



BOLETÍN ELECTRÓNICO INFORMATIVO SOBRE PRODUCTOS Y RESIDUOS QUÍMICOS

Año 11 N° 79, Agosto, 2015

Editor: Ing. Jorge Eduardo Loayza Pérez MSc.
FQIQ. UNMSM. Lima. Perú

El *Boletín Electrónico Informativo sobre Productos y Residuos Químicos* se publica periódicamente para proporcionar a los lectores una visión integral y actualizada sobre el *manejo responsable* de productos y residuos químicos, con la finalidad de proteger la salud y el ambiente.

NOTA DEL EDITOR

En la actualidad existe una gran preocupación sobre la gestión integral de residuos químicos peligrosos. Este espacio estará abierto para dar a conocer investigaciones, iniciativas y experiencias con respecto a este tema. En el número anterior se inició la presentación de los PCB, en el presente número se tratará de las opciones tecnológicas para la destrucción responsable de residuos de este tipo de sustancias y otros temas relacionados.

HISTORIA DEL DDT



Figura 1 Aviso publicitario para promocionar el uso del DDT (Fuente: Phil Allegretti Pesticide Collection, Othmer Library, citado por la Chemical Heritage Magazine)

La historia del DDT está íntimamente ligada a la del químico Paul Hermann Müller. Müller nació en Suiza en el año 1899 y desde muy joven fue atraído por la química, inclusive construyó un laboratorio en su casa paterna. En el año 1925 completó su doctorado en Química y luego trabajó para J.R. Geigy (que se convirtió más adelante en Ciba-Geigy y posteriormente en el gigante farmacéutico Novartis). En el año 1935 la empresa le encomendó la elaboración de un "insecticida ideal", el cual debería matar por contacto, en lugar de requerir ingestión; tener un amplio espectro y matar diferentes tipos de insectos; ser inofensivo para los peces, las plantas y animales de sangre caliente; ser inodoro; económico (barato) y químicamente estable.

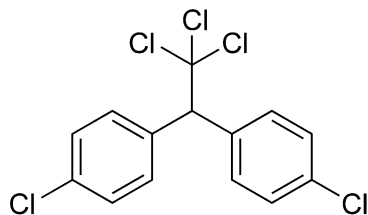


Figura 2 Estructura del DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano)
(Fuente: www.chimicare.org)

(Continúa en la Página 2)

CICLO DE VIDA DE LOS RESIDUOS DE PCB

Jorge Loayza – Grupo de Investigación en Tecnologías Ambientales

1. Introducción

Con la finalidad de analizar el Ciclo de Vida de Residuos de Bifenilos Policlorados, se presenta el caso de los aceites dieléctricos contaminados con PCB y contenidos en transformadores antiguos (u otros equipos eléctricos), utilizados en aplicaciones cerradas (o completamente cerradas).

En la Figura 1 se muestra un diagrama de bloques que representa el ciclo de vida de los residuos de PCB. Se parte de un transformador con aceites dieléctricos conteniendo PCB. La Figura 1 se complementa con el Cuadro 1, donde se describen brevemente los pasos más importante del Ciclo de Vida.

