar cuidadosamente ambas capas con la ayuda de una pipeta Pasteur hasta que el color de la fase orgánica pase a la fase ácida.
- Para ambos casos, setrasvasainmediatamenteunaalícuotadelafaseorgánica a un vial de 1,5 - 2 mL para su posterior análisis en el cromatógrafo.
- Si entre el proceso de elución y análisis va haber más de dos días el vial debe guardarse a una temperatura de 4°C +/- 2°C. La muestra debe analizarse al tercer día del tratamiento, como máximo.
- Seguir los pasos 6.4.1 al 6.5.6 para los controles de calidad aplicados al procedimiento.

Preparación de la curva de calibración

Ver Instructivo de preparación de estándares AO-IT-01.

Cada punto de calibración seguirá el mismo tratamiento de las muestras de aceite dieléctrico.

Verificaciones intermedias de los materiales de referencia (patrón de trabajo)

El patrón o material de referencia de trabajo se verificará con un material de diferente lote o marca al empleado en la curva mensual. (F02-AO-PE-13).

Interpretación de cromatogramas.

La evaluación de los arocloros se basará en la identificación de los picos y del perfil cromatográfico en su conjunto.

En el anexo 02 se muestran los perfiles característicos de los arocloros (1242, 1254 y 1260) y en el anexo 03 se muestran los tiempos de retención.

Cálculos

Método estándar externo:

$$A_m = C_{ml}(\mu\text{g}/\text{mL}) \times b + a \dots\dots\dots \text{Ec. 1}$$

Despejando:

$$C_{ml} (\mu\text{g} / \text{mL}) = (A_m - a)/b \dots\dots\dots \text{Ec. 2}$$

$$C_m (\mu\text{g} / \text{g}) = C_{ml} (\mu\text{g} / \text{mL}) \times V (\text{mL})/W(\text{g}) \dots\dots\dots \text{Ec 3}$$

A_m = Área de la muestra (suma de los pico elegidos del aroclor)

C_{ml} = Concentración de la muestra en solvente (Isoctano).

V = Volumen de elución del patrón de aroclor en mL

W = Peso de muestra en g

C_m = Concentración de muestra en $\mu\text{g}/\text{g}$

b = Pendiente de la curva patrón

a = Intercepto de la curva patrón

Nota. Los datos del tratamiento de la muestra, datos para el software, fecha de inyección de la muestra (fecha de análisis) se registran en el formato F05-AO-PE-13.

Manejo de datos

Concluida la interpretación del cromatograma se guardará en formato PDF en la carpeta de la red que corresponda. Los resultados del cromatograma se registran en el formato electrónico F03-AO-PE-13.

Disposición de muestras y extracto

- Las muestras ensayadas se entregarán al personal del área de recepción de muestras sede Camacho.
- El eluato residual (aprox. 3-4 mL) son vertidos en frascos ámbar y los viales con los extractos sobrantes del análisis cromatográfico son almacenados en cajas. El resto de material empleado (cartuchos, pipetas Pasteur, etc.) son colocados en una bolsa negra. Todo este material es etiquetado como RESIDUO PELIGROSO y se entrega al responsable del almacén de residuos.

