



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

LOS BIFENILOS POLICLORADOS COMO
CONTAMINANTES DEL MEDIO AMBIENTE

TESIS MANCOMUNADA

Q U I M I C O

MA. EUGENIA MORENO CABRERA

FERNANDO DEL RIO MEDRANO

INGENIERO QUIMICO

MEXICO, D. F.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

INDICE

PAGINA

CAPITULO I.	INTRODUCCION	
CAPITULO II.	LOS BIFENILOS POLICLORADOS	
	2.1 Generalidades	1
	2.2 Propiedades físicas y tóxicas	4
	2.3 Estructura química	7
	2.4 Obtención industrial	10
	2.5 Usos	11
CAPITULO III.	MÉTODOS DE DETERMINACION	
	3.1 Cromatografía	24
	3.2 Espectrometría de masa	47
	3.3 Análisis infrarrojo	48
CAPITULO IV.	CONTAMINACIONES PRODUCIDAS	
	4.1 Contaminación ambiental	52
	4.2 Contaminación del agua	53
	4.3 Contaminación de suelos	60
	4.4 Contaminación del aire	61
	4.5 Otras contaminaciones	64
CAPITULO V.	CONTROL A LA CONTAMINACION	
	5.1 Incineración	69
	5.2 Entierro sanitario	77
	5.3 Plantas de tratamiento de aguas residuales industriales	78
	5.4 Radiación por microondas	82
	5.5 Recirculación	
	5.6 Manejo de los bifenilos policloro- rados.	85

CAPITULO VI.

POSIBLES SUSTITUTOS DE LOS BIFENILES
POLICLORADOS

6.1	Fluídos dieléctricos	86
6.2	Fluídos hidráulicos	93
6.3	Fluídos de transferencia de calor	98
6.4	Usos misceláneos	102

CAPITULO VII.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO VIII.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. INTRODUCCION

Al presentar esta Tesis, es nuestro deseo sembrar una pequeña inquietud. Uno de -- los problemas más graves que afrontamos y que ha venido tomando gran importancia -- es la preservación del medio ambiente, que por el rápido desarrollo de la tecnología moderna y el acelerado crecimiento de la población humana, ha provocado una ex -- cesiva acumulación de elementos (entre los cuales se encuentran los bifenilos po -- liclorados), los cuales no pueden ser introducidos en los ciclos naturales sin que causen trastornos y alteren las características del ecosistema de la tierra.

Los Bifenilos Policlorados desde su descubrimiento en la década de 1920, se han ve -- nido usando en casi todo el mundo para muchas aplicaciones industriales y de con -- sumo. Pero no ha sido sino hasta años recientes cuando se ha descubierto que tiene efectos ecológicos y tóxicos adversos.

En 1966 el Investigador sueco Soren Jensen de la Universidad de Estocolmo, encon -- tró insólitas concentraciones de bifenilos policlorados, al estar examinando dos -- cientos lucios traídos de diferentes partes de Suecia. Soren preocupado por su ha -- llazgo, extendió sus investigaciones y analizó peces y sus huevos, procedentes de -- toda Escandinavia encontrando que también estaban contaminados por BPC. Examinó -- así mismo un águila cazada cerca de Estocolmo, a continuación probó con su cabe -- llo; ambos tenían vestigios de BPC, al igual que el pelo de su esposa y de su hija de solamente 5 meses de edad, de los cual dedujo que en el caso de su hija la nue -- va sustancia procedía de la leche materna. Después de estos descubrimientos, se en -- caminó al Museo de Historia Natural de Estocolmo, para hacer una petición, deseaba que le suministraran trozos de plumas de aguilas caudales para su colección, con -- la indicación de la fecha en que murieron las aves. Los vestigios más antiguos que pudo encontrar de BPC, databan de 1944, antes de esa fecha las águilas parecían -- estar libres de BPC.

resistencia el BPC resulta fácil de ingerir, pero es muy difícil de eliminar del organismo. En el organismo humano, funciona mediante la respiración y con los alimentos, pero no siempre es necesario esto, ya que puede penetrar directamente a través de los poros de la piel. Los BPC son más estables que el BPT, que es una sustancia bastante estable, resultando muy difíciles de ser eliminados para convertirse en productos inocuos, que pueden ser fácilmente eliminados por una vivencia que los haya consumido. Los BPC son encontrados Jensen en casi todos los sitios el mismo de los bienes industriales, como de naturales y en las condiciones ambientales. Desde el aire caen generalmente al agua, como a los ríos y por él al hombre. Jensen manifestó que, en su opinión, se trataba de un asunto que constituía cierto peligro.

.

Por lo tanto la identificación de los BPC como una amenaza para el medio ambiente -- por consiguiente para el hombre, puede constituir tan sólo el primer capítulo -- de otras historias de terror que comienzan por negativas y confiadas; y terminan -- por el establecimiento de medidas de control cuando el daño es ya irreparable.

Por eso se presenta este estudio cuyo único fin es encaminar a las industrias que producen y utilizan o puedan utilizar esta sustancia, tengan a su alcance los conocimientos básicos de la utilidad que produce y los riesgos que ocasiona, ya que en México es poca la información que se tiene, y esperamos que este trabajo pueda servir de ayuda; logrando sembrar inquietud para evitar la contaminación, no sólo por los BPC, sino por otras sustancias; deseamos así mismo que el mundo del mañana no sea la destrucción del hombre por el hombre.

2. LOS BIFENILOS POLICLORADOS

2.1 GENERALIDADES

Los bifenilos policlorados fueron citados por primera vez en la literatura química en el año de 1881, por H. Schmitt y G. Seitz (1); pero no fué sino hasta el año de 1900, cuando la Compañía Svanen los logró sintetizar con éxito iniciándose en el mismo año su producción y uso a escala industrial. Respecto al uso de los bifenilos policlorados en transformadores eléctricos, fué patentado en 1903 por F.M. Clark de la compañía General Electric (2). Al principio que los bifenilos policlorados fueron usados inicialmente como aceites no inflamables para pinturas, transformadores y condensadores eléctricos. En la actualidad los bifenilos policlorados se producen en Estados Unidos, Gran Bretaña, Francia, Alemania Occidental, Rusia, Japón, España, Italia y Checoslovaquia. En el caso de México los bifenilos policlorados que se usan, son importados principalmente de los Estados Unidos, siendo el productor más importante en este país la compañía Monsanto Chemical, que los produce con el nombre comercial de Aroclor. Los bifenilos policlorados que también son conocidos con el nombre genérico de askareles, tienen una gran variedad de nombres comerciales dependiendo éstos del fabricante o del consumidor, siendo algunos de estos nombres: Piranol, Dikanol, Piraleno, Clofen, Nepolín, Fenoclor, Colphen, Kanaclor, Inerteen, Noflamol, Chlorextol, entre otros (2).

Para el caso del Aroclor este producto es una mezcla de bifenilos y trifenilos clorados, numerándose en forma específica de acuerdo al tipo de molécula y su grado de cloración o por ciento en peso de cloro; así el Aroclor es una mezcla de compuestos en la serie: 1200, 2500, 4400 y 5400. Donde los dos primeros dígitos representan el tipo de molécula y los dos últimos nos dan el por ciento en peso de cloro:

1200 Bifenilos clorados

2500 Mezcla de bifenilos clorados y trifenilos clorados (75:25)

00 Mezcla de bifenilos clorados y trifenilos clorados (60:40)

00 Trifenilos clorados

De esta forma el Aroclor 1242 será un bifenilo clorado que contiene 42 por ciento de peso en cloro. Monsanto produce bifenilos policlorados en una amplitud que varía entre el 21 al 68 por ciento en peso de cloro.

Para el caso de los otros nombres comerciales los números o letras que van asociadas al nombre no tienen ningún significado en especial.

Los bifenilos policlorados debido a sus singulares propiedades físicas y químicas han sido ampliamente usados en la fabricación de pinturas, transformadores y condensadores eléctricos, aceites no inflamables, adhesivos, plastificantes, fluidos para transferencia de calor, fluidos hidráulicos, selladores, tintas de impresión y muchos otros usos donde sus propiedades físico-químicas son de mucha utilidad.

Esto no fue sino hasta finales de los años 60's cuando se empezó a descubrir (después de casi 40 años de uso) que los bifenilos policlorados tenían efectos nocivos sobre el medio ambiente; y que este era un problema tan difundido como el de los insecticidas organoclorados, entre los que se encuentra el DDT. La primera persona que atrajo la atención a estos hechos fue el investigador Soren Jensen de la Universidad de Estocolmo ya que descubrió acumulaciones de bifenilos policlorados en tejidos de aves y pescados.

La acumulación de BPC en los sustratos del medio ambiente o en los organismos vivos está íntimamente relacionada con las propiedades fisicoquímicas de esta serie de compuestos aromáticos clorados de origen sintético. Como en el caso del DDT, el cual está relacionado por su estructura a los BPCs, entran a los organismos, almacenándose en las regiones donde se acumula la grasa y de ahí son transferidos al siguiente eslabón de la cadena alimenticia en concentraciones crecientes (3).

PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Los askareles son sustancias químicamente inertes que se preparan mediante la cloración de bifenilos ó polifenilos más complejos, generalmente no se produce una separación de los diferentes productos clorados en forma individual; su forma y aspecto varían desde líquidos oleosos de color rojizo hasta fríos cristalinos blancos y resinas no cristalinas azules, con temperaturas de ebullición que alcanzan hasta 451°C. Todos los bifenilos policlorados son insolubles en agua, pero se disuelven

la mayoría en los disolventes orgánicos y aceites comunes. En general las sustancias cristalinas son menos solubles que los aceites y resinas. Los askareles prácticamente conservan su termoplaticidad, pudiendo ser sometidos a cambios de temperatura en ambos sentidos en repetidas ocasiones, sin que lleguen a tener alguna alteración en su termoplaticidad o sea que no lleguen a experimentar condensación o endurecimiento permanente (2).

La mayoría de las aleaciones metálicas y metales más comunes, son resistentes a la penetración de bifenilos policlorados, incluso a altas temperaturas. En el caso del cobre y algunas de sus aleaciones los askareles sí tienen penetración en el metal, teniendo índices de penetración de 0.00556 a 0.3556 mm por año. Muchos materiales plásticos usados en la construcción son atacados por askareles. En las tablas 1 a 8 se dan las propiedades físico-químicas más importantes de algunos bifenilos policlorados.

Los bifenilos policlorados son químicamente inertes, no son hidrolizados por el agua, resisten el ataque de sustancias alcalinas, ácidos y otros agentes químicos corrosivos. Los bifenilos policlorados líquidos tienen una escala de temperaturas de ebullición que va desde 200°C a 451°C a una atmósfera de presión. -- Son muy estables cuando son sometidos a un calentamiento por períodos prolongados pudiendo ser destilados a la presión atmosférica sin tener ninguna carbonización o descomposición. Son sustancias muy resistentes a la degradación por se -

los vivos, gracias a su gran estabilidad química, siendo no biodegradables.

ESTRUCTURA QUIMICA

La estructura básica de los bifenilos policlorados es mostrado en las figuras 1.a y (b) donde la X representa cualquier posición donde pueda haber sustitución de hidrógeno por cloro. De acuerdo al número de cloros en el bifenilo, la posición y de la voluminosidad del cloro, puede permitir o no que los anillos giren sobre la unión entre ellos, los dos anillos pueden ser coplanarios como se ve en la figura 1.a donde el plano de los anillos es el plano de simetría para la molécula. Cuando los dos anillos son separados, como se muestra en la figura 1.b), el plano de un anillo sirve como plano de simetría de la molécula.

Debido a que los bifenilos son una sustancia de tipo aromático, los anillos del bifenilo son una fuente de electrones, es decir actúan como una base, así como los compuestos que reaccionan con el bifenilo son deficientes en electrones, es decir compuestos electrofílicos o de carácter ácido. El grupo fenilo en el bifenilo es un grupo que activa ligeramente al otro anillo es decir que el bifenilo requiere ligeramente menos tiempo para reaccionar que el anillo de benceno solo, por lo anterior el grupo fenilo orienta las sustituciones en las posiciones 'orto' y 'para' del fenilo, siendo la más probable la posición 'para' debido a que se encuentra más alejada del otro grupo fenilo.

Entonces tenemos que el mecanismo de halogenación del bifenilo será:



Normalmente se usa hierro metálico como catalizador en esta reacción, este es inducido y convertido por el cloro en cloruro férrico, para este efecto también puede servir otro ácido de Lewis de fuerza comparable, como el cloruro de aluminio. Capaz de aceptar electrones, el cloruro férrico se une el mismo a una molécula de cloro, para formar el ión FeCl_4^- y el ión cloro positivo. En sí el cloruro-

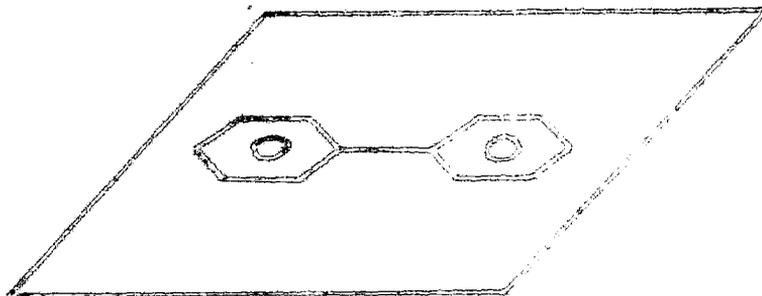


Fig. 1 (a)

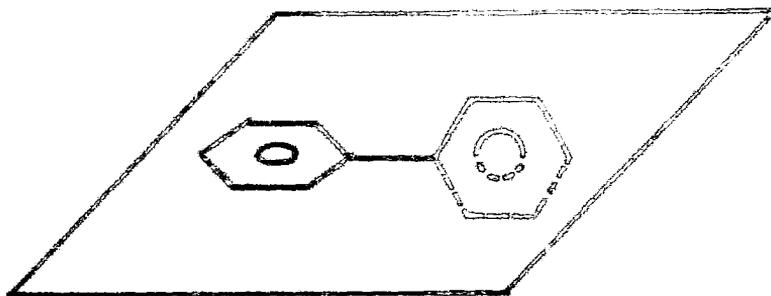


Fig. 1 (b)

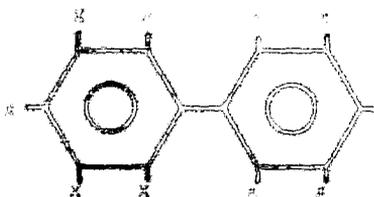
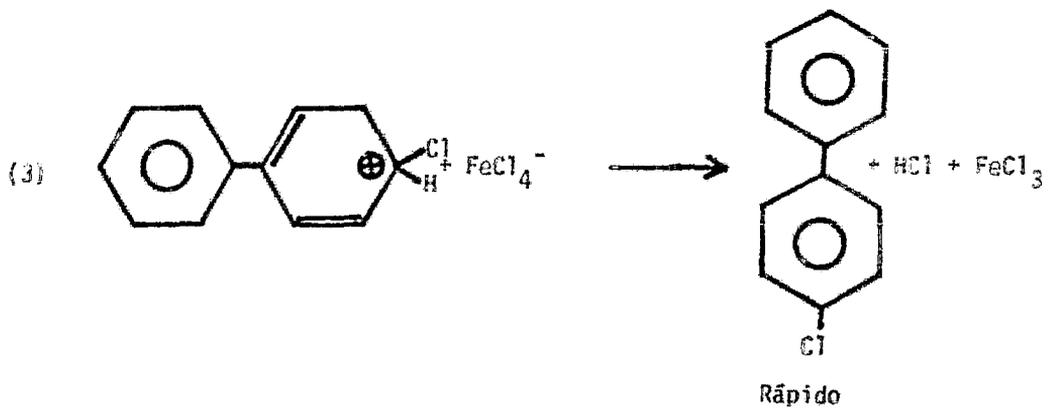
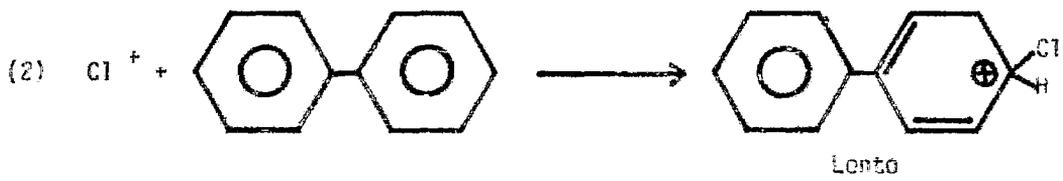
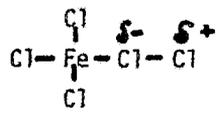


Fig. 1 (c)

Fig. 1. Bifennel, $C_{12}H_{10}$



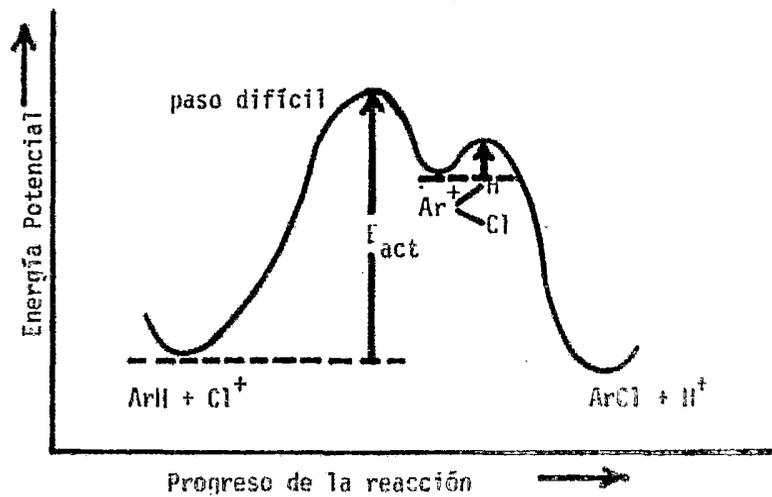


Figura No. 2

Energía potencial de la reacción de cloración del bifenilo.

El hierro sirve solamente para polarizar la molécula de cloro, el verdadero reactivo electrofílico podría entonces ser el lado positivo de la molécula de cloro polarizada.

Como se observa el paso 2 de la reacción es el paso determinante de la velocidad de la reacción, o sea es la unión de la partícula electrofílica (Cl^+) al átomo de un anillo de uno de los anillos para formar el ión carbonilo como se ve en la figura No.

La energía potencial cambia durante el curso de la reacción de halogenación aromática (sustitución electrofílica). La formación del ión carbonilo es el paso que controla la velocidad de reacción (6).