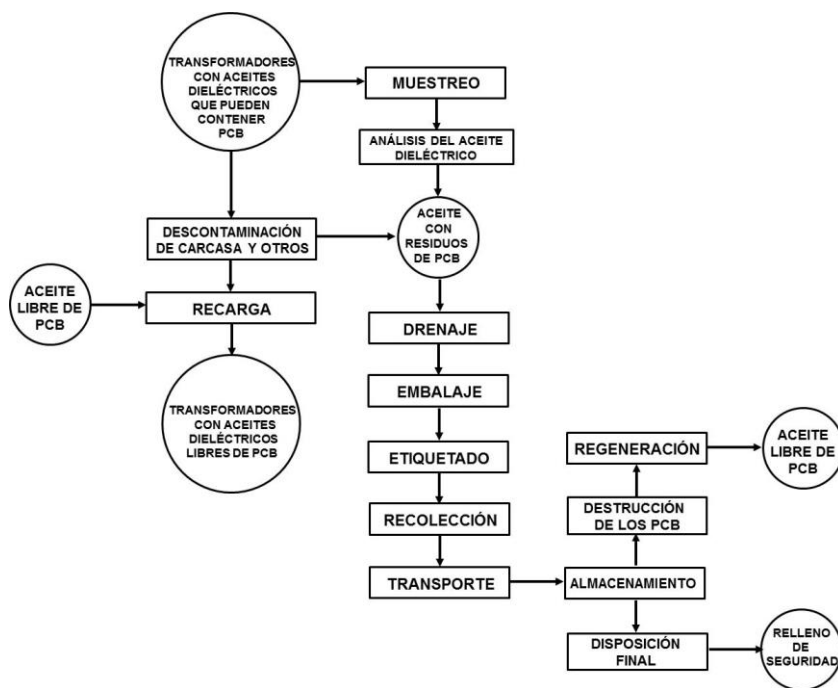


Figura 1 Ciclo de Vida de los residuos de PCB en aplicaciones cerradas (transformadores eléctricos)

2. Breve descripción de las etapas del Ciclo de Vida de los Residuos de PCB

En el Cuadro 1 se muestran las etapas para la gestión integral de residuos de PCB, provenientes de aplicaciones cerradas, y se toma como referencia el caso de los transformadores, pero puede aplicarse también para los condensadores (capacitores) u otros sistemas cerrados que utilicen PCB. Los nombres comerciales pueden ser diversos (Ver Boletín N° 78), pero lo importante es la concentración de los PCB presentes en los fluidos dieléctricos.

(Continúa en la Página 2)

En 1939, Müller “redescubrió” y “resintetizó” el DDT (descubierto por el científico alemán O. Zeidler en el año 1874).

Posteriormente, la empresa Geigy patentó el DDT como insecticida, el cual fue utilizado masivamente por las Fuerzas Aliadas en la Segunda Guerra Mundial (especialmente en Nápoles, Italia y en las islas del Pacífico). En agosto de 1945 se autorizó este producto para uso civil y se inició su comercialización a nivel mundial. En 1948, Müller recibió el Premio Nobel de Fisiología o Medicina, por el descubrimiento de la alta eficiencia del DDT, como insecticida de contacto para varios tipos de insectos.



Foto 1 Paul Herman Müller trabajando en su laboratorio (Fuente: www.salem-news.com)

En medio del entusiasmo que había suscitado este compuesto químico, llegaron inquietantes noticias. Algunos científicos expresaron sus dudas acerca de que los efectos del DDT no se habían probado para la exposición a largo plazo. Se presentaron reportes sobre la mortandad de peces y el desarrollo de resistencia de los insectos al DDT. Aunque Müller, ya en 1948, cuando se le otorgó el Premio Nobel, había manifestado su preocupación sobre los efectos del DDT en los ecosistemas naturales, sobre todo por su empleo excesivo.

Con el paso del tiempo, las mejores características del DDT resultaron ser sus peores desventajas. Su amplio espectro implicó que poblaciones de insectos fueran exterminadas indiscriminadamente (incluyendo a los insectos beneficiosos). Su inercia química implicó que el DDT permaneciera en el ambiente durante meses y años después de su aplicación inicial. Su insolubilidad en el agua y su solubilidad en grasas, favoreció su acumulación en el tejido graso de peces, aves y mamíferos.

En 1962, Rachel Carson publicó “Silent Spring”, en el cual se afirmaba que el uso excesivo del DDT, estaba llevando de manera inexorable a una “primavera silenciosa”, privada de insectos y pájaros.

(Continúa en la Página 3)

Cuadro 1
Etapas para la Gestión Integral de Residuos de PCB en aplicaciones cerradas tomando como referencia su Ciclo de Vida

| Etapas | Nombre | Breve descripción |
|---------------|--|--|
| 1 | Muestreo | Es necesario tomar una muestra del fluido dieléctrico en cada uno de los equipos sospechosos y realizar un análisis cualitativo. |
| 2 | Análisis de la muestra | Para descartar un falso positivo, es necesario hacer un análisis cuantitativo para determinar la concentración de PCB. |
| 3 | Drenaje | Si se comprueba la presencia de PCB en concentraciones mayores de 50 ppm, se procede al drenaje y almacenamiento del fluido dieléctrico. |
| 4 | Embalaje | Los aceites contaminados con PCB deben ser adecuadamente embalados. |
| 5 | Etiquetado | Los contenedores deben ser convenientemente rotulados, según normatividad internacional. |
| 6 | Recolección | Los contenedores deben ser transportados por gestores autorizados para la recolección y transporte de residuos peligrosos. |
| 7 | Transporte hacia plantas de tratamiento | Los contenedores deben ser llevados hacia plantas de recuperación física y de tratamiento de PCB. |
| 8 | Recuperación | Los PCB se separan de los fluidos dieléctricos contaminados por decantación, ya que se depositan en el fondo de los tanques de almacenamiento. |
| 9 | Destrucción | Los residuos de PCB, conteniendo elevadas concentraciones pueden ingresar a la zona de tratamiento químico o térmico, para su destrucción. |
| 10 | Transporte hacia un relleno de seguridad | Los residuos de PCB que no puedan ser tratados, se les embala adecuadamente para su transporte hacia un relleno de seguridad, donde se efectuará su disposición final. |