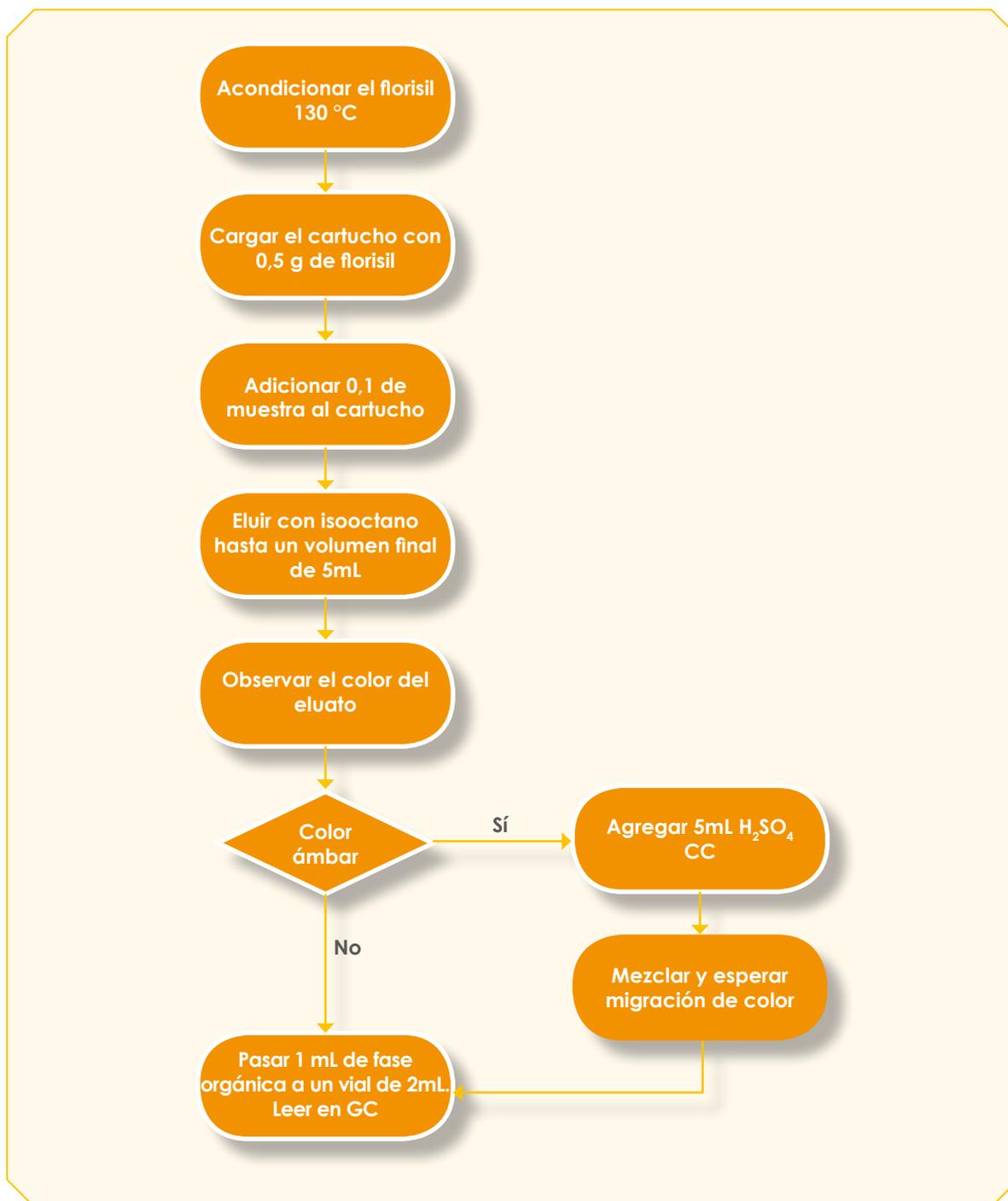
Formatos / Registros

- F02-AO-PE-13 Registro de preparación de controles y estándares.
- F03-AO-PE-13 Formato de reporte de ensayo de PCB
- F05-AO-PE-13. Registro de análisis de PCBs.

Referencias:

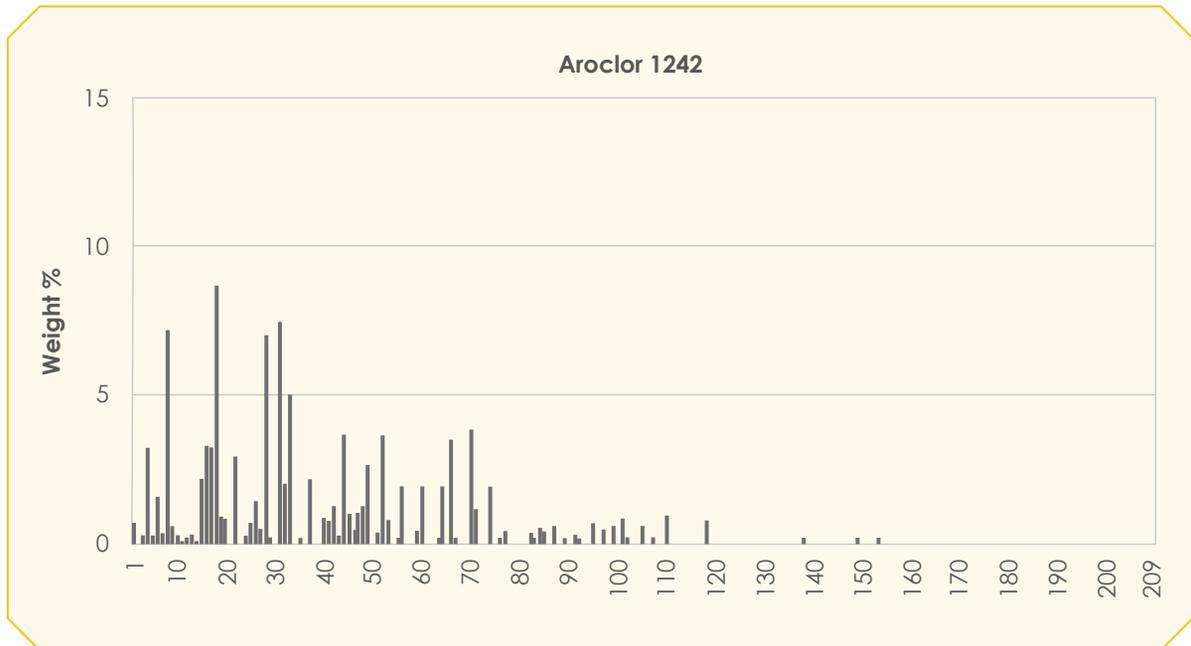
- D4059-00(Reapproved 2010). Standard test method for Analysis of Polychlorinated Biphenyl in Insulating Liquids by Gas Chromatography.
- EPA. Laboratory manual physical/chemical methods. Environmental Protection Agency. EPA 600.
- EPA. Laboratory manual physical/chemical methods. Environmental Protection Agency EPA Method 8082 (Rev. 0), September 1986.
- Mitchell D. Edition. Analytical Chemistry of PCB, second edition. Argonne National Laboratory, Illinois.