4.4 OBTENCION INDUSTRIAL

Para la obtención de bifenilos policlorados, se usa principalmente la cloración intermitente. Esta cloración se efectúa en reactores cilíndricos fabricados de placa de acero inoxidable, provistos de dispersores de cloro gaseoso en el fondo del reactor; los materiales que están reaccionando en el reactor son calentados por medio de intercambiadores de calor, la carga dentro del reactor es mantenida en constante recirculación para lo cual se emplean bombas. La mitad inferior del reactor es llenada con pedacería de fierro que se usa como catalizador, esta pedacería se calienta a una temperatura superior a los $750^{\circ}C$ antes de ser introducida al reactor para poder eliminar cualquier vestigio de grasa y humedad. Los reactores para efectuar la cloración también pueden estar recubiertos en forma interna con plomo contando con agitadores en el interior del reactor y en lugar de pedacería de fierro se puede usar como catalizador cloruro férrico.

Dependiendo de los compuestos a clorar, es el tipo de aroclor que se obtiene; para efectuar la cloración se usa cloro anhidro en forma gaseosa. En general se puede decir que el bifenilo solo produce bifenilos líquidos ó sólidos blandos de carácter pegajoso no cristalinos siendo el contenido de cloro hasta un 60%, para la-

obtención de askareles resinosos de bajo punto de fusión es necesario que contengan mayor porcentaje de cloro, aproximadamente un 65%. Con respecto a los askareles que son sólidos a temperatura ambiente, al aumentar la proporción de terfenilos o polifenilos más complejos en la mezcla a clorar, aumenta el punto de reblandecimiento y disminuye la tendencia a la cristalización del producto después de la destilación. Refiriéndose a los askareles que son sólidos o parcialmente cristalinos a la temperatura ordinaria, al aumentar la proporción de cloro contenido en sus moléculas, más alta es la temperatura de ablandamiento, por lo que aumenta considerablemente la tendencia a la cristalización.

Para la fabricación de un askarel se carga el reactor con las materias primas en función de las características que se quieran obtener, y en cantidad suficiente para cubrir el lecho del catalizador facilitando así su circulación. Posteriormente se empieza a abrir las válvulas del gas cloro y con la ayuda de una bomba se hace recircular la carga dentro del reactor, durante la cloración se mantiene la temperatura del punto de fusión de la mezcla, tratando de evitar que se produzca una sublimación que obstruya la tubería de descarga del ácido clorhídrico que se produce en la cloración. Tomándose muestras del reactor a intervalos regulares para analizarlos y poder controlar la reacción y alcanzar el % de cloro deseado. Cuando se trata de contenidos bajos de cloro, es suficiente determinar la densidad de la carga, la cual nos indica el grado aproximado de cloración. Al aumentar la cantidad de cloro en las moléculas, el producto se vuelve viscoso ó aumenta excesivamente el punto de fusión, por este motivo se hace imposible determinar la densidad de estos productos; también se puede medir el grado de cloración al determinar el punto de retención, o la temperatura a la que se cristaliza el material, o a la de su temperatura de ablandamiento. En los procesos de cloración de tipo intermitente, el tiempo de cloración varía de 12 a 36 horas según el grado de cloración que se desea obtener en el producto. El ácido clorhídrico formado en la reacción de sustitución electrofílica para la obtención de bifenilos policlorados, es absorbido en agua mediante el uso de una torre de absorción adiabática-

Permaneciendo el reactor (Figura 1.1.1).

La cloración intermitente produce un tipo de cloro residual que es diferente al que se obtiene en un reactor. La cloración continua produce un tipo de cloro residual que es diferente al que se obtiene en un reactor. Este tipo de cloro residual produce un tipo de cloro residual que es diferente al que se obtiene en un reactor. En consecuencia, se obtiene un tipo de cloro residual que es diferente al que se obtiene en un reactor. El grado de cloración depende de la temperatura, la calidad del catalizador, el pH, el tiempo y el tipo de cloro residual que se obtiene. El cloro y el tiempo es el tipo de cloro residual que se obtiene.

1.5 USOS

Los bifenilos policlorados debido sus características fisicoquímicas han tenido una gran variedad de aplicaciones, desde que se empezaron a usar en forma industrial a principios de la década de los años 30's. (Ya que no fue sino hasta 1960 cuando se empezó a visualizar que los bifenilos policlorados tenían efectos nocivos sobre los seres vivos y el medio ambiente) Podemos clasificar sus usos en cuatro principales campos:

- I.- Fluidos dieléctricos para capacitores transformadores y otros aparatos eléctricos.
- II.- Fluidos hidráulicos para ser usados en sistemas hidráulicos, turbinas de gas y bombas de vacío.
- III.- Fluidos de transferencia de calor.
- IV.- Plastificantes y usos misceláneos.

1.5.1 FLUIDOS DIELECTRICOS

Los fluidos dieléctricos son de gran importancia dentro de la industria eléctrica como agentes de relleno o impregnantes en transformadores, capacitores y otros aparatos eléctricos. Además de sus funciones eléctricas pueden ser también usados en funciones como de enfriamiento y apagado de metales incandescentes.

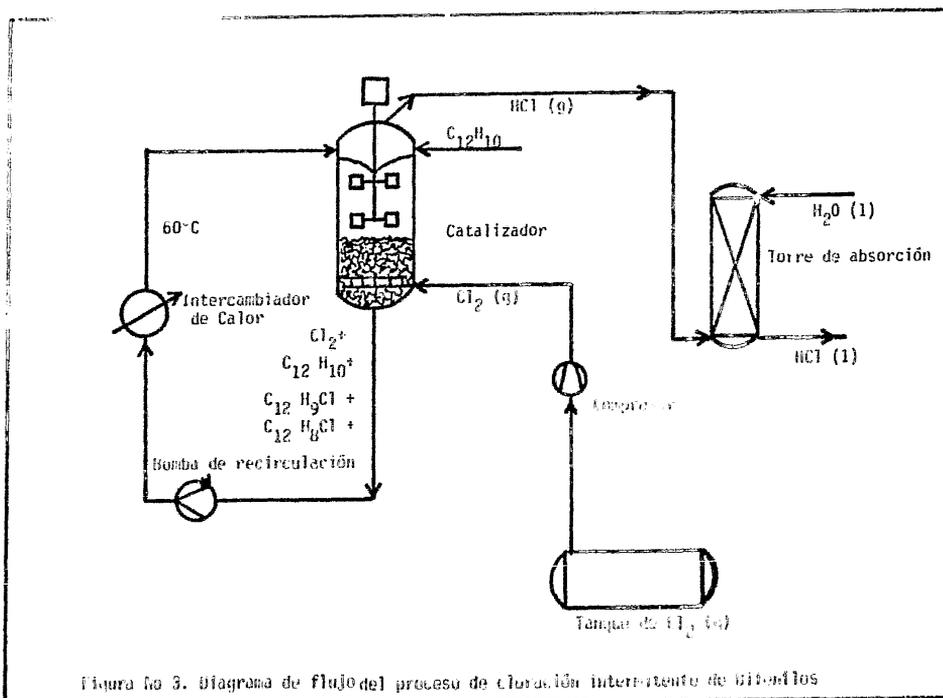


Figura No 3. Diagrama de flujo del proceso de cloración intermitente de bitúmenes

2.6.1.1 CAPACITORES

De forma general los capacitores industriales usan celulosa impregnada en líquidos dieléctricos como aislantes. Los líquidos para capacitores, son comúnmente askareles, que son mezclas de bifenilos y bifenilos policlorados. Los askareles y sus productos de descomposición son altamente volátiles, por lo que su uso en capacitores reduce notablemente el peligro de fuga y explosión, siendo esta característica la que permite un costo menor cuando los capacitores de seguridad requieren dispositivos a prueba de fuego para capacitores que contengan líquidos inflamables.

La constante dieléctrica de los bifenilos policlorados es alta comparada con otros líquidos dieléctricos comunes. Al duplicarse la constante dieléctrica del dieléctrico permite que se reduzca a la mitad el área de los electrodos del capacitor, con una consiguiente disminución en los costos de construcción e instalación del capacitor. La constante dieléctrica de los askareles está muy cercana a la del papel usado en el capacitor, por lo que hacen una excelente combinación aislante.

(8). Los askareles son adecuados para su uso en capacitores al tomarse en consideración su factor de disipación, su fuerza dieléctrica, su buena estabilidad química su baja presión de vapor (como se ven en las tablas No. 1, 2, 4, 5, y 7) por otra parte los productos de descomposición en particular el ácido clorhídrico, tienen la ventaja de ser no inflamables, pero altamente corrosivo lo que implica el uso de materiales resistentes a la corrosión en el interior de los capacitores.

La mayor desventaja de los bifenilos policlorados es su alta toxicidad. Los capacitores que usan ordinariamente bifenilos policlorados son capacitores cerrados y sellados a fin de evitar que estos sean contaminados con humedad lo cual modificaría sus propiedades dieléctricas, esta práctica previene también que los askareles lleguen a contaminar; sin embargo, cuando ocurre alguna falla eléctrica en los capacitores sellados, puede ésta provocar fugas y que el capacitor sea desechado.

Existen dos tipos de capacitores, el primer tipo para corrección de fase en las líneas de energía eléctrica, siendo de gran necesidad en los circuitos eléctricos para corregir la carga inductiva de gran parte de equipos eléctricos, la cantidad de capacitancia o corrección de fase se especifica en kilo volts amperes de corriente reactiva.

Otro tipo de capacitor existente, es el de capacitor de balastro, el cual es comúnmente usado en los sistemas de iluminación fluorescente, estas unidades son usadas principalmente para la iluminación en el interior de edificios, donde se requieren líquidos que sean no inflamables como impregnantes dieléctricos. Las balastras sirven como autotransformadores para aumentar el suministro de voltaje, hasta el valor necesario de encendido y para limitar la corriente que pasa a la lámpara estabilizando la operación de esta última; como un capacitor de potencia, el cual corrige el factor de potencia y reduce la carga sobre el sistema de distribución eléctrica (21).

2.1.2 TRANSFORMADORES

La mayor parte de los transformadores eléctricos contienen un líquido que aísla eléctricamente y remueve el calor del núcleo y del devanado. Los askareles usados en transformadores (que son mezclas diferentes a las que se usan en capacitores) tienen varias mezclas estándar. Para el caso de transformadores de distribución que se encuentran en áreas congestionadas y en el interior de edificios, los códigos eléctricos especifican que los transformadores sean de askarel o de tipo seco. En el caso de los transformadores líquidos se prefiere el askarel sobre el aceite mineral. Las principales ventajas de los askareles son su alta estabilidad química la cual evita y elimina la formación de fangos que es muy común en los aceites minerales; su elevada capacidad dieléctrica, que reduce el peligro de fallas eléctricas y su apropiada viscosidad. Sus desventajas son poca resistencia a las variaciones de voltaje y la formación de ácido clorhídrico durante el arqueo eléctrico, su tendencia a corroer los sólidos aislantes comunes que se encuentra en el interior-

del transformador, su seguridad, y el costo de su instalación, es mucho más caro que el aceite mineral.

En el caso de los transformadores con un tipo de aislamiento de aceite mineral, por lo común se los guardan dentro de un edificio que debe estar debidamente conservado para prevenir el riesgo de incendio. Después de un incendio, el edificio debe ser demolido para el caso de un accidente. Debido a estos riesgos, los transformadores con aislamiento de bifenilos policlorados, a pesar de que son más caros que los transformadores con aceite mineral, deben tener una válvula de alivio en posición para el caso de estar instalados en un lugar poco ventilado, deben de estar cubiertos por los medios adecuados para absorber cualquier cantidad de gases generados por un arco eléctrico en el interior de la caja del transformador y la válvula de alivio de presión debe de estar conectada a una chimenea, la cual llevará dichos gases al exterior del edificio (9). Así tenemos que en ciertas circunstancias por lo tanto se puede eliminar la construcción de una bóveda por el uso de transformadores aislados con bifenilos policlorados, aún en el piso de operación de una fábrica, con usar solamente las guardas de protección para prevenir el contacto con las partes vivas del transformador.

Debido a la libertad permitida en la selección del sitio para la instalación del transformador cuando este es aislado con bifenilos policlorados, los transformadores pueden ser llevados a un punto más cercano a donde se va a consumir la energía eléctrica, reduciéndose por lo tanto las pérdidas de potencia, las cuales se tienen normalmente por las conexiones de cables que son necesarios cuando son usados los transformadores llenados con aceite mineral. Se ha demostrado que por cada 1000 m ahorrados en longitud de un cable de bajo voltaje se tiene un ahorro adicional de cerca de 0.4% a 0.5% en la energía eléctrica transmitida (8).

En el caso de los transformadores llenados con bifenilos policlorados se tiene un ahorro en los costos de operación, por la eliminación del problema de oxidación - al cual son muy susceptibles los transformadores de aceite mineral. El bifenilo policloro

rado líquido no es oxidante y durante la operación no forma humedad o productos insolubles similares a el fango formado por el aceite mineral.

Con un transformador propiamente construido que contenga bifenilos policlorados y usando un sello para evitar la entrada de aire ó un conservador propiamente diseñado para prevenir la entrada de humedad, se elimina la necesidad de filtrar o reemplazar completamente el líquido, lo cual es práctica común en los transformadores de aceite mineral (9).

2.5.2 FLUIDOS INDUSTRIALES

Los fluidos industriales son usados en sistemas hidráulicos, lubricantes en turbinas de gas y como aceites en bombas de difusión.

2.5.2.1 SISTEMAS HIDRAULICOS

Los fluidos hidráulicos son líquidos usados como transmisores de fuerza; puesto -- que la mayor parte de las mezclas de los fluidos hidráulicos comerciales son marcas registradas, es difícil obtener información respecto a su composición, así los resultados de investigaciones sobre el contenido de los bifenilos policlorados son contradictorios y no se tiene ningún conocimiento definido, de que los fluidos -- hidráulicos comerciales contengan BPC, pudiendo solamente establecerse la presencia de BPC por medio de un análisis químico.

Los bifenilos policlorados son usados en los fluidos hidráulicos como aditivo, para lubricar en aplicaciones de presión extrema y como depresores en puntos de salida por aspersion a muy alta temperatura, los bifenilos policlorados con alto contenido de cloro pueden producir fósgeno en presencia de oxígeno. En los fluidos -- hidráulicos para turbinas de aviones donde se requiere una excelente resistencia-- al calor y al fuego se usan los bifenilos policlorados en vista de las altas tempe

temperaturas de operación (12).

Un importante requerimiento para muchos de los fluidos hidráulicos es una buena resistencia al fuego y al calor. En la tabla No. (8) se dan las características de temperatura de ignición para algunos lubricantes; sin embargo, las especificaciones detalladas de la composición de estos fluidos, los cuales son conocidos por sus nombres comerciales, como ya se ha mencionado, exhiben características excelentes de resistencia al fuego, por lo que la resistencia a oxidarse en los fluidos hidráulicos mencionados está en relación directa al contenido de bifenilos policlorados, reduciendo a un mínimo el fuego producido por otros productos contenidos en las mezclas de fluidos hidráulicos (12).

15.2.2 LUBRICANTES DE TURBINAS DE GAS

Las características de los lubricantes de turbinas de gas son similares a las de los fluidos hidráulicos excepto por los requerimientos adicionales de lubricidad a altas velocidades de corte. Se presta un énfasis particular a la resistencia al calor, alta índice de viscosidad, bajo punto de fluidez, resistencia a producir espuma y a oxidarse. En la tabla No. (9) se dan las especificaciones de los lubricantes de gas, de acuerdo a muestras tomadas en los Estados Unidos de América y en el Reino Unido. Los bifenilos policlorados parecen ser de mucha utilidad como aditivos en los lubricantes de turbinas de gas, pero no existe evidencia de que los mismos sean usados corrientemente para este propósito. Las investigaciones que se han hecho a lo largo de estos lineamientos nos han indicado que algunos bifenilos policlorados han sido agregados a lubricantes de turbinas de gas. La principal objeción de los bifenilos policlorados para ser usados como aditivos en este uso es su tendencia a ser corrosivos a las altas temperaturas que se alcanzan en las turbinas de gas. Esta corrosión es acelerada con la descomposición de los bifenilos policlorados y la formación de ácido clorhídrico a altas temperaturas (13).

2.5.2 BOMBAS DE VACÍO

Para las aplicaciones de bombas de vacío mecánicas y de difusión requieren del uso de fluidos que contengan un componente altamente fraccionado. Consecuentemente y en forma general no se usan aditivos. Así los bifenilos policlorados son usados en forma pura como aceite en una bomba de difusión para aplicaciones comerciales. Algunas de las propiedades adecuadas para algunos fluidos de bombas de difusión son ideales para la selección de los bifenilos policlorados y esta última es la basada en su estabilidad, resistencia a la oxidación, presión de vapor apropiada y en particular su bajo costo. (14). Sin embargo, su uso en bombas de vacío de los bifenilos policlorados está limitado por su relativamente alta presión de vapor a bajas temperaturas, su uso en calderas a altas presiones, hace posible la operación con poca fuerza de vacío, por lo tanto son útiles como fluidos en bombas de potencia. Excepto para ciertas aplicaciones donde los líquidos que se tienen como alternativas pueden ser incompatibles con los vapores o fluidos que son bombeados, existe la ventaja de que los bifenilos policlorados son los más económicos de los aceites para bombas de difusión (15).

2.5.3 FLUIDOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Los fluidos de transferencia de calor son usados para absorber energía térmica de una fuente por enfriamiento o cambio de fase llevando ese calor a otro lugar para su ulterior utilización, el proceso inverso usando el fluido como refrigerante requiere propiedades similares del fluido.

La principal ventaja de los bifenilos policlorados como fluido de transferencia de calor es su resistencia al calor, esta propiedad es de vital importancia donde existe la posibilidad de un incendio provocado por las altas temperaturas y una fuga en el sistema. Otras ventajas de los bifenilos policlorados como fluidos de transferencia de calor son un bajo punto de fluidez, viscosidad adecuada, y una

na estabilidad térmica arriba de los 320°C, son relativamente inertes y tienen excelentes propiedades eléctricas. Por otro lado sus desventajas como fluidos de transferencia de calor son: su tendencia a descomponerse formando ácido clorhídrico y su poca resistencia a la radiación (16).

4. PLASTIFICANTES Y USOS MISCELANEOS.

4.1 PLASTIFICANTES

Un plastificante es un material incorporado a un plástico para incrementar su maleabilidad y flexibilidad. La adición de un plastificante puede abatir la viscosidad de fusión y la temperatura de flujo (que incrementa la facilidad con la que se puede hacer al plástico fluir) ó disminuir el módulo de elasticidad (haciendo el plástico más blando). Los plastificantes son por lo general líquidos no volátiles o sólidos de bajo punto de fusión.