(*) Fluido dieléctrico = aceite dieléctrico



Foto 1 Almacenamiento de equipos eléctricos obsoletos conteniendo PCB (Fuente: PNUMA, 2002)



Foto 2 Rachel Carson
Fuente: <http://infinitefire.org/info/wp-content/uploads/20140524Carson.jpg>

En 1964, cuando apareció la evidencia de que los halcones peregrinos y las águilas calvas, estaban en proceso de extinción debido a que el DDT provocaba el adelgazamiento del cascarón de los huevos, la situación dio un giro radical.



Foto 3 Halcón peregrino
(Fuente: www.naturadescas.com)

En el año 1971, la EPA (Environmental Protection Agency), prohibió el uso del DDT. Treinta años después de esta medida, estas especies de aves han vuelto, pero se han presentado otras consecuencias adversas, como el repunte en las poblaciones de mosquitos y un incremento en las enfermedades transmitidas por estos insectos.

Actualmente el uso del DDT está prohibido, pero sólo se autoriza el uso de este producto para combatir la malaria en países en vías de desarrollo.



Foto 3 África es el continente que más sufre los efectos de la malaria
(Foto: Karen Prinsloo-AP)

MANEJO SEGURO DE RESIDUOS DE PCB



Foto 2 Muestreo de PCB (Minera Milpo, Cerro de Pasco, Perú, 2011)

Se deben tomar las siguientes precauciones en el manejo (o manipulación) de líquidos y materiales contaminados con PCB:

- Cerciorarse de que el área de trabajo tenga ventilación suficiente. En subestaciones cerradas se utilizarán ventiladores portátiles a ras del suelo.
- Usar vestimenta de protección completa, a saber:
 - traje de una sola pieza a prueba de productos químicos;
 - guantes a prueba de productos químicos;
 - botas o cubre zapatos desechables;
 - máscara respiradora (oficialmente aprobada) con aire insuflado desde compresores o cilindros a distancia (sistema de seguridad con respiración asistida);
 - para exposiciones de menor intensidad puede usarse una máscara completa con cartucho de reemplazo (respirador con cartucho).

Los síntomas de la exposición a los PCB son cloracné, irritación de los ojos, somnolencia, dolor de cabeza e irritación de la garganta.

No se debe permitir en ningún caso que el personal fume en el área en la que se esté manipulando material contaminado con PCB.

Por lo regular no hay normativa que establezca, en forma general, los valores umbral límite (TLV, por sus siglas en inglés) aceptables. No obstante se puede citar, a manera de ejemplo, los niveles que recomienda la Dirección de Salud y Seguridad Operativa del Reino Unido (United Kingdom Health and Safety Executive):

- con un contenido de 42% de cloro (ej., Aroclor 1242): exposición prolongada: 1 mg/m³;
- con un contenido de 54% de cloro (ej., Aroclor 1254): exposición prolongada: 0.5 mg/m³.

En Alemania, la antigua Oficina Federal de Salud (Federal Health Office) recomendaba:

- Ingesta Diaria Aceptable (IDA): 1 mg por Kg. de peso corporal al día;
- tomar medidas si el nivel rebasa los 3,000 mg por m³ de aire; el objetivo es mantener un nivel inferior a los 30 mg. por m³ de aire.

En caso de derrame de PCB, debe contenerse con materiales absorbentes, que serán depositados en barriles de acero para su posterior eliminación autorizada. El personal encargado de derrames deberá tener en cuenta las siguientes precauciones de primeros auxilios:

- Si ha habido contacto de los ojos con PCB, hay que enjuagarlos de inmediato con agua, por lo menos durante 15 minutos y solicitar atención médica;
- Si ha habido contacto de la piel con PCB, quitarse de inmediato toda la ropa contaminada y lavar la parte del cuerpo afectada con jabón y agua;
- En caso de ingestión, enjuagarse la boca varias veces con agua limpia, tomar agua, y solicitar atención médica;
- En caso de inhalación, retirarse a un área de aire fresco y solicitar atención médica.