Anexo 1. Diagrama de flujo del método. Tratamiento de muestra

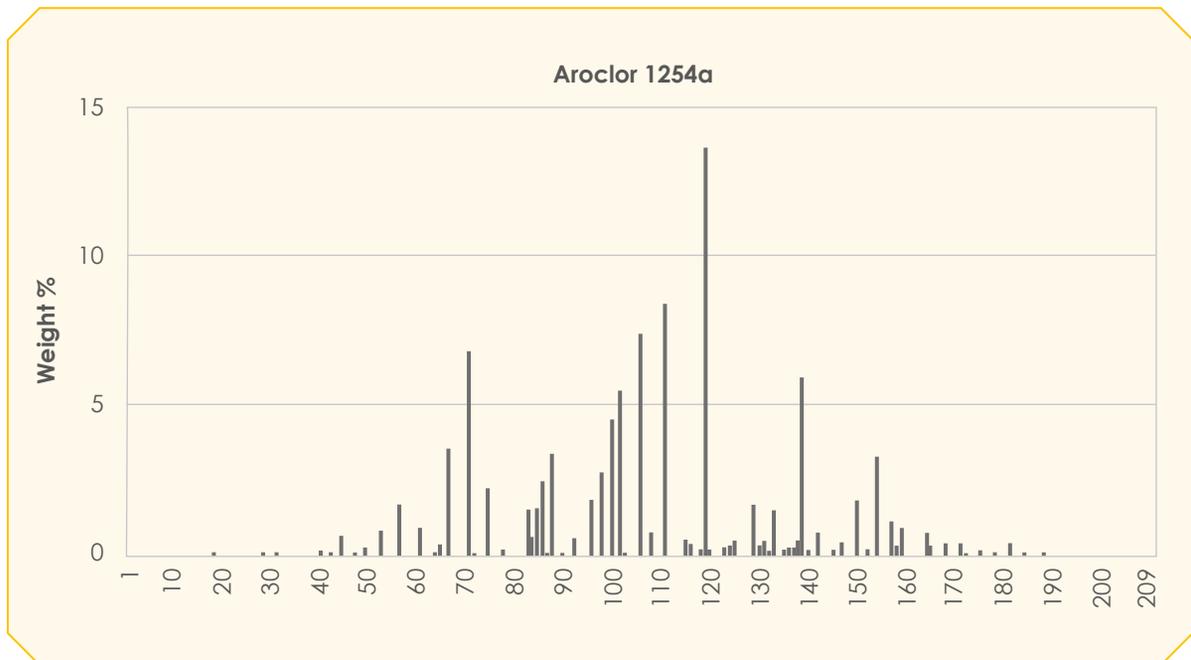


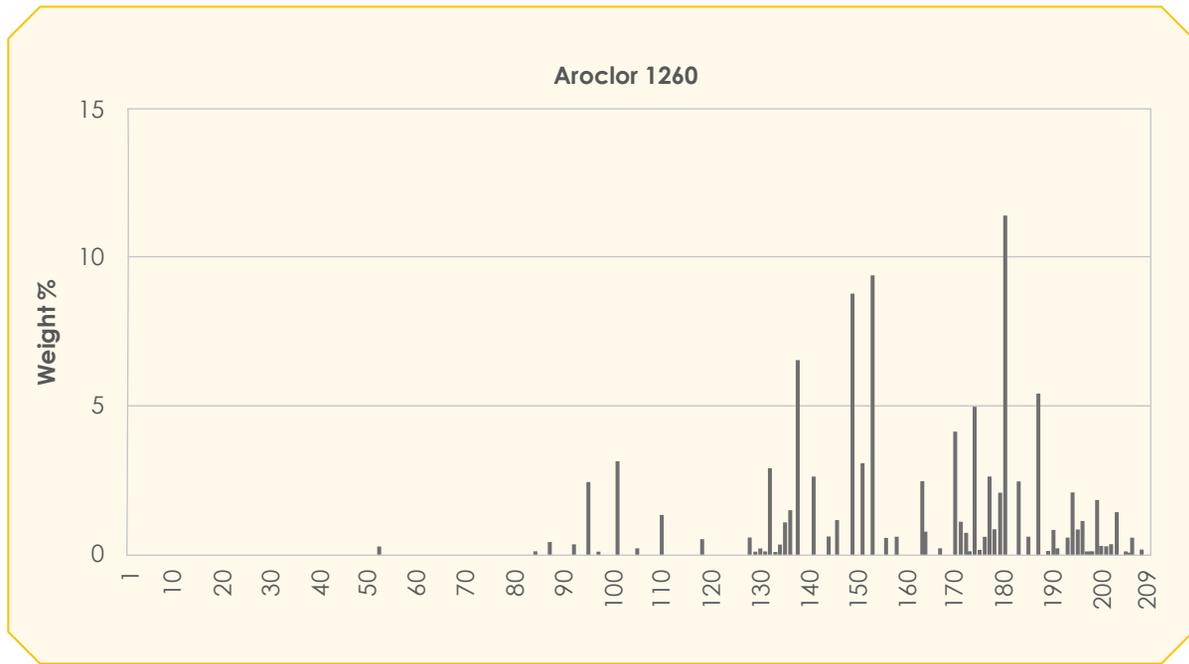
Anexo 02. Cromatogramas de los arocloros 1242, 1254 Y 1260

AROCLOR 1242



AROCLOR 1254





Anexo 03. Tiempo de retención de los arocloros

Mix de 50 µg/g de Aroclor 1242, Aroclor 1254 y Aroclor 1260

| Arocloros | Tiempo de retención (Tr) |
|----------------|--------------------------|
| Aroclor 1242-1 | 10.1 |
| Aroclor 1242-2 | 10.7 |
| Aroclor 1242-3 | 11.8 |
| Aroclor 1242-4 | 12.1 |
| Aroclor 1254-1 | 13.8 |
| Aroclor 1254-2 | 14.0 |
| Aroclor 1254-3 | 14.2 |
| Aroclor 1254-4 | 14.7 |
| Aroclor 1254-5 | 14.9 |
| Aroclor 1254-6 | 15.2 |
| Aroclor 1260-1 | 18.3 |
| Aroclor 1260-2 | 19.0 |
| Aroclor 1260-3 | 20.0 |
| Aroclor 1260-4 | 20.1 |
| Aroclor 1260-5 | 20.8 |
| Aroclor 1260-6 | 21.2 |



E-mail: coordinacionpcb@proyecto.com
www.proyktopcb.com