El mayor requerimiento de los plastificantes es que coexistan con el plástico sin que se afecten el uno al otro. Se dan los datos de esta coexistencia en la tabla No. 8 de algunos plastificantes comunes con termofraguados sintéticos o resinas termoplásticas. Otras propiedades que son de importancia cuando se toman en consideración los plastificantes, son densidad, índice de refracción, color, olor, resistencia a la humedad, volatilidad, temperatura de ebullición, estabilidad (a la luz y al calor), toxicidad y costo.

Los bifenilos policlorados son atractivos para ser usados como plastificantes ya que tienen una amplia escala de propiedades plastificantes como se muestra en la tabla No. 8. Los bifenilos policlorados son termoplásticos, estables químicamente, no oxidantes, no corrosivos, excelente poder de solvatación, resistentes al fuego, resistentes al ataque de ácidos, álcalis o agua, son insolubles en agua, glicerol y glicoles, son solubles (con bajo contenido de cloro en disolventes orgánicos). Siendo sus principales desventajas su toxicidad y su costo relativamente

alcoholes.

2.5.4.2 ADHESIVOS.

Un adhesivo es una sustancia capaz de mantener unidos dos materiales por adherencia superficial. La mayoría de las resinas adhesivas plastificadas son emulsiones de fusión al calor, pegamentos de acción retardada, sensitivos a la presión, soluciones y recubrimientos adhesivos y de preparación. Casi todas las resinas termoplásticas se usan individualmente, o en mezclas como un adhesivo de fusión al calor.

Los polifenilos clorados y los fosfatos de arilo (plastificantes no reactivos mejoran las propiedades de flujo de las resinas fenólicas antes de su curado, dándoles también las composiciones características de resistencia al fuego). Los bifenilos policlorados son usados también en formulaciones de adhesivos laminados que incluyen poliuretanos y policarbonatos para la preparación de vidrios de seguridad y acústicos. Así los laminados han mejorado su fuerza y resistencia a la delaminación, sobre una amplia escala de temperaturas, superando sus propiedades de absorción de ruidos y disipación de energía.

Los sulfuros de poliareleno, tratados con bifenilos policlorados son empleados para laminar metales y cerámica (19, 20), un copolímero de etileno-propileno mezclado con bifenilopoliclorado ha sido usado como adhesivo fundido en caliente habiendo mejorado la resiliencia, resistencia a la degradación oxidante y térmica, teniendo excelente adhesión a las películas de polietileno (18). Tapices lavables de paredes y materiales de tapicería hechos de películas de cloruro de polivinilo, han mejorado notablemente sus propiedades por la adición de bifenilos policlorados a la formulación adhesiva. Los bifenilos policlorados también pueden ser usados en la preparación de adhesivos de alcohol de polivinilo, composiciones que son usadas para fabricar envolturas, películas autoadheribles (20) y en la preparación de recubrimientos de cápsulas que se rompen a la presión para cinta adhesiva (19).

bifenilo policlorado hace los recipientes flexibles, impenetrables y resistentes a aromas, ácidos y álcalis.

Los bifenilos policlorados son compatibles en forma usual con resinas epóxicas y mejoran la dureza final y la resistencia al impacto de la resina. Usándose como recubrimientos protectivos para metales, por ejemplo encapsulando capacitores eléctricos, para centros de ferrita magnética usados en computadoras, para resistores-resistentes a la corrosión, para recubrimientos pigmentados de metales y para tuberías y ladrillos.

2.5.4.5 SELLADORES

Las composiciones de los selladores incluyen un amplio rango de compuestos los cuales pueden ser usados para sellar uniones o partes huecas en vacío, contra agua y vapor de agua, aire y otros gases, polvo, sonido, insectos, calor y frío. Para el caso de aplicaciones especializadas se requieren resistencia a ciertos agentes químicos o medios atmosféricos. Los bifenilos policlorados pueden ser usados como plastificantes en la formulación de mastiques a partir de copolímeros de acetato de etileno-vinilo o estireno. Estos productos no se endurecen y son resistentes a la humedad y a la congelación, mostrando también una gran resistencia a los agentes meteorológicos. Un sellador efectivo para ser aplicado en concreto y asfalto puede ser formulado a partir de una mezcla de polisulfuro, hule clorado y poliisocianato y usando como plastificante bifenilo policlorado (20).

2.5.4.6. TINTAS DE IMPRESION

Los bifenilos policlorados se han empleado como parte de las formulaciones usadas para preparar impresiones sensitivas a la presión y papel copia en color. También se han usado como recubrimiento de papel en proceso de duplicación termográficos como en el proceso de transferencia xerográfico. Para impresiones libres de disolventes sobre plasticos olefinicos pueden llevarse a cabo por calentamiento de una

mezcla de materiales de bajo peso molecular, bifenilos policlorados y los pigmentos y tintas adecuados. Para la impresión de placas, lo suficientemente duras para obtener letras impresas por presión de alta calidad y de la flexibilidad suficiente para usarse como placas flexográficas, pueden ser preparados con formulaciones que contienen una resina líquida como epoxy, polyester, uretano, acrílico - un exceso de agente curador y bifenilo policlorado como plastificante (7).

5.4.7 COMPOSICIONES RETARDANTES DEL FUEGO Y A PRUEBA DE FLAMA.

Cuando los bifenilos policlorados se usan como plastificantes, imparten cierto grado de no inflamabilidad a los objetos descritos en los párrafos anteriores. Sin embargo, por su gran efectividad en aplicaciones como retardante del fuego, los bifenilos policlorados pueden ser mezclados con óxidos metálicos para mejorar esta característica. (7).

5.4.8 APLICACIONES MISCELANEAS

Debido al amplio número de propiedades físicas y químicas de los bifenilos policlorados (Ver tablas 1,2,4,5,6, 7 y 8) los hacen deseables para una serie de usos misceláneos que son los siguientes:

- Vehículo catalizador para la polimerización de olefinas.
- Conversión de suelos permeables a estado impermeable con resinas y plásticos - usando los BPC, como plastificantes.
- Formulaciones combinadas de insecticidas y bactericidas teniendo BPC como agente activo.
- Inhibidor del desarrollo de microbios en esmaltes cerámicos.
- Materiales plásticos aislantes del sonido para carros de ferrocarril.
- Artículos decorativos de cloruro de polivinilo que dan la impresión de cintilación interna.
- Aumento en la densidad de placas de carbón por impregnación con BPC.

3.- Como apagador de metales o agente templador para acero, aleaciones y vidrio.-

77.

TABLA No. 1

PROPIEDADES FISICO QUIMICAS DE ALGUNOS EFLENOS POLICLORADOS

PROPIEDADES FISICO - QUIMICAS	AROCLOR 1221	AROCLOR 1232	DIFENILOS POLICLORADOS AROCLOR 1242	AROCLOR 1243	AROCLOR 1254	AROCLOR 1260
FORMA	Aceite fluido incoloro	Aceite fluido practicamente incoloro	Aceite fluido practicamente incoloro	Aceite fluido incoloro hasta amarillo-verde claro	Aceite viscoso amarillo claro	Resina pegajosa suave - amarilla clara.
COLOR (APHA)	50 Max.	50 Max.	50 Max.	50 Max.	50 Max.	50 Max.
ACIDEZ MAXIMA (mg de KOH por g)	0.014	0.014	0.010	0.010	0.010	0.014
COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA PROMEDIO cc/cc/°c	0.00071 (15°-60° C)	0.00073 (25°-100° C)	0.00068 (25°-65° C)	0.00070 (25°-65° C)	0.00066 (25°-65° C)	0.00067 (20°-100° C)
DENSIDAD A 25° C g/cc	1.381	1.284	1.378	1.409	1.536	1.618
INTERVALO DE DESTILACION °C	275°-325	230°-325	225°-325	340°-375	355°-400	285°-420
PERDIDAS POR EVAPORACION a 100° C durante 6 hrs.	1.0 a 1.5	1.0 a 1.5	0.5 a 0.4	0.6 a 0.3	0.0 a 0.2	0.0 a 0.1
TEMPERATURA DE INFLAMACION °C	141°-150°	152°-154	140°-145	140°-145	Ninguna	Ninguna
TEMPERATURA DE IGNICION °C	176°	235	* Ninguna	* Ninguna	* Ninguna	* Ninguna
TEMPERATURA DE ESCURRIMIENTO °C	Crystales a 10°	35°	10°	10°	10°	31°
INDICE DE REFRACCION n _d ²⁰	1.617-1.618	1.620-1.622	1.627-1.629	1.630-1.631	1.639-1.641	1.647-1.649
TEMPERATURA DE ABLANDAMIENTO	-	-	-	-	-	-
VISCOSIDADES SAYBOLT UNIVERSAL	50 C 54 C 58 C	30 - 41 37 - 57 42 - 61	20 - 25 24 - 31 27 - 30	20 - 25 23 - 30 27 - 30	31 - 41 36 - 50 42 - 55	72 - 78 820 - 4500 ---

* NINGUNA: Indica que no existe la propiedad de ignición hasta la temperatura indicada.

FUENTE: MONSANTO INDUSTRIAL CHEMICALS, INC.

PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS de RESINAS BLENDEDAS por MONTANO

PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS	AROLCOR 1262	AROLCOR 1268	AROLCOR 1465	AROLCOR 1442	AROLCOR 1460	AROLCOR 2565
F O R M A	Resina pegajosa amarilla clara	Polvo blanco	Resina quebradiza amarilla clara	Resina pegajosa amarilla transparente	Resina pegajosa amarilla clara amar	Resina pegajosa negra opaca.
Color	50 Max (APHA)	1.5 Max (NPA) (Fundido)	2 Max (NPA) (Fundido)	2 Max (NPA) (Fundido)	2 Max (NPA) (Fundido)	----
Acidez máxima (mg de KOH por g)	0.014	0.05	0.05	0.05	0.05	1.4
Coefficiente expansión térmica cc/cc/°C	0.00051(25 - 65 °C)	0.0007(20 - 100 °C)	0.00051(25 - 65 °C)	0.00123(25 - 99 °C)	0.00179(25 - 124 °C)	0.00066(25 - 65 °C)
Densidad a 25°C g/cc	1.644	1.009	1.667	1.467	1.667	1.731
Intervalo de destilación °C	395 - 423	435 - 450	230 - 320 a 4 mm Hg	215 - 300 a 4 mm Hg	280 - 335 a 4 mm Hg	----
Pérdidas por evaporación % a 100°C durante 6 hrs.	0.0 a 0.1	0.0 a 0.06	0.0 a 0.00	0.01	1.5 a 26.0 durante 6 hrs.	----
Temperatura de inflamación °C	Ninguna	Ninguna	Ninguna	247	Ninguna	Ninguna
Temperatura de ignición °C	Ninguna	Ninguna	Ninguna	289	Ninguna	Ninguna
Temperatura de oscurecimiento °C	35 - 40	----	----	----	----	----
Temperatura de ablandamiento °C	----	150 a 170	60 a 65	60 a 65	94 a 107	65 a 77
Índice de Refracción n_D^{20}	1.6501-1.6517	----	1.6501-1.6517	----	1.6501-1.6517	----
Viscosidades Saybolt Universal (seg. 30°)	50 - 100	----	10 - 20	10 - 20	10 - 20	----
50°	50 - 100	----	10 - 20	10 - 20	10 - 20	----
100°	50 - 100	----	10 - 20	10 - 20	10 - 20	----

FUENTE: MONTANO INDUSTRIAL CHEMICAL, Co.

Tabla No. 3

COMPOSICIÓN DE DIFERENTES BIFENILOS POR TIPOLOGÍA

% DE COMPONENTES	ASOCIADOS DE MONSANTO							
	1921	1230	MCS 1043	1940	MCS 1616	1238	1254	1260
CLORO	21	30	52	42	40	59	54	60
BIFENILO	14.8		1.04	0.02	0.02			
BIFENILO MONO-CLORADO	56.5		22.2	0.72	0.90			
BIFENILO DICLORADO	26.9	55	74.4	15.6	19.4			
BIFENILO TRI-CLORADO	1.42		3.3	50.5	70.5			
BIFENILO TETRA-CLORADO	0.06			20.5	16.5	50		
BIFENILO PENTA-CLORADO				6.78	0.16		50	
BIFENILO HEXA-CLORADO								70

* INCLUIE ISÓMERO MAYOR QUE LOS INDICADOS EN EL CUADRO

FUENTE: MONSANTO INDUSTRIAL CHEMICALS, CO.

Tabla No. 4

PROPIEDADES PROMEDIO DEL TRICLORO B.FENILO APROPIADO PARA USO EN CAPACITORES
SOMETOS A BAJAS TEMPERATURAS AMBIENTALES (C)

P R O P I E D A D	V A L O R E S
Condición (25°C)	Claro
Color	Prácticamente incoloro
Valor máximo de acidez (Mg de KOH/g)	0.01
Ión cloro libre	nada
Gravedad específica (25°C) *	1.28
Temperatura de escurrimiento	-14° a -20°C
Viscosidad (Saybolt Universal Sec. 100 C)	35
(Saybolt Universal Sec. 100 C)	34
(-E) 100°C	2.15
Calor específico (25°C) (Cal/g°C)	0.19
Coefficiente de expansión (25°- 65°C) (C/C/C)	57×10^{-6}
Conductividad térmica (40°C) (Kcal/mh/m°C)	0.095
Índice de refracción n_D^{20}	1.605
Fuerza Dieléctrica (20°- 90°C)	
Kv/cm (VDE)	200
VPM (ASTM)	350
Constante Dieléctrica (25°C)	5.6-5.9
(100°C)	4.7-4.9
Resistencia Dieléctrica (90°C) (ohm-cm)	5×10^{10}
Factor de Potencia (90°C)	0.015

* Gravedad específica es la relación entre la densidad de la sustancia y la densidad del agua, ambas a 25°C.

PIRANOL

CARACTERÍSTICAS DE SERVICIO DE ALUMINOS PIRANOL

PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS	PIRANOL # 1476	PIRANOL # 1499	PIRANOL # 1478	PIRANOL # 1467	PIRANOL # 1470
Gravedad Específica (65°/15.5°C) **	1.495-1.515	1.405 - 1.415	1.460-1.465	1.560-1.565	1.569-1.571
Índice de Refracción n_D^{25}	1.6370-1.6390	1.6290- 1.6310	1.5695-1.5705	1.6137-1.6147	1.6075-1.6095
Acidez total (mg KOH/gr) max.	0.010	0.010	0.01	0.01	0.014
Cloro libre (ppm) max.	0.1	0.1	0.10	0.10	0.10
Sulfatos libres	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada
Contenido de Agua (ppm) max.	35	35	30	30	30
Viscosidad Saybolt Universal Seg 38°C	----	195 - 205	35 - 31	52 - 56	40 - 43
99°C	44-48	38 - 40	---	---	---
Temperatura de Escurrimiento (°C) max.	10	0	10	- 32	- 44
Temperatura de ignición (°C) max.	Ninguna	310	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Color (APHA) max.	100	150	150	100	150
Fuerza Dieléctrica (25°C Kv) min.	35	30	30	35	35
Constante Dieléctrica (100°C)	4.3 ¹ -4.5 ⁶	4.6	4.7	4.5 - 4.6	4.8 - 4.1
Resistividad (cm-cm, 100%) min.	500 x 10 ⁹	500 x 10 ⁹	50 x 10 ⁹	100 - 10 ⁹	100 - 10 ⁹
Intervalo de Destilación °C					
Ia. eola	---	310	310	310	310
Punto 10%	355-374	---	355-374	---	355-374
Punto 50%	371-379	---	371-379	---	371-379
Punto 90%	379-394	---	379-394	---	379-394
Punto seco	----	365	370	----	----
Calor Específico (cal/g a 30-35°C)	.262	---	2.64	2.51	2.55
Conductividad Térmica (30°C)(kcal/cm/h/°C)---	---	241 x 10 ⁻⁵	40 x 10 ⁻⁵	40 x 10 ⁻⁵	---
Coefficiente expansión térmica					
(15.5-100°C)	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004
(100-150°C)	---	---	---	---	---

** Gravedad específica es la relación entre la densidad de la sustancia a 65°C y la densidad del agua a 15.5°C.

FUENTE: GENERAL ELECTRIC COMPANY

° Correspondiente al punto 50%

Tabla No. 6

PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE ALGUNOS BIFENILOS POLICLORADOS USADOS
 COMO ACEITES LUBRICANTES, ACEITES PARA MOTORES
 Y FLUIDOS HIDRÁULICOS (12)

F L U I D O	COMPUESTO QUÍMICO o CLASE	VISCOSIDAD (2)		DENSIDAD ESPECÍFICA	TEMPERATURA	TEMPERATURA	TEMPERATURA DE
		38°C	59°C		DE INFLAMACIÓN °C	DE IGNICIÓN °C	AUTOIGNICIÓN °C
PYDRAUL A-200	HIDROCARBURO CLORADO	40.8	5.6	1.42	177	360	649
AROCLOR 1243	BIFENILO TETRA-CLORADO	43.0	3.2	1.31	194	410/410	640
AROCLOR 1242	BIFENILO TRI-CLORADO	17.7	---	1.29	176	410/410	666
AROCLOR 1253	HIDROCARBURO CLORADO	---	---	---	170/170	410/410	585

TABLA No. 2
COMPATIBILIDAD MAXIMA APROXIMADA DE LOS BIFENILOS POLICLORADOS
CON VARIAS RESINAS EN PARTES POR CIENTO (17)

<u>C O M P U E S T O S</u>	<u>PPC DE DIFERENTES POLICLORADOS</u>
Cloruro de Polivinilo	30
Acetato de Polivinilo	50
Cloruro de Polivinilideno	10
Poliestireno	100
Celulosa de Etilo	75
Nitrato de Celulosa	100
Acetato de Celulosa	1
Butirato de Acetato de Celulosa	50
Pala Clorada	100
Copolimero elevado de Estireno Butadieno	50
Plásticos basados en Proteínas	1
Goma Laca	1
Resinas Acrílicas	10
Poliámidas	25
Poliéster	25
Resinas Epóxicas	50
Resinas Fenólicas	25
Resinas Alifáticas	10
Resinas de Colofonia (B. Identada)	1
Palmitatos	1
Gule de nitrilo y acrílico	50

ESPECIFICACIONES PARA LUBRICANTES A ALTAS TEMPERATURAS

LUBRICANTE	MIL-L-9236-D*	MIL-L-27800*	SAE 2497
Viscosidad en 260°C		1.0 min.	2.0 min.
Viscosidad en 204°C	1.0 min.		8.5 max.
Centistokes a 100°C			
Centistokes a 39°C		13,000 max.	
Centistokes a -34°C			13,000 max.
Centistokes a -41°C			
Estabilidad de la viscosidad temperatura de prueba °C	- 54	- 30	54
Cambios de viscosidad en 3 hr.	6% max.	6% max.	
Viscosidad después de 3 hr, CS	21,000 max.	13,000 max.	
Viscosidad después de 72 hr, CS	24,000 max.	17,000 max.	
Temperatura de escurrimiento °C	- 59 max.	-40 max.	
Temperatura de inflamación °C	218 min.	260 min.	260 min.
Temperatura de ignición espontánea °C	399 min.		399 min.
Presión de vapor a 260°C mm de Hg		5.0 max.	
Pérdida por evaporación temperatura de prueba °C	204	204	204
% de pérdida 6-1/2 hr. a 760 mm Hg	15 max.	10 max.	
Calor específico cal/kg °C a 33°C		0.38 max.	
Calor específico cal/kg °C a 260°C		0.40 min.	
Crecimiento del hule 72 hr	22-26% a 260°C	20-25% a 260°C	
Crecimiento del hule 288 hr			20-25% a 204°C

* Especificaciones militares de EIA 9

3. MÉTODOS DE DETERMINACION

3.1 CROMATOGRAFIA.

Uno de los principales problemas en la identificación de los bifenilos policlorados por los métodos de cromatografía gas-líquido y de capa fina, es la interferencia de pesticidas organoclorados cuando estos se encuentran presentes junto con los bifenilos policlorados. Fue así como en los primeros trabajos de identificación de algunos pesticidas organoclorados tales como el DDT (1,1,1-tricloro-2,2-bis(p-clorofenilo) etano), lindano, dieldrin, aldrin y heptacloro por medio de los métodos de cromatografía gas-líquido y de capa fina, se encontraron manchas y picos que interferían con la detección de dichos pesticidas.