Fuente: PNUMA. Transformadores y condensadores con PCB: desde la gestión hasta la reclasificación y eliminación. Primera edición. Mayo. 2002.

DECLORINACIÓN CON EL REACTIVO DECLOR K

KIOSHI S.A ha desarrollado un proceso de tratamiento de aceites aislantes (aceites dieléctricos) contaminados con bifenilos policlorados (PCB) denominado declorinación.



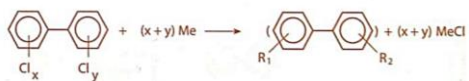
Foto 1 Personal de Kioshi S.A. iniciando la descontaminación de equipos eléctricos en Gualeguaychú, Enre Rios, Argentina.

Este proceso de tratamiento consiste en la eliminación selectiva de los átomos de cloro de las moléculas de PCB, eliminando de esta manera las características ambientalmente adversas que poseen estos compuestos.

El proceso brinda un método apto para la minimización y eliminación del PCB en aceites aislantes contaminados logrando valores de PCB no detectables en el aceite originalmente contaminada, dentro de lo indicado por la normatividad vigente.

El proceso de declorinación se basa en el efecto que produce el reactivo Declor K desarrollado por KIOSHI S.A y basado en la acción de metales alcalinos sobre los compuestos orgánicos clorados los cuales mediante la reacción de Wurtz sustituyen los átomos de cloro presentes en las moléculas por estructuras alifáticas declorinando las moléculas.

De esta forma se eliminan las características de peligrosidad correspondientes al contenido de PCB y además se logra la reutilización del aceite, una vez tratado es regenerado y recupera las características que lo encuadran dentro de los valores admitidos por las normas IRAM 2026 para su reuso como aceite aislante.



El proceso de declorinación está gobernada por la siguiente reacción química

Donde:

R_1 y R_2 son radicales orgánicos de sustitución y átomos de hidrógeno.

(Continúa en la Página 5)

TECNOLOGÍAS PARA LA DESTRUCCIÓN RESPONSABLE DE BIFENILOS POLICLORADOS (PCB) MÉTODOS QUÍMICOS⁽¹⁾

Compiladora: Elva Cueva Talledo
(D.A. de Química Orgánica – FQIQ – UNMSM)

1. Introducción

Los compuestos orgánicos halogenados presentan un gran problema de disposición debido a la naturaleza altamente estable de los enlaces carbono-halógeno presentes en éstos. Por ejemplo, la energía de enlace de un enlace carbono-cloro es del orden de 84 kcal/mol; por tal motivo, muchos compuestos orgánicos halogenados no son solo resistentes a la biodegradación, sino que no se pueden degradar de forma práctica y efectiva por ninguno de los métodos de descomposición hasta ahora conocidos. Los métodos como la clorólisis, dehidrohalogenación catalítica, reacciones con sales fundidas, reacciones con ozono y reducciones con metales alcalinos, alcanzan solo una deshalogenación parcial. Por otra parte, estos métodos implican típicamente una o más desventajas, como el uso de reactivos costosos, atmósferas inertes, control de temperatura, aparatos complejos y alto consumo de energía, entre otros.

Los procesos químicos para destruir los PCB se diferencian fundamentalmente de los procesos de incineración, en que no necesitan de altas temperaturas para que la reacción ocurra, sino que estos procesos se llevan a cabo gracias al potencial de los compuestos químicos para reaccionar.

Los procesos de declorinación usan reactivos químicos para romper los enlaces en la molécula de PCB (la cual es extremadamente estable), formando otros compuestos químicos con un menor nivel de peligrosidad y ambientalmente más seguros. Estos procesos químicos no actúan sobre la estructura del bifenilo, en la molécula de PCB, sólo son removidos los átomos de cloro, que son los que le dan a la molécula de PCB su estabilidad química y biológica.

Muchos de los procesos de declorinación usan un reactivo de sodio para separar los átomos de cloro de la molécula de PCB. Los residuos generados de este proceso son cloruro de sodio y polifenilos no halogenados. Los constituyentes exactos de los polifenilos frecuentemente se desconocen pero pueden disponerse de forma segura.

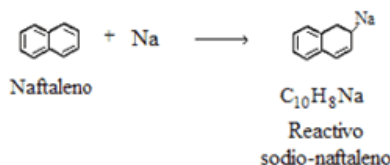
La mayoría de las aplicaciones de los procesos químicos que implican la destrucción de PCB que contaminan el aceite mineral o los fluidos dieléctricos, pueden llevarse a cabo a temperatura ambiente o a temperaturas moderadas, y aunque destruyen los PCB contenidos en el aceite, no destruyen el aceite en sí.

2. Reacciones con un metal alcalino enlazado a un cuerpo orgánico (naftalina sódica o polietilenglicol de sodio)

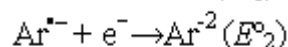
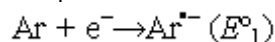
Las reacciones se realizan en atmósfera inerte (para evitar todo riesgo de incendio) y en ausencia de agua (los desechos se deshidratan previamente por calentamiento).

i) Con naftalina sódica

Formación del reactivo de sodio – naftaleno⁽²⁾



Se tiene las dos semireacciones para un areno:



(La medida del potencial de reducción representa de una forma más exacta, la capacidad que tiene un areno para captar electrones en una disolución)

El dianión del naftaleno es una especie orgánica altamente reducida.

El proceso es realizado mediante la conexión del transformador o equipo a tratar a una instalación móvil desarrollando el proceso in situ y evitando el traslado de los transformadores.

Equipamiento:

Se necesitan equipos modulares completamente transportables que realicen la dechlorinación "in situ".

Consta básicamente de:

- ✓ Reactor
- ✓ Separador de sólidos
- ✓ Módulo de regeneración
- ✓ Módulo de desgasificado y secado

Para la seguridad operativa se requieren de los siguientes dispositivos de seguridad:

- ✓ Válvula de seguridad contra aumento de presión en el equipo.
- ✓ Sistema de filtrado y recolección total de vapores.
- ✓ Sistema de monitoreo continuo y corte por sobre temperatura.

Otra característica a tener en cuenta es que la operación se debe realizar en atmósfera inerte.

Para que un transformador pueda ser considerado como descontaminado, es decir libre de PCB debe cumplirse una serie de requisitos.

La condición más estricta requiere que el equipo sea puesto en servicio y bajo carga de forma tal de asegurar una temperatura superior a 50°C durante un período de 90 días luego del cual la concentración de contaminantes en el medio se estabiliza en un valor asintótico producto de un gradiente de concentración muy bajo entre el aceite y el núcleo, por lo tanto un valor de concentración en los elementos porosos igual al del medio.

Bajo estas condiciones se verifica que el equipo finalice la exudación del núcleo midiendo la concentración en el medio. El período de tiempo en el cual se logra la descontaminación total es relativo a la masa de PCB que tiene incorporado el núcleo.

Fuente: <http://www.kioshi.com.ar/pcb.php>

MÉTODOS TÉRMICOS

Compiladora: Isabel Polo Samaniego
(D.A. de Química Inorgánica – FQIQ – UNMSM)

La destrucción de residuos de PCB se debe realizar a temperaturas superiores a 300°C, ya que son sustancias que resisten altas temperaturas. Entre los productos

En estas especies altamente reducidas, los orbitales vacíos π -extendidos del areno (π -LUMO) han sido ocupados por un número extra de electrones, con frecuencia provenientes de un metal alcalino. La especie aniónica (o polianiónica) resultante tiene, por tanto, niveles energéticos muy altos ocupados con electrones altamente deslocalizados.

Este hecho, en última instancia, dirige la reactividad, en muchos casos similar a la del metal alcalino del que procede.

Las sales alcalinas del naftaleno, coordinadas con disolventes etéreos, son a todos los efectos una forma de electrones solvatados en disolución,⁽³⁾ habiendo sido estudiados ampliamente, tanto desde el punto de vista de sus propiedades físicas y espectroscópicas,⁽⁴⁾⁽⁵⁾ como de su reactividad química.⁽⁶⁾

Algunas de ellas cristalizadas han sido cristalizadas recientemente; como por ejemplo el sodio fenantreno y el sodio naftaleno.⁽⁷⁾ Estas especies actúan como poderosos agentes de transferencia electrónica frente a halogenuros orgánicos, pudiendo generar altos rendimientos de compuestos organoalcalinos, que pueden actuar en menor medida como nucleófilos o como bases.