Para el análisis de los pesticidas, se usa generalmente un detector de captura de electrones, que por su sensibilidad se pueden determinar diferentes niveles en la escala de picogramos; sin embargo este detector no es específico para el cloro ya que también da una respuesta para los compuestos que contienen oxígeno en sus moléculas. Sin embargo, en este caso la respuesta es mucho menor, pudiendo este efecto ser contrarrestado, si el nivel de oxígeno que contiene la impureza es alto. Este sistema tiene desventajas inherentes, de tal forma que dos compuestos diferentes pueden tener el mismo tiempo de retención y de esta forma ser detectados como uno solo ó el pico que se registra no necesariamente contiene cloro, puesto que como se indicó anteriormente el detector no es específico para el cloro. Para evitar este tipo de problemas se usan dos columnas diferentes con distintas propiedades, de esta forma al inyectarse la muestra en el instrumento se asegura una buena separación y por lo tanto una mejor identificación de los bifenilos policlorados.

Para una posterior demostración de cuál compuesto es responsable de los picos que indican la presencia de cloro en dicho compuesto se procede a concentrar la muestra y se corre otra prueba en una columna con un detector específico de me -

nor sensibilidad al cloro, como lo es el caso del detector microcoulométrico. Con este procedimiento se mejora la especificidad del análisis de residuos (22).

J. Armour y J. Burke de la Food and Drug Administration, desarrollaron un método de separación de los bifenilos policlorados del DDT y compuestos similares ----- el cuál implica una identificación por medio de una combinación de cromatografía de gases de alta resolución y espectrometría de masas. Debido a la necesidad de medir los bifenilos policlorados en niveles extremadamente bajos del orden de una parte en 10 o menos. Esta técnica involucra los siguientes pasos: a) preparación de la muestra, b) extracción de los bifenilos policlorados, c) eliminación de interferencias, d) concentración y e) cromatografía de gas final y medición (23).

Algunas muestras de origen biológico requieren un pretratamiento más extenso que para el caso de aguas o efluentes de plantas industriales. La medición de la concentración de los bifenilos policlorados en efluentes es un procedimiento simple que implica un cromatograma de la muestra y su comparación con cromatogramas de muestras estandar que se desarrollaron a partir de bifenilos policlorados conocidos. Para obtener un análisis más exacto, se han desarrollado curvas de calibración a partir de picos específicos en muestras estandar (22). En las figuras 4 a 9 se muestran algunos cromatogramas de los arceiores más representativos y que son presentados de acuerdo a J. Armour (23).

Se deben de hacer notar otros puntos relevantes a la separación y cuantificación de los bifenilos policlorados. Primero, en los métodos de separación usados antes de la cuantificación de residuos en muestras que contengan bifenilos policlorados e hidrocarburos clorados caen en dos categorías: a) aquellos que necesitan la destrucción o alteración de uno o más compuestos y b) aquellos que no lo requieren.

El primer grupo requiere un tratamiento de nitración ($\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$) a 0°C durante 5 minutos, el cual destruye o altera a la mayoría de los pesticidas organoclo-

... de esta forma se dejan intactos a los diferentes policlorados junto con --
... y el HCB (hexacloruro de benceno). También, se puede optar por una saponificación con NaOH alcohólica o KOH, lo cuál eliminaría ácido clorhídrico de algunos pesticidas como Pertano, Toxafeno, DDD y DDT, convirtiéndolos en sus respectivos compuestos olefinicos.

... otra técnica que permite una separación especial de varios pesticidas o --
... de los bifenilos policlorados. Esta técnica implica el uso de varias columnas y disolventes. Por otra parte también se puede usar una serie de columnas de diferente polaridad en la cromatografía de gases cuando se hace la determinación.

... la cantidad de las cantidades de bifenilos policlorados es determinada usando los datos de un bifenilo policlorado estandar como referencia. Después de sumar las --
... de los picos individuales el total es multiplicado por un factor derivado de las mediciones estandar con los detectores de captura de electrones y microcontador.

Condiciones de cromatografía de gases.

Figuras 4 - 9

Columnas: (1) Chromosorb W HP, contenido 10%

en peso de aceite de silicona (DC200)

(2) Chromosorb W HP, contenido 15%

en peso de grasas de silicona (QF) 2/10% de aceite de silicona (DC200)

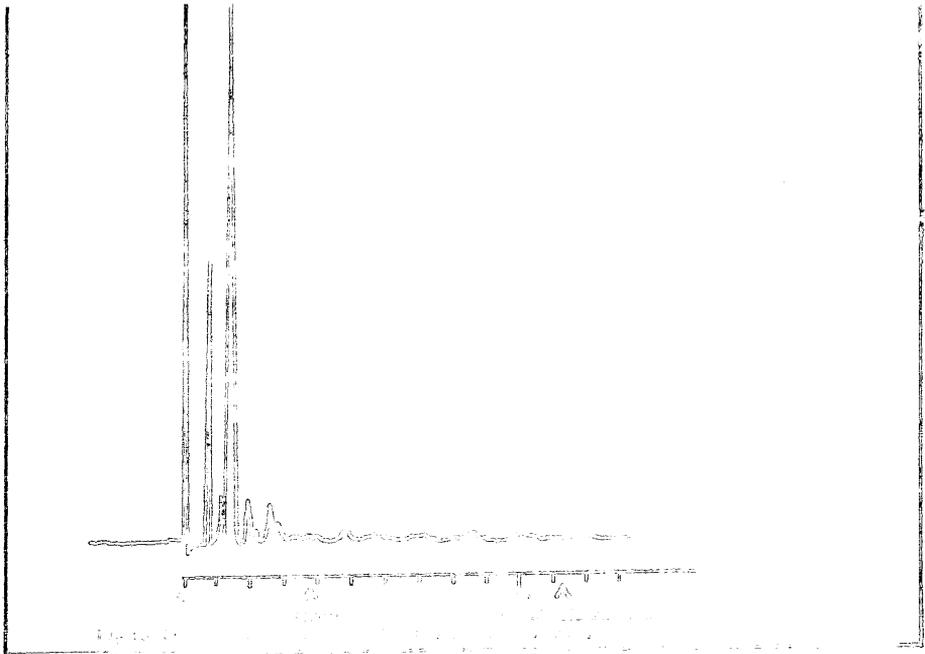
Dimensiones de las columnas: 1.5 m. x 4 mm. de diametro interno.

Temperatura: 200°C

Flujo del gas transportador: 120 ml de N₂/min.

Detectores: Captura de electrones (tritium)

Temperatura: 200°C



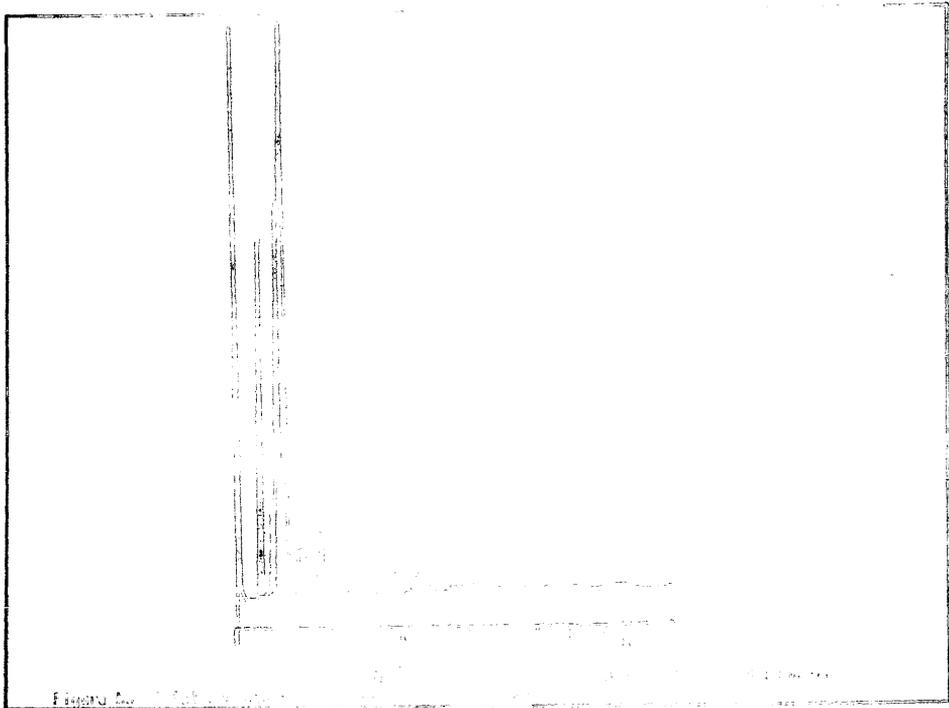
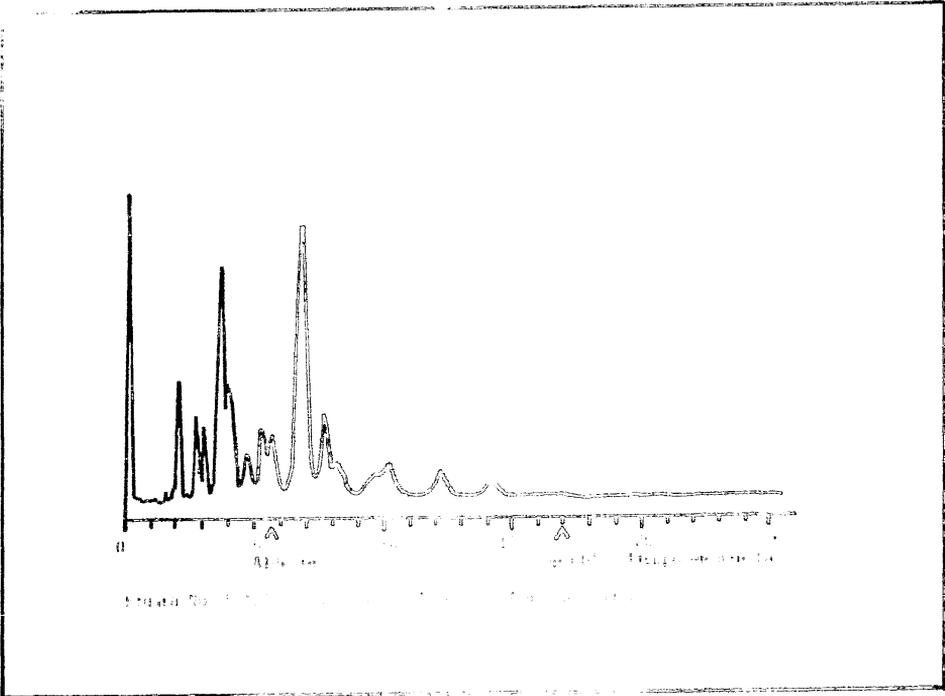


FIGURE 1. A perspective view of the frame and bar assembly.



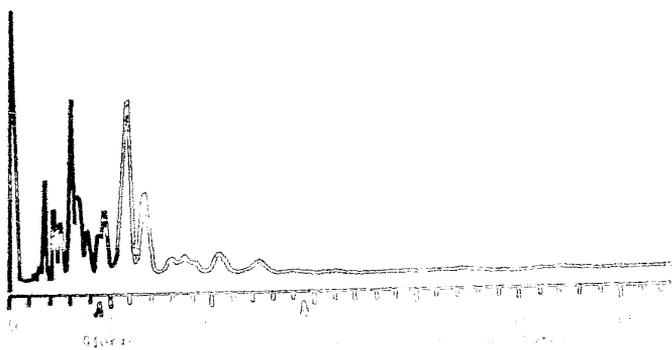
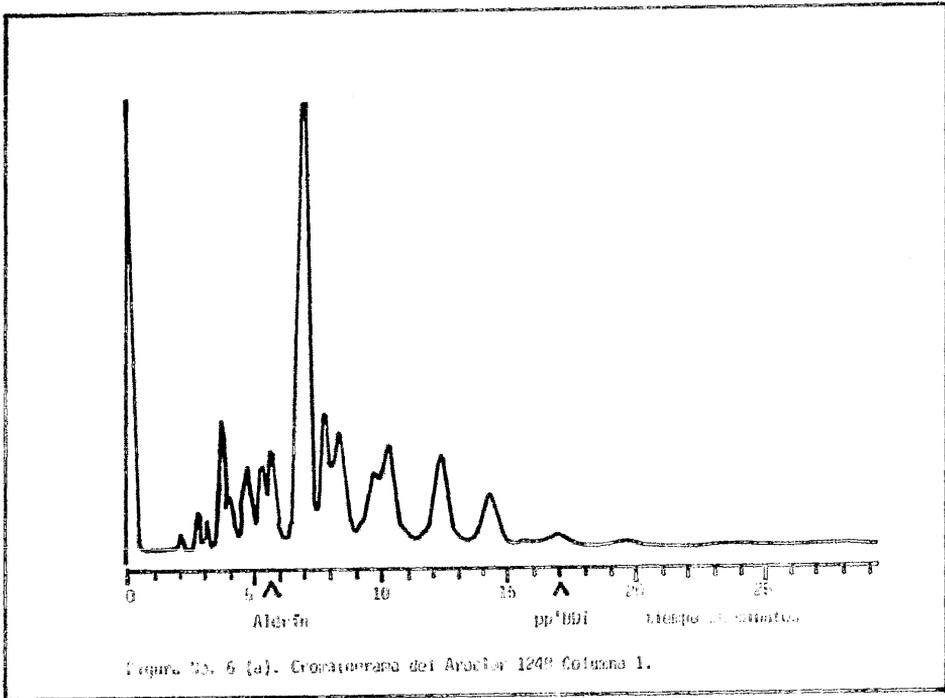


Figura No. 003 (a) - Curva de absorção de 0,1 g/l de solução



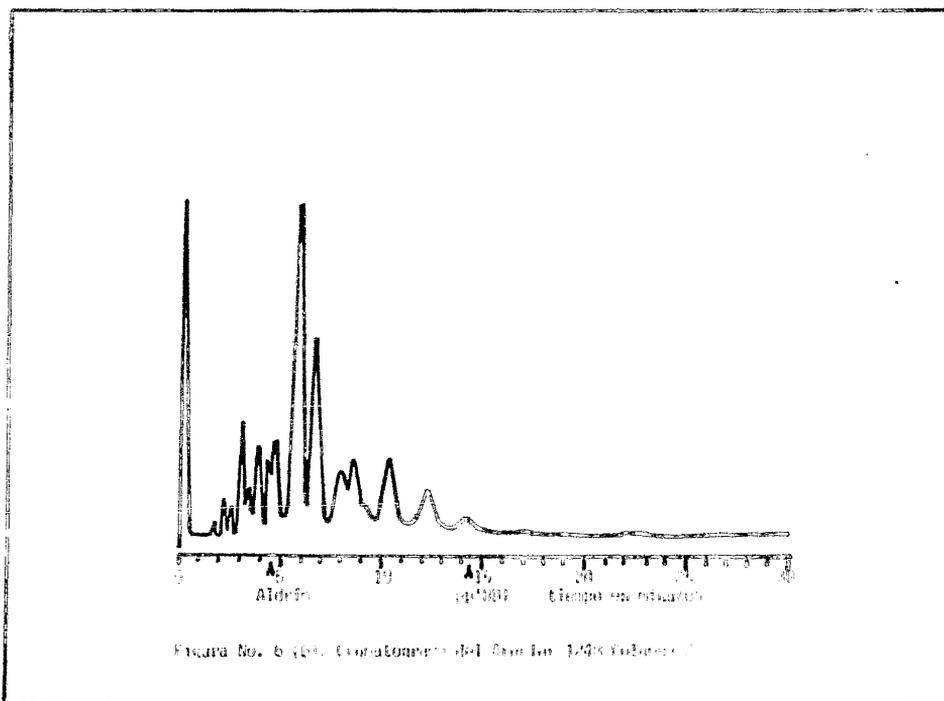
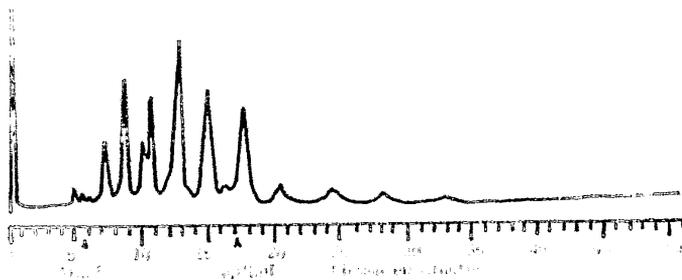
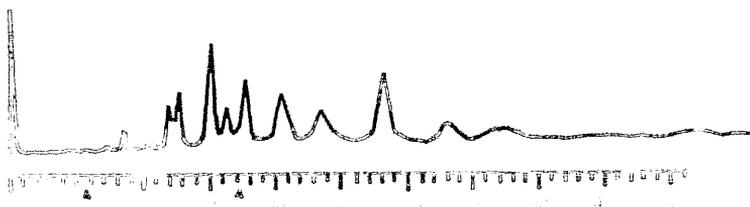


Figura No. 6 (6). Cromatograma del Aldehído 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100.



Espectro infrarrojo de acetona (Acetone IR Spectrum)



Espectro infrarrojo de etanol (Ethanol IR Spectrum)

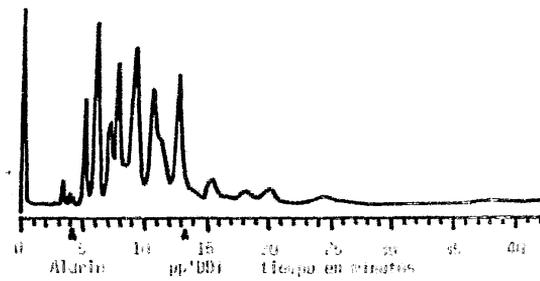


Figura No. 6 (a) Cromatograma del Aracido 1,2,3,4,5,6

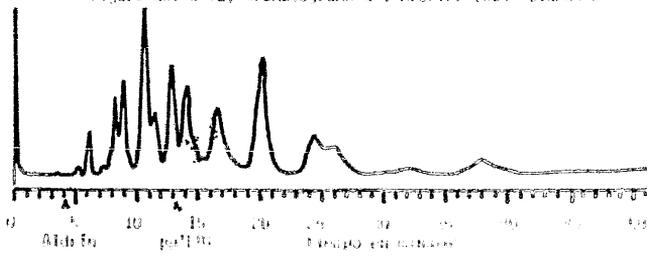


Figura No. 6 (b) Cromatograma del Aracido 1,2,3,4,5,6

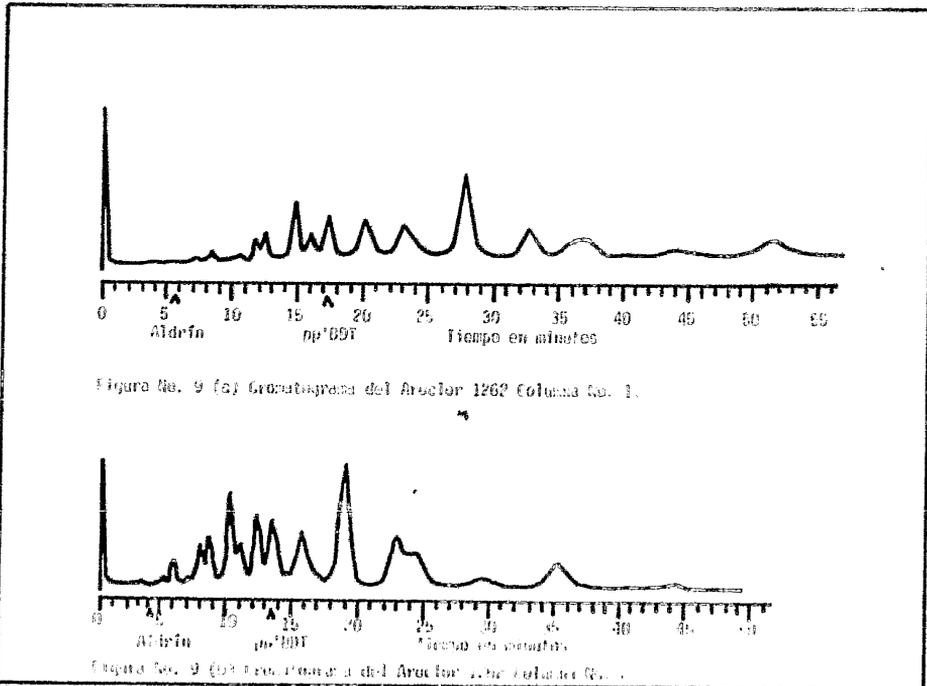


TABLA No. 10

DATOS DE UNA MUESTRA FRACCIONADA DE BIFENILOS POLICLORADOS

RETENCIONES RELATIVAS Y ESPECTROMETRIA DE MASA

PICO No.	RETENCION RELATIVA	NUMEROS DE MASA Y NUMEROS DE ATOMOS DE CLORO POR MOLECULA	IDENTIDAD DEL COMPUESTO
1	1.74	368 (6 Cl)	Bifenilo Hexa clorado.
		392 (7 Cl)	Bifenilo Hepta clorado
2	2.42	390 (7 Cl)	Bifenilo Hepta clorado.
3	3.48	366 (6 Cl)	Nortateno Hexa clorado

3.2 ESPECTROMETRÍA DE MASA.

El uso de la espectrometría de masa en el análisis de los bifenilos policlorados; ha sido una técnica ampliamente usada junto con la cromatografía. Fue así como para establecer la incierta composición de ciertos compuestos químicos que causaban la aparición de falsos picos de DDT, el investigador S. Jensen separó uno de los compuestos por medio de cromatografía de gas líquido, sometiéndolo posteriormente a una espectrometría de masa. Los datos obtenidos en la espectrometría de masa mostraron varios compuestos con pesos moleculares de 324, 358, 392 y 426. Las diferencias de los pesos moleculares ó la diferencia de 34 unidades de masa sugirió un átomo de cloro menos por posición en un átomo de carbono. En esencia y a través de cálculos Jensen dedujo que esos compuestos desconocidos podrían ser solamente hidrocarburos policlorados, en este caso teniendo 5, 6, 7 y 8 átomos de cloro en la molécula. Entonces Jensen verificó esta conclusión al introducir un bifenilo policlorado conocido en el espectrómetro de masa verificando su suposición. (22).

El espectrómetro de masa produce iones cargados que consisten en el ión progenitor y de los fragmentos iónicos de la molécula original, y separa estos iones de acuerdo con su proporción de masa/carga. El espectro de masa es un registro de los números de las diferentes clases de iones. Unos cuantos décimos de miligramo o menos de muestra, son suficientes para poder detectar en la muestra la presencia de bifenilos policlorados, siempre y cuando estos puedan existir en estado gaseoso a la temperatura y presión existentes en la fuente de iones.

El arreglo de los átomos en las estructuras moleculares y la fuerza de las ligaduras entre estos átomos dirigen la forma en la cual se forman los fragmentos --- cuando las moléculas son bombardeadas por electrones de alta velocidad. Una molécula puede simplemente perder un electrón o fragmentarse en iones. Los fragmentos de iones pueden, a su vez, romperse todavía más. Un ión molecular o ión progeni -

tor generalmente se observa en una tensión considerable, cuando las moléculas gaseosas son bombardeadas con electrones de una energía lo suficiente para causar ionización, alrededor de 8-14 eV para la mayoría de las moléculas orgánicas. Conforme se aumenta la energía electrónica, la probabilidad de la ionización crece y se puede formar el ión progenitor con un exceso de energía en sus grados electrónicos y vibracionales de libertad. Debido a la redistribución de la energía entre las ligaduras, estas se debilitan simultáneamente. Tan pronto como el exceso de energía adquirido por el ión progenitor sobre su estado normal de energía, se vuelve igual a la energía de disociación de alguna ligadura, puede formarse el fragmento de ión adecuado. A las energías del orden de 50-70 eV, el electrón de bombardeo puede eliminar varios electrones de una molécula y aparecen en abundancia fragmentos de iones, tanto cargados como sin cargar.

Así el espectro de masas de un compuesto consiste de las masas de los fragmentos de iones y la relativa abundancia de estos iones más el ión progenitor. La singularidad de la fragmentación molecular ayuda a la identificación. Como se encuentran presentes suficientes moléculas y son disociadas para que se mantenga la Ley de probabilidades, siempre ocurrirán los fragmentos de disociación en la misma abundancia relativa para un compuesto en particular. (25).

3.3. ANALISIS INFRARROJO

Otro de los métodos de determinación de los bifenilos policlorados consiste, en el uso de la espectrofotometría infrarroja, el cual procederemos a describir a continuación.

Dentro del espectro electromagnético se considera como la región infrarroja la comprendida entre las longitudes de onda de 0.8 a 200 μ . Sin embargo, para fines de análisis infrarrojos solamente se usa la región comprendida entre las longitudes de onda de 0.8 a 50 μ , que es la región que puede ser analizada por los espectrofotómetros infrarrojos de tipo comercial, y en donde el espectro se origina --

principalmente por el alargamiento vibracional y la forma de flexión dentro de -- las moléculas. La mayoría de los materiales orgánicos e inorgánicos demuestran ab -- sorción, y esta absorción incluye varias longitudes de onda características. Una -- forma de vibración natural, dentro de una molécula, absorberá energía provenien -- te de la radiación infrarroja, siempre y cuando se lleven los siguientes dos re -- quisitos: (I) Si la frecuencia natural de vibración de una molécula es la misma -- que la frecuencia de radiación, y (II) Si la vibración que va a estimularse produ -- ce un cambio en el momento bipolar de la molécula. Las posiciones de los centros -- de gravedad de las cargas eléctricas positivas y negativas en una forma de vibra -- ción, determinan el momento bipolar. Conforme los átomos llevan a cabo sus vibra -- ciones características, las posiciones de sus cargas varían y también pueden va -- riar el momento bipolar. Cuando los valores del momento bipolar en las posiciones -- extremas difieren, se producirá un campo eléctrico periódicamente cambiante alre -- dedor de la molécula. Como resultado, ocurrirá la absorción de la energía radian -- te en las frecuencias de vibración prevaleciendo una condición de resonancia.

De esta manera el espectro infrarrojo de un compuesto es, esencialmente la super -- posición de bandas de absorción de grupos funcionales específicos, hasta las in -- teracciones sutiles con los átomos que rodean a la molécula, imponen una estampa -- de individualidad en el espectro de cada compuesto. Una de las mejores caracte -- rísticas de un espectro infrarrojo es que la absorción o falta de absorción en -- regiones de frecuencia específica, pueden correlacionarse con el grupo vibracio -- nal específico y los movimientos de flexión, en algunos casos, con la orientación -- de estos grupos con el remanente de la molécula. Así por interpretación del es -- pectro, es posible que ciertos grupos funcionales estén presentes en el material -- y que otros se encuentren ausentes. Con este solo dato, las posibilidades de -- identificar un compuesto desconocido pueden, algunas veces reducirse de tal for -- ma que si se compara con una serie amplia de espectros puros, permite su identi -- ficación (25).

El método de análisis infrarrojo es usado tanto con fines de identificación de un bifenilo policlorado desconocido, como para el control de calidad de mezclas específicas de bifenilos policlorados.

Condiciones del análisis infrarrojo (figuras No. 10 y 11).

APARATO: Espectrómetro Perkin-Elmer, Modelo 21.

TIPO DE CELDA: Un par de celdas selladas unidas con espesor de 0.1 mm.

PLAQUETAS: Escala completa de 5 cm/μ y tarjetas Kuponit de 1 cm/μ.

REACTIVOS: Muestras de referencia de piranol 1476, piranol 1499, aceite mineral 1431 y mezcla normal de piranoles 1436 y 1481.

MOYENES DE PRUEBA: Consiste en una alícuota representativa de 50 cm³ del material sujeto a prueba.

PROCEDIMIENTO: Se ajusta el espectrómetro a las siguientes características: Resolución 927. Respuesta escala completa 3 segundos. Ganancia 5-1/2 (nominal). Velocidad 1-1/2 micras/minuto. Supresión 8. Fuente de corriente 3.1 amperes.

Se coloca una muestra sin diluir en una celda sellada de 0.1 mm de espesor y la muestra de referencia en otra celda. Usando una tarjeta Kuponit se graba una espectro diferencial de 2 a 15 micras con la muestra de referencia en el eje de la referencia. Se examina el espectro diferencial y notándose cualquier desviación del análisis diferencial previo. Se controla la banda difráctica en 2.4-2.5 micras para todas las muestras de piranol. Los picos de 11.5 y 12.5 micras deben estar ausentes en el caso del piranol 1436. Cuando los picos de 1499 y el piranol 1476 pueden ser detectados entre 9.95 y 10 micras y el piranol 1476 en el caso del 1499 puede determinarse por una banda de 2.45 a 2.52 micras. Mediándose de esta manera hacer las identificaciones correspondientes.

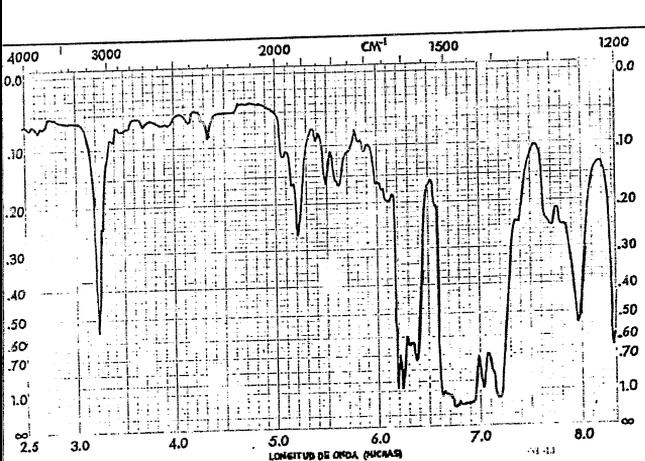


Figura No. 10. Espectro infrarrojo de un askarel
(Continúa)

CURVA No. 1	APLICACION: SUELO	PREPARACION: ALIQUOTADO
CONCENTRACION: 0.6627%	RAMERA: N	ESPELOR: 0.125 CM
CELDA: 1000	OPORTUNIDAD: 1	
CELLULOSA: Al		

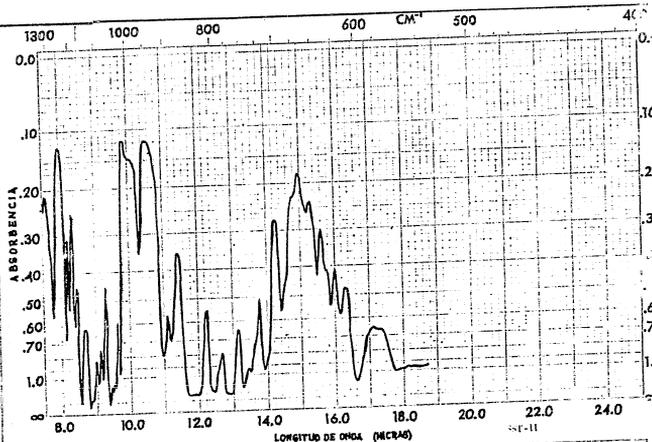


Figura No. 11. Espectro infrarrojo de un askarel
(Continuación)

ESPECTRO: Infrarrojo	CURVA No. 2	APLICACION: SUELO	PREPARACION: ALIQUOTADO
	CONCENTRACION: 0.6627%	RAMERA: N	ESPELOR: 0.125 CM
ORIGEN: No	CELDA: 1000	OPORTUNIDAD: 1	
CELLULOSA: No	CELLULOSA: Otro		

CONTAMINACIONES PRODUCIDAS

1 CONTAMINACION AMBIENTAL

fenómeno de la contaminación surge con el hombre, pero debido a que la naturaleza tiene mecanismos de defensa para contrarrestar la contaminación, esta sola no fue motivo de preocupación para la humanidad cuando sentó características alarmantemente alarmantes durante los últimos 100 años.

La contaminación del agua, del suelo y de la atmósfera se agudiza cada vez más, ya que la naturaleza no puede neutralizar los efectos nocivos que causa, porque el volúmen que representa rebasa su capacidad regenerativa.

Para aclarar conceptos citaremos las definiciones de contaminante y contaminación tomados de la Ley Federal Para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental.

Contaminante: Toda materia o sustancia o sus combinaciones o compuestos o derivados químicos y biológicos, tales como humos, polvos, gases, cenizas, bacterias, residuos que al incorporarse o adicionarse al aire, agua o tierra, puedan alterar o modificar sus características naturales o las del ambiente; así como toda forma de energía, como calor radioactividad, ruidos, que al operar sobre o en el aire, agua o tierra, altere su estado normal.

Contaminación: La presencia en el medio ambiente de uno o más contaminantes que perjudiquen o molesten la vida, la salud y el bienestar humano, la flora y la fauna o degraden la calidad del aire, del agua o de la tierra, de los bienes de los recursos de la nación en general o de los particulares. (26).

De esta forma los bifenilos policlorados son contaminantes ya que al ser introducidos en el medio ambiente, alteran las características naturales del mismo, debido a que no pueden ser contrarrestados o convertidos en sustancias inocuas fáci-

les de ser absorbidos por el aire, suelo y agua. Los mecanismos naturales para neutralizar la contaminación del medio ambiente se dificulta en el caso de los bifenilos policlorados, debido principalmente a su gran estabilidad química y sus propiedades físicas que los hacen sumamente persistentes y por ser sustancias no biodegradables.

Los bifenilos policlorados han sido usados en gran cantidad más de una década por los países industrializados, siendo considerados como contaminantes para el medio ambiente, y no fue sino hasta el año de 1966 cuando el investigador sueco S. Jansson(4) los detectó en peces, en aves y peces al estar buscando en estos animales la presencia de insecticidas organoclorados que eran el objeto de su estudio. Al examinarse otras muestras en diferentes ámbitos del globo terráqueo se demostró rápidamente que el problema de contaminación por bifenilos policlorados se encontraba ampliamente distribuido en gran cantidad de materiales biológicos.

Los bifenilos policlorados han llegado en gran parte al medio ambiente en forma accidental. Dos de los incidentes a los que se les ha dado más publicidad, han sido el resultado de fugas en intercambiadores de calor. Sin embargo, una impropia disposición de productos de desecho que contienen bifenilos policlorados son la causa de casi la totalidad de la contaminación ambiental producida por estos productos. Este hecho es ilustrado por los datos mostrados en la Tabla No. 11.

4.2 CONTAMINACION DEL AGUA

La contaminación del agua la podemos entender como la degradación de su calidad original, esta puede ser alterada por la adición de sustancias de tipo natural, municipal o industrial (entre las que se encuentran los bifenilos policlorados) cuya potencia y cantidad sean suficientes para afectar sus condiciones físicas, químicas y biológicas naturales. Esta contaminación es originada porque los meca

TABLA No. 11

FUENTES DE ENTRADA DE LOS BIFENILOS POLICLORADOS EN EL MEDIO AMBIENTE
 DURANTE EL AÑO DE 1970, EN LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA (1)

F U E N T E	T O N E L A D A S
Contaminación en basureros y enterrados similares	18,000
Emisión atmosférica de procesos industriales	4,500
Contaminación de plásticos quemados	1,000
Contaminación durante el uso de los productos	900
T O T A L E S :	24,400

1

ismos de autodepurificación inherentes a ella, no a contar o disminuir el número de las contaminantes en compuestos inherentes.