Los aniones radicales y los dianiones de HAP, dependiendo de la naturaleza del hidrocarburo, el disolvente, el contraión y la temperatura, podrán existir como diferentes entidades que difieren en el grado de asociación entre la parte aniónica y catiónica de la molécula, viéndose afectadas de este modo sus propiedades físicas y químicas.⁽⁸⁾

Efecto del disolvente

La naturaleza de estas especies en disolución ha sido descrita para el anión radical como un modelo dinámico, un equilibrio consistente en pares iónicos de contacto o íntimos (III) o bien pares iónicos separados por el disolvente (II), así como de iones libres, en disolventes etéreos (I) (Esquema I).

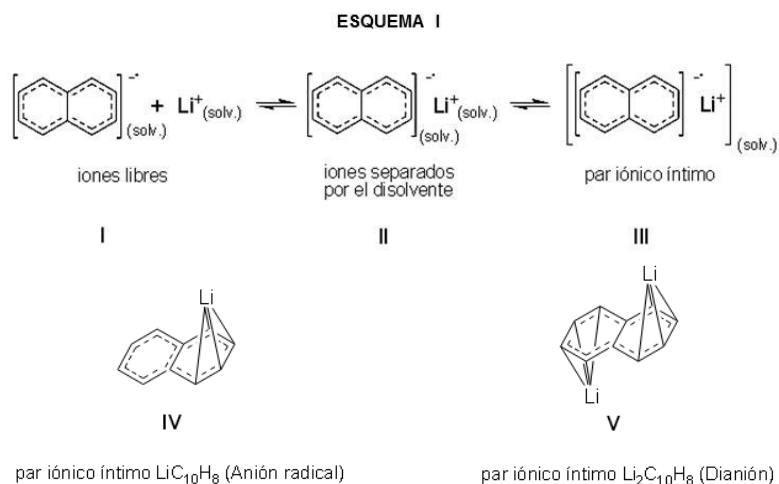


Figura I

En general, la termodinámica de estos equilibrios sigue una tendencia uniforme gobernada por los efectos de solvatación. Muchos estudios han dado gran importancia a la elección de un disolvente etéreo para estabilizar el anión radical.⁽⁹⁾ Así, para un equilibrio dado, como se mostró en el Esquema I, para el naftaleno reducido las diferentes K pueden variar ampliamente dependiendo del disolvente etéreo empleado.⁽¹⁰⁾

Efecto de la naturaleza del hidrocarburo

El par iónico íntimo está favorecido para las especies aniónicas de los hidrocarburos más pequeños, ya que la carga está más concentrada y, por lo tanto, la interacción con el contraión llega a ser más importante. De acuerdo con esto, cabe esperar una mayor tendencia a formar par iónico íntimo (III) en el naftaleno que en el antraceno, el perileno o el bifenilo. Una medida del grado de unión entre el areno y el metal es la constante de disociación del par iónico para el equilibrio que se muestra en el Esquema II.

comerciales se tienen: Apiolio, Aroclor, Aroclor B, Asbestol, Askarel, Chlorextol, Chlorinol, Clophen, Clorphen, Diachlor, Diachlor-DK, Dykanol, EEC-18, Piralene, Pyranol, Saf-T-KUhl, Santotherm, Soluol y Therminol, entre otros (Ver Boletín N° 78).

Debido a la alta concentración de PCB en un Askarel, por lo general, resulta costosa su destrucción mediante tratamiento químico (declorinación). La incineración a altas temperaturas, en un incinerador de desechos especialmente diseñado, que pueda alcanzar, el 99,9999% de Eficiencia de Destrucción y Remoción (DRE) de los PCB, es el método más usual para destruir este tipo de productos.

Los equipos más utilizados para la eliminación de BPC son los incineradores de inyección líquida y los de horno rotatorio. Estos medios de destrucción deben cumplir con ciertos requerimientos técnicos, con el propósito de limitar la emisión al medio ambiente de dioxinas y furanos.

La incineración convencional implica la oxidación a altas temperaturas de los desechos para transformarlos en óxidos (CO₂, H₂O) y residuos inorgánicos que pueden ser descargados al ambiente con bajos impactos adversos. Se produce también ácido clorhídrico además de otros óxidos, los cuales deben removerse de las emisiones antes de descargarlas a la atmósfera. La incineración como tal fue la tecnología escogida inicialmente por los generadores de PCB, cuando los reguladores ambientales fijaron las pautas para la destrucción de estos compuestos, dado que es una tecnología establecida y que se utiliza una gran variedad de aplicaciones en el manejo de desechos peligrosos.