Como se observa en la tabla No. 11 la entrada de los bifenilos policlorados en el medio acuático es debido principalmente a la descarga de estos productos en drenajes y efluentes industriales, la otra causa es la fuga de los bifenilos policlorados que logran alcanzar ya sea drenajes municipales o industriales.

Debe de notarse que la forma más común de desecharse de un líquido, como los bifenilos policlorados es la de arrojarlo al drenaje, sin visualizar las consecuencias tan graves que trae para el medio ambiente.

El agua es probablemente el principal mecanismo de transporte de los bifenilos policlorados. De acuerdo a los cálculos basados en mediciones hechas sobre su presencia en descargas municipales e industriales, en los aguas subterráneas, en las aguas de arroyos, ríos y aguas costeras, se ha demostrado que los sistemas acuáticos son un medio idóneo de transporte de los bifenilos policlorados.

Debido a su gran estabilidad química, los bifenilopoliclorados una vez que se encuentran en el agua, se hacen resistentes a la descomposición química por las bacterias naturales del agua o por los procesos de tratamiento de agua y por lo tanto persisten en la misma, siendo resistentes a las polizas naturales ya que las sustancias tóxicas entran en las cadenas alimenticias, provocando alteraciones en ellas en algunas especies. La contaminación ambiental por el agua de los bifenilos policlorados persiste.

Las tablas No. 12 y 13 dan algunas concentraciones encontradas de bifenilos policlorados en diferentes partes de los Estados Unidos y Canadá.

Los datos encontrados en las tablas No. 14 y 15 dan una idea general de la contaminación de los países occidentales por los bifenilos policlorados.

FORMA No. 12

CONCENTRACION DE BIFENILOS POLICLORADOS A LA SALIDA DE PLANTAS
DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES

LOCALIZACION	COMPUESTO DETECTADO	CONCENTRACION µg/l (ppb) *	FLUJO POR DIA EN MILLONES DE M ³ /DIA	BIFENILO POLICLORADO DESCARGADO POR DIA Kg.
Dayton, Ohio	Aroclor 1264	17	0.131	2.81
Hamilton, Ohio	Aroclor 1248	10	0.000	0.27
West Bend, Wisconsin	Aroclor 1248	0.26	0.008	0.0009
San Francisco East Bay, California	Aroclor 1254	1.4	1.300	1.91
San Francisco, Cal.	Aroclor 1254	4.5	0.109	0.54
Orange Country, Cal.	Aroclor 1254	0.4	0.492	0.18
Hyverion, Cal.	Aroclor 1250	0	1.400	0.22
White Point, Cal.	Aroclor 1254	0.00	0.000	0.000

RECOPILACION DE DATOS (198)

* Con el objeto de simplificar las unidades de concentración se convierten en partes por la abreviatura americana de una billón = 1000 millones.

TABLA No. 13

CONCENTRACION DE BIFENILOS POLICLORADOS EN EFLUENTES INDUSTRIALES

<u>LOCALIZACION</u>	<u>TIPO DE INDUSTRIA</u>	<u>COMUNIDAD BACTERIOLÓGICO</u>	<u>CONCENTRACION EN EL EFLENTE ppb.</u>
Saukville, Wisc.	Planta Química	Arcilio 1240	2.50
Great, Ohio.	Fábrica de papeles para revestimientos	Arcilio 1007 y 1040	27
Miami River, Ohio	Tratamiento de papel	Arcilio 1001	430*
Escambia, Fla.	Planta Química	Arcilio 1003	1.0

* Muestras tomadas de una laguna de tratamiento
Recopilación (29).

En el caso de los ostiones cuando fueron expuestos a concentraciones de 100 ppb de bifenilos policlorados durante 96 horas, se observó una disminución del crecimiento--
de su concha. Cuando otros ostiones fueron expuestos a una concentración de 10 ppb -
de bifenilos policlorados durante 96 horas, se observó un aumento de 33 ppm de bifenilos policlorados en sus tejidos (16).

En un estudio similar al efectuado con bifenilos policlorados, se efectuó un estudio con el pez arroyo frente a una exposición de 100 ppb de bifenilos policlorados durante 96 horas, pero los peces fueron expuestos a una concentración de 100 ppb durante 14 días. En otros estudios con los peces de la especie *Leleostomus xanthurus*, se observó la muerte de los peces cuando fueron expuestos a una concentración de 5 ppb de bifenilos policlorados durante 14 a 45 días y no afectó aparentemente a los peces de la misma especie cuando fueron expuestos a una concentración de 1 ppb durante 14 días (17).

El pez arroyo desarrolló lesiones corporales de tipo roncado con algo de hemorragia. Los *Leleostomus xanthurus* dejaron de alimentarse, se debilitaron, desarrollaron lesiones y se les abrieron las aletas. Los peces que sobrevivieron a la exposición de 5 ppb de bifenilos policlorados, se enfermaron y murieron a pesar de que fueron colocados en agua corriente sin presencia de bifenilos policlorados (18).

Los bifenilos policlorados presentes en el agua afectan los niveles de reproducción en la especie almeja de la especie *Mytilus edulis*, así como en otros moluscos más grandes y otros (19).

Como se observa el panorama que presentan los bifenilos policlorados en los sistemas acuáticos es de bastante consecuencia. Los bifenilos policlorados en el sistema acuático, son transportados por las corrientes existentes, pero una parte de estos se quedan atrapados en los todos de los lechos, en los lugares donde hay pocas corrientes provocando la acumulación de los bifenilos policlorados hasta niveles -

que son considerados sumamente peligrosos, por lo que se debe de impedir con los medios adecuados (Leyes para la preservación del ambiente estrictas, conciencia en el personal que maneja estas sustancias) que los bifenilos policlorados lleguen al agua.

4.3 CONTAMINACION DE SUELOS

La contaminación del suelo es generalmente consecuencia de hábitos insalubres, de manejo incorrecto de desechos sólidos, de los depósitos, industriales o mineros y de prácticas agrícolas inadecuadas.

También pueden originarse por la precipitación de sustancias contaminantes de la atmósfera, por el uso de aguas contaminadas ó aguas negras sin tratar. Agravando el problema las prácticas no sanitarias de disposición decretas, los tiraderos de basura a cielo abierto, que aparte de ser antiestéticos engendran problemas sanitarios; y el agua que se filtra a través de estos depósitos de desechos, afecta la calidad de los mantos freáticos existentes.

Los desperdicios industriales y mineros contaminan por las sustancias químicas tóxicas que contienen, envenenando al suelo y a los cultivos; las sustancias radioactivas pueden llegar a alcanzar el suelo y acumularse en él, ya sea por la precipitación atmosférica de materiales provenientes de explosiones nucleares ó por la liberación de desechos producidos por establecimientos industriales o de investigación.

Los bifenilos policlorados han contaminado el suelo por fugas accidentales, disposiciones inadecuadas de desperdicios sólidos, por aplicación directa como ingredientes de pesticidas ó como vehículos para los mismos; por el hundimiento de los lechos de drenajes, desperdicios sólidos municipales e industriales, dragado de los ríos y su disposición en tierra.

Se ha estimado que la contaminación de suelos por bifenilos policlorados en los Estados Unidos de América entre 1930 y 1970, es de 300,000 toneladas. Debido a la situación estática de los bifenilos policlorados en los suelos estos permanecen intactos, presentando un peligro latente menor para poder entrar en las cadenas alimenticias ya sea en la flora del suelo contaminado ó por el agua que se filtra al medio freático ó que se convierte en corrientes acuáticas superficiales, con los efectos mencionados anteriormente.

El riesgo poco sobre las concentraciones de los bifenilos policlorados en basureros cuando deriva del material está en recipientes sellados, por lo que solamente en pequeñas cantidades es liberado al medio ambiente (17).

Los bifenilos policlorados han entrado en cadenas alimenticias como, es el caso de pastizales sembrados sobre basureros, donde los desechos ya sea municipales o industriales son cubiertos con una capa de tierra, provocando la contaminación de dichos pastizales y estos a su vez al ganado vacuno, donde ya sea por la carne ó por la leche pueden alcanzar al hombre.

Otras causas provocadas de la contaminación de suelos por los bifenilos policlorados son vistas con detalle en el siguiente inciso, ya que están en íntima relación con las contaminaciones de los bifenilos policlorados en el aire, es sufriendo ser separadas para su estudio.

Ya que no se ha determinado con precisión los efectos de la migración de los bifenilos policlorados en el agua, aire y suelo y de estos sistemas al medio ambiente.

4.4 CONTAMINACION DEL AIRE

Para vivir el hombre necesita respirar oxígeno, diluido en cierta cantidad en la atmósfera, la cual está constituida por nitrógeno, oxígeno y gases inertes.

La contaminación del aire es un fenómeno ocasionado por la adición de una sustancia extraña ó una variación importante en la proporción de sus constituyentes, -- que son susceptibles de provocar efectos perjudiciales.

El problema se debe a la falta de autopurificación del aire ocasionado por el exceso de materias gaseosas y partículas suspendidas que se encuentran generalmente asociadas con el oxígeno y el nitrógeno de la atmósfera.

Podemos asegurar que nunca ha existido un medio ambiente contaminado, al menos desde el principio del mundo, en la época de la existencia vegetal, y desde los incendios en bosques, erupciones volcánicas, etc., en ambientes que se ventilan; pero solo recientemente, por el desarrollo del proceso tecnológico, la contaminación ha llegado a preocuparnos por los trastornos que nos origina (32).

La cantidad de bifenilos policlorados que son liberados a la atmósfera entre 1950 y 1970 en los Estados Unidos de América se estima en 10 000 toneladas. Tienen los siguientes orígenes: su combustión directa ó indirecta en los procesos de fabricación de pinturas, recubrimientos y plásticos, ya que de estos tipos puede liberarse a evaporarse hasta un 20% de los bifenilos policlorados contenidos en estas sustancias; y por aplicación directa al medio ambiente como ingredientes de pesticidas ó como vehículos para los mismos.

La importancia relativa de la atmósfera como un mecanismo de transporte no se conoce todavía. Los bifenilos policlorados han sido identificados en el agua, pero es virtualmente desconocido su tiempo de residencia, transformaciones, y su movimiento del aire a las superficies de agua y tierra ya sea por precipitación ó por la lluvia, o su retorno a la atmósfera. Existen al menos dos observaciones que sugieren transporte substancial por el aire; una es la presencia de residuos de bifenilos policlorados en peces del Lago Minto en una parte remota del norte de --- Quebec en Canadá y residuos en pájaros carpinteros, los cuales se alimentan exclu-

temente de husanos de tierra, los cuales a su vez comen los residuos de sus --
-- estos casos solamente pueden explicarse por la transportación de los bifenilos --
-- almacenado por las corrientes de aire. Este transporte ha llevado a los bifeni --
-- poliorados hasta regiones tan remotas como el ártico y el antártico, y a --
-- a zonas menos salvajes del Norte del Continente Americano donde habita en el le
-- en el pájaro crepuscular.

En el caso de los efectos de los bifenilos poliorados en el medio ambiente se han --
-- en diferentes estudios, entre los que se encuentran los efectuados en palomas --
-- silvestres, ya que han sido los organismos afectados por los bifeni --
-- poliorados.

Se hicieron pruebas de toxicidad con diferentes bifenilos poliorados aplicados a --
-- a las aves (phasianus colchicus), patos silvestres (anacolympus) --
-- a la codorniz silvestre (colinus virginianus) y perdiz (turnax cornuta). --
-- En general se usaron mezclas de bifenilos poliorados que contenían de 52 a 58 --
-- de Aroclor 1248. Se demostraron que la toxicidad aumenta en relación directa con el porcentaje --
-- de Aroclor. La especie más sensible fué la codorniz silvestre, seguida por --
-- a las faisanes, patos silvestres y el perdiz, siendo esta última de 3 a 4 veces más --
-- sensible que la codorniz silvestre. (33).

En el caso de unos pollos enjaulados en una granja avícola, murieron como resul --
-- to de la presencia de Aroclor 1242 en la pintura de resinas epóxicas con la --
-- que se habían pintado recientemente las jaulas. Otros pollos que fueron alimenta --
-- dos con Aroclor 1242 desarrollaron hidropesía y aumentó el tamaño de su hígado --
-- provocando lesiones en los mismos. (34).

Cuando se suministró Aroclor 1248 en concentraciones de 50, 100 y 150 ppm junto --
-- con su alimento a pollos de 10 días de edad, se detuvo el crecimiento de los po --
-- los y solamente 4 de cada 10 pollos sobrevivieron la dosis más alta. Los indi --
-- cadores de crecimiento en otro experimento se redujeron también cuando las concentra

aves de aroclor 1248 se disminuyeron a 20% y el 30% de las aves que
con dosis de 40 ppm, 20% murió con dosis de 30 ppm y solamente sobrevivieron el
10% con dosis de 20 ppm, todas las muertes fueron en el lapso de 6 semanas con
este tipo de dieta. Las aves que se alimentaron con dosis de 10 ppm desarrollaron un
problema general, las que se alimentaron con 40 y 50 ppm tuvieron un resaca de la
base de la cresta y del plumaje. El peso del hígado se incrementó con respecto al
peso del cuerpo, debido principalmente a un reflejo de reacciones de las aves.

La toxicidad de los bifenilos policlorados es mayor cuando el contenido de cloro
es en el sentido inverso al de los bifenilos policlorados. Los bifenilos policlorados
con menor contenido de cloro son más tóxicos que los de mayor contenido. La toxicidad
de los bifenilos policlorados con más de 40% de cloro es menor. Cuando se aplicó aroclor 1254
altamente tóxico (*Chlorithropus brunneus*) en forma local se produjo una mortalidad re-
gular cuando llenó el campo de mala.

Como resultado de la contaminación de suelos y aire es muy difícil que los bifenilos
policlorados tengan migraciones del suelo al aire y viceversa, entrando es-
ta forma en las cadenas alimenticias, como se ve en la figura No. 12. Donde los
bifenilos policlorados son solubles en grasas siendo almacenados en los lípidos
de los animales, resistiendo los cambios metabólicos y tendiendo a concentrarse
con facilidad en los niveles altos de animales en las cadenas alimenticias, donde
los bifenilos policlorados con más alto contenido de cloro son más estables.

5 OTRAS CONTAMINACIONES

Se conoce que los bifenilos policlorados han alcanzado el medio ambiente o alimen-
tos destinados al consumo humano, por una gran variedad de modos, sin que ninguno
de estos sea una fuente importante de contaminación ambiental; pero cada uno de

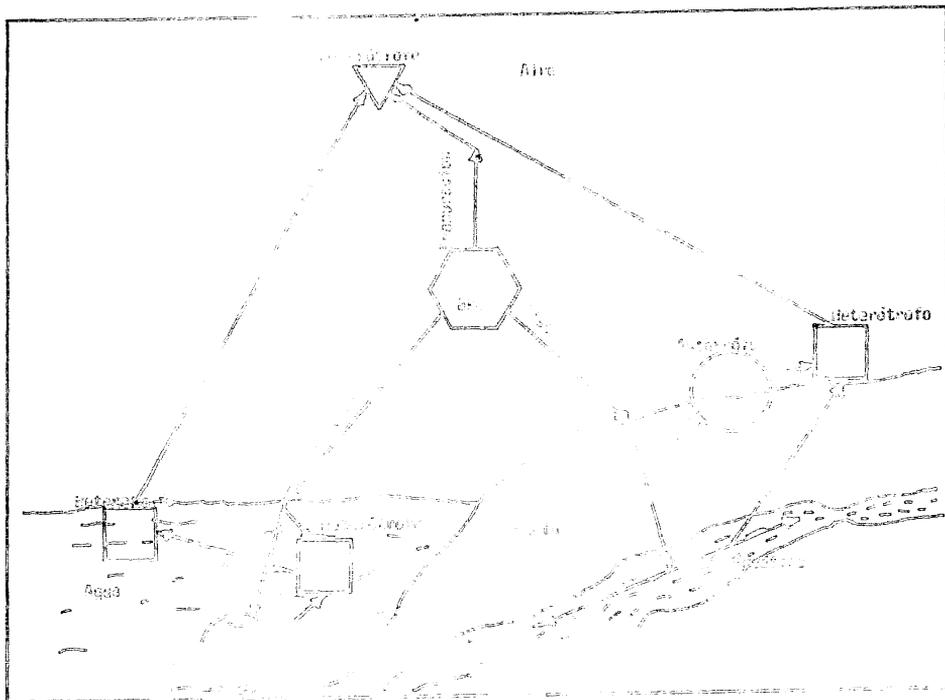


Figura No. 12 - Sistema de distribuição de água em São Carlos.

...además de tener serias consecuencias en el medio ambiente, el uso de PCBs en transformadores, el cual fue utilizado como aislante en la red de distribución eléctrica en un área donde pastaban vacas lecheras, produciendo --
residuos de bifenilos policlorados en la leche. También se reportó por la misma fuente que contenía bifenilos policlorados de un tipo de aislante para cables eléctricos. Se produjo la migración de los bifenilos policlorados de la leche a la leche materna provocando también niveles de PCBs en la leche.

...además de tener serias consecuencias en el medio ambiente, el uso de PCBs en transformadores, el cual fue utilizado como aislante en la red de distribución eléctrica en un área donde pastaban vacas lecheras, produciendo --
residuos de bifenilos policlorados en la leche. También se reportó por la misma fuente que contenía bifenilos policlorados de un tipo de aislante para cables eléctricos. Se produjo la migración de los bifenilos policlorados de la leche a la leche materna provocando también niveles de PCBs en la leche.

...además de tener serias consecuencias en el medio ambiente, el uso de PCBs en transformadores, el cual fue utilizado como aislante en la red de distribución eléctrica en un área donde pastaban vacas lecheras, produciendo --
residuos de bifenilos policlorados en la leche. También se reportó por la misma fuente que contenía bifenilos policlorados de un tipo de aislante para cables eléctricos. Se produjo la migración de los bifenilos policlorados de la leche a la leche materna provocando también niveles de PCBs en la leche.