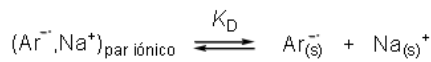
Las condiciones de operación mínimas para la cámara de combustión principal, sugeridas para lograr la destrucción de los PCB, son:

- Tiempo de residencia: 2 segundos, a 1200°C y un exceso de oxígeno del 3%.
- Tiempo de residencia: 1.5 segundos, a 1600°C y un exceso de oxígeno del 2%.

Otro método que ha tenido cierto éxito en Canadá es la destrucción a alta temperatura utilizando la reducción en vez de oxidación. Esta tecnología fue desarrollada e introducida por primera vez por Eli-Ecologic of Rockwood, Ontario, Canadá.

Referencias bibliográficas:

Lopera Posada Eliana, Aguirre Cardona Jaime (2006). "Purificación de Aceites aislantes contaminados con Bifenilos Policlorados". Universidad Nacional de Colombia. Sede: Medellín.



Esquema II

Efecto de la temperatura

El efecto total es un equilibrio dependiente de la temperatura que se desplaza hacia la formación de pares iónicos íntimos cuando ésta se incrementa, y hacia pares iónicos libres o separados por el disolvente cuando la temperatura disminuye.⁽¹¹⁾

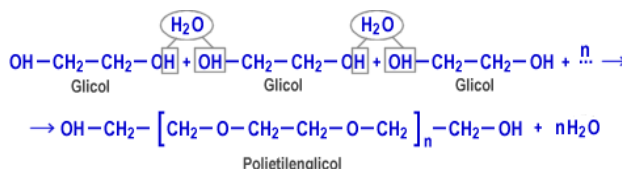
b) Reacción entre el bifenilo policlorado y el complejo de naftaleno y sodio. En esta reacción se forma cloruro sódico, mientras que los esqueletos carbonatados del compuesto organoclorado tienden a polimerizarse.

ii) Con polietilenglicol de sodio o potasio

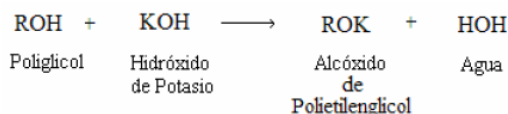
Es un proceso donde la descomposición de compuestos orgánicos halogenados puede llevarse a cabo eficientemente usando un reactivo producido por la reacción de un hidróxido de metal alcalino, un poliglicol o poliglicol monoalquil éter, y oxígeno, resultando un polietilenglicolato de metal alcalino.

a) Formación del reactivo de descloración KPEG

Polietilenglicol



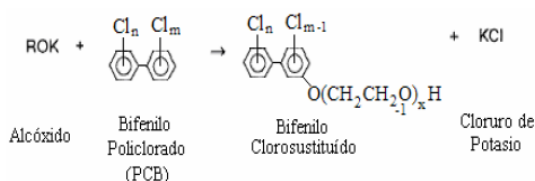
La reacción que se lleva a cabo para la obtención del reactivo de descloración KPEG es la siguiente:



b) Descomposición de PCB

La descomposición de PCB usando este método produce productos relativamente inocuos, los principales son cloruro de sodio y varios compuestos orgánicos deshalogenados, como por ejemplo derivados fenólicos de los PCB.

La destrucción de los PCB en un medio no polar, usando KPEG como agente de descloración, implica la sustitución nucleofílica aromática de los cloruros de los PCB por el alcóxido de polietilenglicol para producir un aril polietilenglicolato y una sal, en este caso, KCl. Esta reacción es:



(Continuará en el Boletín N° 80)

EN EL PRÓXIMO NÚMERO...

Boletín N° 80 – Diciembre (2015)

Tecnologías para la eliminación responsable de residuos de PCB
CONSULTAS Y SUGERENCIAS

Dirigirse al Ing. Jorge Loayza (Oficina N° 222).

Facultad de Química e Ingeniería Química. Pabellón de Química.

Ciudad Universitaria. UNMSM. Lima. Perú.

Correos electrónicos: jeloayzap@yahoo.es / jloayzap@unmsm.edu.pe

Los artículos firmados son responsabilidad de sus autores

Se autoriza la reproducción y difusión del material presentado, citando las fuentes. (6)