En el año de 1968 en el Oeste de Iowa en la ciudad de Tama, más de 100 personas fueron eventualmente afectados por el consumo de leche contaminada con bifenilos policlorados en concentraciones de 2000 a 3000 ppm. La contaminación de la leche --
fue provocada por una fuga del líquido de un intercambiador de calor. Este líquido era kenachlor 460 un bifenilo policlorado fabricado en Japón, con 48 por ciento de cloro y teniendo como sus principales componentes 2,4,3',4'-, 2,5,3',4'-, ---
2,3,4,4'- y 3,4,3',4'- bifenilo tetraclorado y 2,3,4,3',4'- bifenilo pentaclorado.

Los aspectos clínicos de este incidente fueron acné, ceguera, síntomas sistémicos gastrointestinales con ictericia, edema y dolor abdominal. El acné fue bastante persistente en algunos pacientes mostrando evidencia de la misma después de 3-

años. La tabla No. 14 enlista los síntomas subjetivos de los pacientes de Kusho.

Los niños recién nacidos de madres envenenadas presentaron decoloración de la piel debido a la presencia de bifenilos policlorados en el paso de la placenta. Esta decoloración desapareció en un tiempo de 2 a 5 meses. En varios casos se presentó hiperplasia gingival con pigmentación. También se notó una disminución en el peso de los bebés, pero no se pudo obtener evidencia alguna en relación con un posible retardo en actividades físicas y mentales en los infantes.

Cuando se realizó la autopsia de las muertes provocadas por este incidente, se encontró la presencia de bifenilos policlorados en todos los órganos examinados, --- especialmente en los tejidos adiposos mesenteriales, en la piel y en la médula ósea. (39).

A pesar de que por más de cuatro décadas de uso de los bifenilos policlorados en un amplio espectro de aplicaciones, poco se conoce en relación a sus varias relaciones como contaminante del medio ambiente, tanto como sus efectos tóxicos en flora y fauna. Sus propiedades físico-químicas tales como estabilidad y heterogeneidad de los bifenilos policlorados, la dificultad para separarlos y analizarlos, hacen que una evaluación de su toxicidad sea difícil.

SINTOMAS SUBJETIVOS DE LOS QUE SE QUEJARON LOS PACIENTES DE YUSU.
(89 MUJERES Y 100 HOMBRES) (39)

S I N T O M A S	HOMBRES %	MUJERES %
Pigmentación café oscuro de las uñas	83.1	75.0
Distención de los folículos pilosos	64.0	56.0
Incremento en el sudor de las palmas	50.6	55.0
Erupciones de acné en la piel	87.6	82.0
Placas rojas en extremidades	20.2	16.0
Comezón	42.7	52.0
Pigmentación de la piel	75.3	72.0
Inflamación de las extremidades	20.2	41.0
Endurecimiento de plantas y palmas	24.7	29.0
Pigmentación de la membrana mucosa	56.2	47.0
Lagrimo	88.8	83.0
Hiperemia de las conjuntivas	70.8	71.0
Disturbios visuales	56.2	55.0
Ictericia	11.2	11.0
Inflamación de los párpados superiores	71.9	74.0
Sentimiento de debilidad	58.4	52.0
Adormecimiento de las extremidades	32.6	39.0
Fiebre	16.9	19.0
Dificultades auditivas	18.0	19.0
Espasmos en las extremidades	7.9	8.0
Dolor de cabeza	40.3	39.0
Vómitos	23.6	28.0
Diarrea	19.1	17.0

5. CONTROL A LA CONTAMINACION

El control a la contaminación por bifenilos policlorados debe basarse en adecuadas y racionales formas de uso y disposición de los desperdicios industriales; tanto-- de los bifenilos policlorados como de los materiales con los cuales fué usado y -- mezclado, así como su manejo racional, además de darle las aplicaciones correctas, con el objeto de que no entre en el medio ambiente ya sea por accidente, descuido-- ó falta de información; como es el caso que se presenta cuando los BPC son usados-- en fluidos hidráulicos, como plastificante, adhesivos, en la formulación de pintu-- ras y otras aplicaciones minoritarias.

El enfoque que daremos a la contaminación por bifenilos policlorados está basado - en que estos compuestos han sido usados y es necesario disponer de los desperdi -- cios para evitar que los BPC lleguen al medio ambiente, produciendo los efectos -- que se han visto en el capítulo anterior.

Los desperdicios que contienen los bifenilos policlorados pueden ser sólidos y lí-- quidos, dependiendo del uso que se les dió. Para controlar y eliminar estos desper -- dicios se cuentan con las siguientes técnicas: incineración, entierro sanitario, - planta de tratamiento de aguas residuales industriales, radiación por microondas y recirculación.

5.1 INCINERACION

En la incineración de los bifenilos policlorados debe de tomarse en cuenta tanto - su propio estado físico como el de los materiales con los que se encuentra mezcla-- do si es que lo está; de esta forma los materiales se dividirán en dos grupos para su incineración: desechos sólidos y desechos líquidos.

5.1.1 INCINERACION DE DESECHOS SOLIDOS.

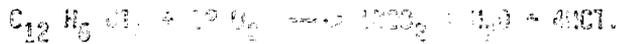
si la incineración de desechos sólidos es una técnica muy antigua para disponer de los desperdicios; pero si es efectuada en forma primitiva, la incineración convertirá en una fuente de contaminación del aire y deberá de disponerse de -- residuos no combustibles ó mal quemados, posiblemente por entierro.

Las condiciones de incineración no son adecuadas, para los desperdicios sólidos en los cuales se encuentra presente BPC, se pueden producir grandes cantidades de humo, que contendrá ácido clorhídrico, fósforo junto con cenizas y cenizas. Esto al lugar de evitar provocarán la contaminación. Por lo tanto los techos de los hornos se están ampliamente diseñando para poder evitar la contaminación. Para evitar una contaminación adecuada con la incineración, entre los cuales se encuentra mezclado BPC, es necesario que el incinerador cuente al menos con las siguientes características:

Debe de emplear una rejilla mecánicamente operada para lograr una buena mezcla del aire con el material que se está quemando. Esta rejilla debe de ser alimentada por un conducto vertical con una longitud mínima de 3 metros, estando el conducto siempre lleno de desperdicios, a fin de evitar la entrada de corrientes de aire frío que dañen el refractario caliente. La alimentación se efectúa sobre la rejilla, distribuyéndose los desperdicios en una capa delgada. Los factores de diseño básico sobre los cuales se calcula la capacidad del incinerador son el área de la rejilla y el volumen del horno. En un diseño conservador con capacidad de reserva y un mantenimiento del refractario razonable se debe de considerar una relación de quemado de desperdicio de alrededor de $300 \text{ Kg/M}^2/\text{Hr}$, para el cálculo del área de la rejilla. El volumen del horno está en función del calor producido por el combustible, el volumen mínimo comúnmente aceptado es de $1,000 \text{ Kcal/M}^3/\text{Hr}$.

Las condiciones que deben de prevalecer en el horno durante la incineración de materiales que contengan BPC serán de una temperatura no menor de $1200 \text{ }^\circ\text{C}$, un --

tiempo de permanencia en la cámara de combustión mayor de 5 seg. y una cantidad de oxígeno no menor de 2.5 veces del requerido para la combustión del BPC, a fin de lograr la total descomposición de los bifenilos policlorados y evitar la formación de gas fósgeno, que se formaría en una atmósfera pobre en oxígeno:



Debe de contarse también con un quemador de diesel ó gas a fin de lograr una ignición positiva en el horno durante todo el tiempo de operación.

Las cámaras y el tiro después del horno, serán de tipo horizontal hacia la cámara de expansión teniendo esta un sistema de lavados de gases para captar las cenizas. Después del lavador de gases se encuentra un sistema de deflección horizontal en el cual absorbe el ácido clorhídrico formado en la combustión de los BPC para evitar que salga a la atmósfera.

La primera cámara después del horno, es un espacio para combustión en el cual los gases volátiles que escaparon de los desperdicios son quemados totalmente. Después viene una cámara de expansión con una gran sección transversal a fin de reducir la velocidad del gas y provocar el asentamiento de las partículas más grandes de cenizas, por medio de aspersión de agua, quedando éstas en el piso de la cámara. Para remover las partículas de menor tamaño y lograr abatir la temperatura del gas se contará con una serie de deflectores y un sistema de aspersión de agua (Figura No. 19).

El tiro del incinerador será proporcionado por una chimenea de diámetro y altura adecuados, aunados a un ventilador de extracción de gases, este último es necesario en virtud de las pérdidas de tiro provocadas por el lavador de gases y la torre de absorción. La descarga de los residuos no combustibles del incinerador se hará por medio de una rejilla abatible operada en forma mecánica, la cual descargará los residuos en una tolva donde se apagarán los materiales incandescentes --

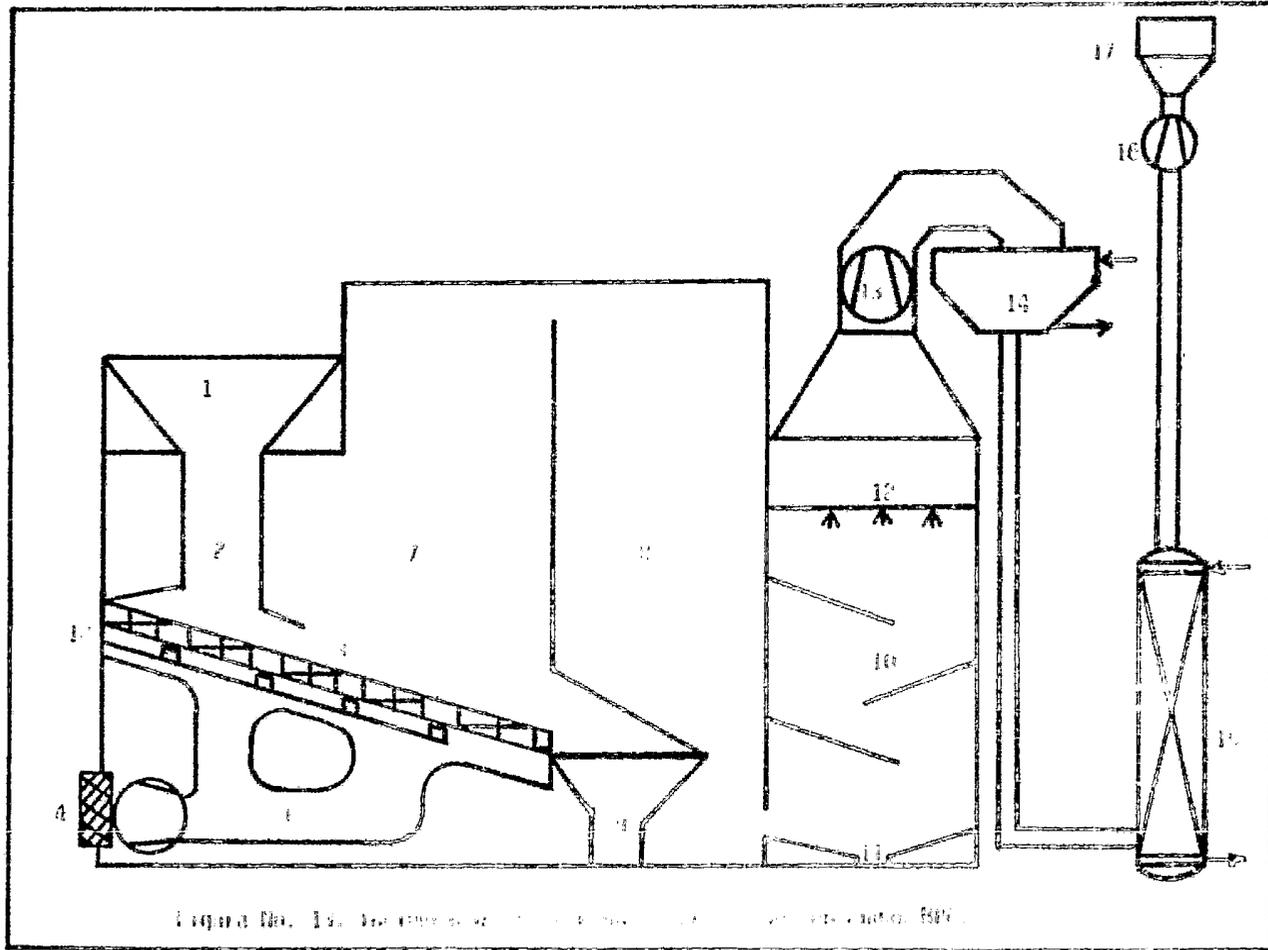


Figura 10. 10. Diagrama de funcționare a aparatului de măsurare a vitezei de curgere.

FIGURA No. 13

INDICACIONES DEL SECCIONADO GENERAL
DEL COMBUSTOR

- 1.- Tolva de Recepción de desechos sólidos
- 2.- Ducto vertical de alimentación
- 3.- Regleta
- 4.- Filtro en línea de combustión
- 5.- Quemador
- 6.- Sistema de distribución del aire
- 7.- Cámara de combustión primaria
- 8.- Cámara de combustión secundaria
- 9.- Tolva de recepción de cenizas
- 10.- Cámara de expansión y aspersión con deflectores
- 11.- Captación de lodos de cenizas
- 12.- Sistema de aspersión
- 13.- Ventilador de extracción de gases primarios
- 14.- Lavador de gases
- 15.- Torre de absorción alcalótica
- 16.- Ventilador de extracción secundario
- 17.- Chimenea
- 18.- Sistema auxiliar de quemadores

entes con agua, descargándose los residuos posteriormente a un conducto por medio de una compuerta, pasando a un transportador que los llevará a un camión para su ulterior disposición en un entierro sanitario. Se considera que el volúmen de estos residuos es de un 5 a 15% del volúmen original de los desperdicios.(21).

5.1.2 INCINERACION DE DESECHOS LIQUIDOS

Las condiciones que deben de prevalecer en la incineración de BPC líquido son iguales a las del incinerador de sólidos y que son una temperatura mayor de 1200 °C, un tiempo de retención en la cámara de combustión de 5 segundos y una relación de oxígeno superior a 2.5 veces la cantidad necesaria en la combustión de los desechos.

Los incineradores de BPC líquidos emplean quemadores de tipo atomizador para mezclar el aire y el combustible. Cuando se trata de BPC con características resinosas se recomienda que estos sean precalentados y atomizados con vapor. Cuando se trate de desechos menos viscosos que contengan impurezas es preferible usar, una atomización con baja presión de aire ya que el paso del líquido a través de las boquillas es menos difícil.

Cuando el desperdicio no puede sostener su propia combustión, es necesario introducir en el quemador combustibles auxiliares como combustóleo o diesel.

En la combustión de desperdicios líquidos de BPC requiere un equipo de incineración más sencillo que el de sólidos. Constando de una cámara de combustión, donde es atomizado el material, una cámara de enfriamiento de los gases, un sistema de lavado de gases, un ventilador de extracción de gases y una chimenea para la descarga de los productos de combustión a la atmósfera, debiendo estos productos no provocar contaminación en el aire, cuando la combustión es completa. (40). (Figura No. 14).

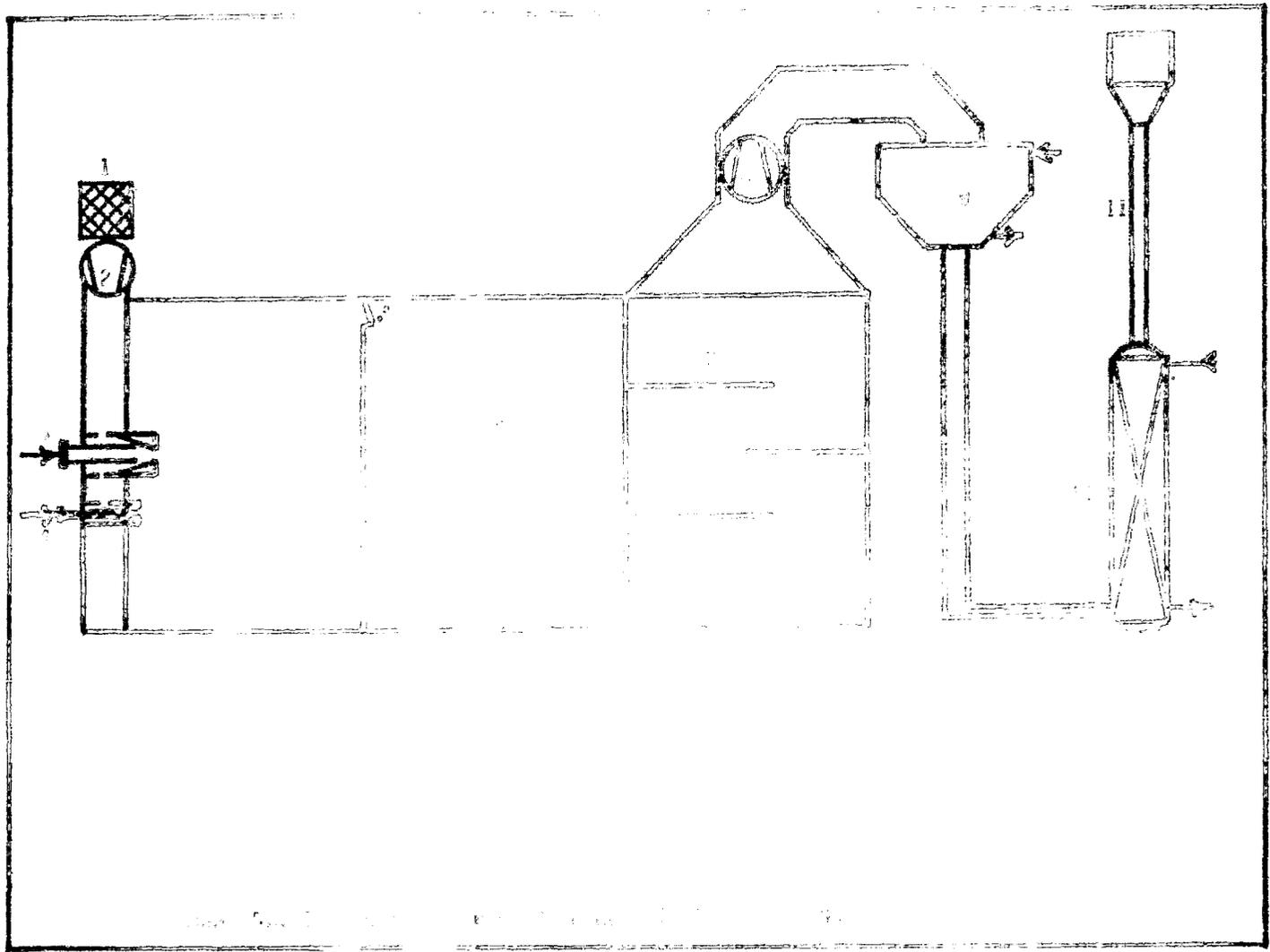


FIGURA No. 14

INCINERADOR DE DESECHOS LIQUIDOS PARA BPC

- 1.- Filtro de aire de combustión
- 2.- Compresor
- 3.- Quemador de BPC (Con boquillas)
- 4.- Quemador auxiliar
- 5.- Cámara de combustión primaria
- 6.- Cámara de combustión secundaria
- 7.- Cámara de enfriamiento y de reducción de velocidad del gas.
- 8.- Ventilador de extracción de gases
- 9.- Lavador de gases
- 10.- Torre de absorción adiabática de HCl
- 11.- Chimenea.

5.2 ENTIERRO SANITARIO

El entierro sanitario en sí es una técnica que no destruye los bifenilos policlorados de tipo sólido, solamente los captura y no permite su entrada al medio ambiente; siendo una técnica que solo necesita la ayuda de un bulldozer y de un tractor. Los desechos son esparcidos en capas delgadas, y cada una es compactada por un bulldozer antes de la siguiente capa: cuando ya se han depositado o se han depositado aproximadamente de desechos en esta forma, se cubren con una capa delgada de tierra limpia (aproximadamente 20 cm) la cual también se compacta, se repite el relleno hasta que el relleno ha alcanzado la profundidad deseada. Terminado el relleno se sella con una capa de tierra compactada de 0.6 a 1 m. De esta forma no hay peligro de que se provoquen incendios que podrían contaminar el medio ambiente por una combustión inadecuada de los BPC. La contaminación del agua es minimizada ya que el agua de lluvia no llega a filtrarse a las capas de desperdicios por la compactación. Por lo general se pueden aprovechar las áreas donde se ha hecho un buen entierro sanitario para la creación de campos recreativos. El aire no penetra al entierro sanitario y el oxígeno en el interior del entierro, es utilizado rápidamente por los microorganismos aeróbicos a medida que se descompone la materia orgánica presente en el entierro; cuando el oxígeno es consumido, se inicia la descomposición por microorganismos anaeróbicos, los cuales realizan la degradación de la mayoría de la materia orgánica en el relleno.

El metano y el CO_2 están entre los productos de la descomposición anaerobia. El metano tiende a escapar a la superficie del entierro, pero en cantidades que no son molestas ni peligrosas.

El CO_2 producido dentro del relleno puede disolverse en aguas subterráneas, volviéndolas ligeramente ácidas.

Desgraciadamente los microorganismos aeróbicos y anaeróbicos aparentemente no lo --

gran provocar ningún tipo de descomposición en los BPC, quedando estos practica -- mente intactos por mucho tiempo. En la actualidad no se ha hecho ningun estudio -- sobre la posible degradación de los BPC atrapados en entierros santarios. Otra -- forma de entierro sanitario para bifenilos policlorados de tipo líquido es la de -- depositarlos en cisternas de concreto armado que son impermeabilizadas previamente -- antes de que en ella se depositen los bifenilos policlorados. Una vez que son depo -- sitados los BPC son sellados con otra loza de concreto armado. El espesor del con -- creto esta en función del tamaño y de la capacidad del depósito. Las paredes y los -- techos de estos depósitos deben ser diseñados tomando en cuenta su parte flexionan -- te y sus tensiones en las uniones a igual que su estabilidad para evitar que se -- sobregiren, se deslicen y no resistan la presión del suelo en su contra; también -- deben de evitarse ser colocados en regiones donde exista la posibilidad de movi -- mientos telúricos de gran intensidad. Las paredes de concreto deben de estar ancl^a -- das para reforzar a los miembros estructurales adyacentes. (21).

Este tipo de depósitos deben de ser construídos lejos de zonas de cultivo, pasti -- zales y donde el nivel freático del agua se encuentre muy por debajo de los depó -- sitos con el fin de evitar que una fuga del depósito llegue a entrar al medio am -- biente.

6.3 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

El tratamiento de las aguas residuales industriales contaminadas con bifenilos po -- liclorados, se debe de llevar a cabo antes de que sean arrojadas a las aguas recep -- toras, incluso al drenaje municipal, para evitar serios problemas de contaminación -- por BPC de los diferentes cuerpos receptores, así como evitar problemas en los pro -- cesos de tratamiento de las aguas negras municipales, debiéndose de esta manera -- tratar los residuos industriales dentro de la propia industria. Al actuar de esta -- manera se contribuye a reducir la contaminación ya existente en muchas aguas recep -- toras de ríos, lagunas e incluso en océanos, además representa una solución para --

a la misma industria, pues puede haber recuperación de subproductos y el agua tratada puede reutilizarse dentro del proceso, evitando en muchas ocasiones los problemas originados por la escasez del agua para abastecimiento industrial que prevalece en muchas poblaciones.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales para BPC usan carbón activado granular; este carbón de una gran área superficial puede ser reactivado, haciendo la absorción práctica y económica para remover los BPC disueltos en las aguas residuales (un kilogramo de carbón activado granular K100 es un carbón bituminoso de grado selecto puede tener un área superficial equivalente a 1.11 Km²). Además, la dureza del carbón activado granular hace factible su reactivación y uso repetido.

Las moléculas como las del BPC que son moléculas aromáticas con alto peso molecular son fácilmente absorbidas respondiendo así al tratamiento de absorción. De esta forma los contaminantes como el BPC que son aromáticos y no polares son removidos fácilmente.

Debe de determinarse experimentalmente la capacidad de operación óptima y el tiempo de contacto, y fijar las dimensiones de la columna y el número de unidades necesarias para un tratamiento continuo. El tiempo óptimo de contacto depende de la velocidad a la cual el BPC es absorbido por el carbón.

En la figura No. 15 se presenta un arreglo de una planta de tratamiento de aguas residuales, en la cual también se remueven otros contaminantes además de los BPC como son sólidos en suspensión, aceites y grasas, lo cual se hace previamente al proceso de absorción por medio de clarificación, flotación de aceites y filtración.

En la unidad de absorción de BPC el flujo es descendente en serie a través de --

FIGURA NO. 11

PLANTA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES INDUSTRIALES

QUE CONTENGAN:

- 1.- Efluente con BPC a tratar
- 2.- Sistema de torres de absorción con carbón activado.
- 3.- Descarga del efluente al drenaje
- 4.- Silo de almacenamiento de carbón reactivo do.
- 5.- Recipientes de soplado y transporte del - carbón activado.
- 6.- Silo de almacenamiento de carbón usado.
- 7.- Unidad para remover agua del carbón.
- 8.- Horno de reactivación del carbón.
- 9.- Tanque de apagado.
- 10.- Lavador

los absorbedores. Cada lecho de carbón es reemplazado como una unidad completa empezando con la primera unidad, volviendo a recargar el lecho con carbón nuevo y -- regresándolo a su posición previa, el siguiente reemplazo se hará en la unidad -- siguiente.

El carbón activado granular exhausto es reactivado, oxidándolo en un horno rota-- torio donde el carbón es calentado a una temperatura de 680 a 980°C que elimina -- la humedad y oxida los BPC disueltos.

El oxígeno en el horno es normalmente controlado a menos del 1% en volumen para -- oxidar en forma selectiva al BPC antes que al carbón activado. Se considera que -- en cada ciclo de reactivación hay una pérdida entre el 5 y 10% en peso de car -- bón. El horno debe de contar con un lavador de gases a fin de evitar la posible -- fuga de BPC a la atmósfera, regresándose el agua usada en el lavador a la planta -- de tratamiento. (41).

5.4 RADIACION POR MICROONDAS

En la actualidad se han empezado a usar las microondas con el objeto de destruir -- sustancias tóxicas como los BPC. Así la radiación por microondas ha tomado un gran -- número de ventajas en su aplicación en procesos térmicos. Los materiales que absor -- ben la energía electromagnética, pueden ser calentados uniformemente tanto en tor -- no interior como exterior y no solamente en su superficie. El incremento de calor -- puede tener lugar en forma extremadamente rápida y es fácilmente controlado por -- la potencia aplicada; y puesto que la transferencia de energía ocurre por radia -- ción más que por contacto de superficie a superficie, se puede lograr una amplia es -- cala de temperaturas, hasta alcanzar la temperatura de descomposición térmica del -- material que se está procesando. Sin embargo, y a pesar de estas ventajas las mi -- croondas todavía deben de probar que pueden ser competitivamente económicas en sus

diferentes aplicaciones.

La energía electromagnética radiante de longitudes de onda de 1 a 100 cm cae en la categoría de microondas. Estas ondas de alta frecuencia son absorbidas por una gran variedad de materiales, incluyendo muchos alimentos y sustancias orgánicas. Sin embargo, algunos materiales tales como metales, reflejan las microondas, mientras que otros como papel, vidrio y un número de plásticos, transmiten las ondas sin interactuar con ellas.

La absorción de microondas produce calor debido al efecto de la energía electromagnética sobre las moléculas polarizadas del material o sobre sus iones libres ó ambos.

Para moléculas polarizadas tales como el agua, un campo eléctrico oscilante de -- microondas (típicamente de 915 ó 2450 MHz) provoca que los dipolos traten de rotar en un esfuerzo para orientarse ellas mismas con el campo. Sin embargo, debido a la alta frecuencia de la onda la molécula puede vibrar solamente en su lugar, -- liberando calor. Los iones libres contribuyen al calentamiento en forma diferente el campo eléctrico atrae a los iones espoleándolos a chocar con las moléculas no ionizadas, produciéndose calor por estas colisiones

La aplicación de las microondas a la prevención de la contaminación esta siendo -- examinada en la actualidad por la Lockheed Missiles And Space, Corp.. Conjuntamente con la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos de América, que han desarrollado un sistema de detoxificación con microondas. La unidad original constaba de una pequeña cámara de plasma de aproximadamente 10 cm³. Actualmente se está usando un modelo experimental con una cámara de 1 litro de volúmen que puede manejar de 0.5 a 5 Kg/H de materiales tóxicos. Se espera poder construir una unidad a nivel de planta piloto que pueda eliminar de 10 a 15 Kg/H de sustancias tóxicas. Se contará con una unidad comercial para procesar 50 Kg/H de

sustancias tóxicas en dos años.

El sistema destruirá cualquier material orgánico en monóxido de carbono, dióxido de carbono, agua y otros elementos. Los materiales tóxicos son colocados en una cámara de vacío donde son destruidos por la energía de los electrones del plasma. -- Las microondas en lugar de actuar como agentes térmicos, excitan los electrones del gas usado como vehículo siendo usualmente argón, neón ó oxígeno (se prefiere el oxígeno como vehículo ya que puede oxidar los materiales tóxicos por sí mismo; ya que en forma de plasma el oxígeno es muy potente). Los electrones excitados del gas-vehículo chocan con los del material tóxico dentro de la cámara causando que la sustancia que se quiere destruir se ionize formando un plasma, que rompe la molécula en compuestos inofensivos. Este proceso no intenta competir con procesos como la incineración, (a pesar de que los costos de las microondas no son malos) ó entierro sanitario; pero que sería de gran utilidad en la destrucción de compuestos tales como malatión, bifenilos policlorados y bromuro de metilo, que no pueden ser destruidos en esos procesos, a menos que cuenten con las características mencionadas al principio de este capítulo. (42).

9.5 RECIRCULACION

El proceso de recirculación es una nueva reutilización de los BPC evitando que estos sean desechados y puedan entrar en el medio ambiente. Este tipo de recirculación es efectuado exclusivamente con los BPC usados en transformadores y capacitores donde se encuentran poco contaminados .

Esta contaminación es debida principalmente a humedad y a partículas de sólidos-- de los mismos capacitores y transformadores, alterándose de esta forma sus propiedades dieléctricas y fisicoquímicas.

El proceso común usado en la recirculación es el de filtrar los BPC, usando como-

medio filtrante tierra de diatomáceas o tierra de fuller, efectuándose el proceso a una temperatura entre 90 y 110°C, que ayuda a la evaporación de la humedad presente en los BPC.

También se puede eliminar la humedad haciendo circular los BPC a través de alúmina activada. (2).

1.6 MANEJO DE LOS BIFENILOS POLICLORADOS

Una forma de evitar que los BPC entren en el medio ambiente es por medio de un manejo adecuado. Así los BPC ó materiales líquidos que los contengan deben de ser manejados en sistemas completamente cerrados desde que están listos para ser enviados hasta el momento en que son usados; estas aplicaciones deben también ser en sistemas cerrados.

Todos los materiales líquidos con BPC de diferentes procesos deben de ser recolectados y ser recirculados si no están muy contaminados; de ser así deben de ser cuidadosamente almacenados en tambores sellados para su disposición final. La entrada de los BPC en el medio ambiente debe de ser también controlada por programas de prevención de fugas, que incluya sistemas totalmente soldados, con cambio de sellos de bombas y por educación del personal sobre como deben de manejarse para prevenir goteos.

6. POSIBLES SUBSTITUTOS DE LOS BIFENILOS POLICLORADOS

La substitución de los bifenilos policlorados debe basarse, tanto en sus campos -- de aplicación, así como que los nuevos substitutos, no causen en el medio ambiente en igual y mayor escala, los grados de contaminación que han alcanzado los bifenilos policlorados (desgraciadamente ésta es una meta difícil de alcanzar). De acuerdo a estas bases trataremos de analizar la problemática involucrada en la substitución de los bifenilos policlorados.

6.1 FLUIDOS DIELECTRICOS

Los fluidos dieléctricos son usados en la industria eléctrica como agentes de voltaje ó impregnantes en transformadores y capacitores, donde actúan como aislantes y enfriadores.

6.1.1. CAPACITORES

Los capacitores son dispositivos por medio de los cuales se almacena energía eléctrica a través de la separación física de superficies metálicas cargadas por un medio aislante. En el caso de los capacitores se usa papel de celulosa impregnado con un líquido dieléctrico. Las propiedades requeridas para este líquido son:

- I.- No inflamabilidad.- Que es de gran importancia en la prevención de incendios, especialmente cuando se usan en interiores de edificios.
- II.- Una constante dieléctrica lo más cercana posible a la del papel, ya que de esta forma se reduce la falta de homogeneidad en el campo eléctrico, aumentándose la fuerza dieléctrica y la vida del capacitor, permitiendo a la vez una disminución en el tamaño del capacitor.
- III.-Un bajo factor de disipación, que reduce las pérdidas de energía y el calentamiento destructivo en el capacitor.

- IV.- Fuerza dieléctrica alta, que previene averías y permite disminuir el tamaño del capacitor.
- V.- Estabilidad química alta, la cual incrementa la vida del capacitor y estabiliza su funcionamiento.
- VI.- Baja presión de vapor, incrementa su estabilidad física.
- VII.- Tener productos de descomposición inertes por el efecto del arco eléctrico, evitándose de esta forma la explosión o corrosión mecánica de una avería.
- VIII.- Baja toxicidad del material y de sus productos de descomposición.
- IX.- Bajo costo.

La sustitución de los bifenilos policlorados usados en capacitores, puede lograrse con capacitores secos ó usando gases dieléctricos; los capacitores secos, presentan una mayor fuerza dieléctrica, si se les suman con los aceites minerales impregnados con BPC y para obtener los mismos resultados deben ser de un tamaño más grandes.

Cuando se trata de reemplazar a los BPC con aceite mineral en los capacitores, se debe tomar en cuenta que la constante dieléctrica del aceite mineral es menor, como se observa en las figuras No. 16 y 17, teniendo como consecuencias que el tamaño del capacitor debe de ser mayor en un 50 ó 60%, en capacitancia y construcción similares. Además de que su uso involucra problemas de contaminación química y química de degradación dieléctrica y química, se debe tener en cuenta que estos problemas se desprenden del hecho de que el aceite mineral tiene una composición compleja de nuevos componentes químicos varían ampliamente de una fuente de aceite a otra. La degradación química se debe principalmente a la facilidad con que el aceite mineral es oxidado. Esta oxidación produce una degradación de sus propiedades dieléctricas, un incremento en la corrosividad del aceite, y bajo severa oxidación-- la formación de productos insolubles en el aceite, lo cual afecta tanto su comportamiento dieléctrico como sus características de disipación de calor del equipo del cual forma parte. Debiéndose recurrir a medios mecánicos y químicos por medio

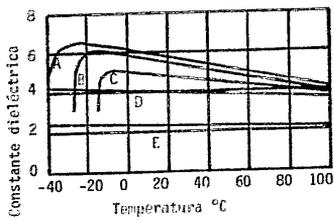


Figura No. 16

- A- Bifenil triclorado
- B- Bifenil tetraclorado
- C- Bifenil pentaclorado
- D- Mezcla de bifenil clorado y benceno clorado
- E- Aceite mineral

Variación de la constante dieléctrica con la temperatura, de varios líquidos dieléctricos.

Variación de la constante dieléctrica con la temperatura de papeles impregnados con varios tipos de líquidos dieléctricos.

- 4- Bifenil triclorado impregnado
- 5- Bifenil tetraclorado impregnado
- 6- Bifenil pentaclorado impregnado
- 7- Aceite mineral impregnado

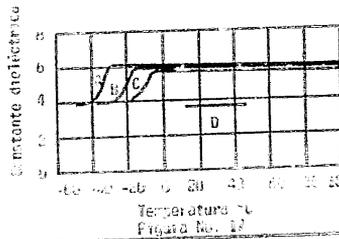


Figura No. 17

de los cuales debe de reducirse sustancialmente la producción del aceite mineral. Otra desventaja que tiene el aceite minerales su inflamabilidad. Los requerimientos de no inflamabilidad para la mayoría de los usos en capacitores es crítica y capacitores que contengan líquidos inflamables están prohibidos en muchos casos por el National Electrical Code. En otros casos el uso de materiales inflamables requiere instalaciones a prueba de fuego, lo que implica un costo mayor para este tipo de capacitores. (2).

Los fluorocarbonos son otro grupo de líquidos que se usan para aplicar en dieléctricos. Los fluorocarbonos tienen una constante dieléctrica baja como se ve en la Figura No. 18 y no pueden reemplazar directamente a los BPC sin aumentarse el tamaño del capacitor. Los fluorocarbonos tienen poca toxicidad pero sus productos de descomposición pueden ser tóxicos. Los fluorocarbonos son más volátiles y considerablemente más caros que los BPC.

Los posibles sustitutos de los BPC generalmente tienen una constante dieléctrica baja para conservar el tamaño del capacitor y no tienen una fuerza dieléctrica suficientemente alta. Como es el caso de los silicónes que tienen la desventaja de una constante dieléctrica baja (ver figura No. 18) mientras que los ésteres orgánicos algunos sí tienen una fuerza dieléctrica sobre. Algunos silicónes se deterioran rápidamente a causa de la influencia del agua eléctrica (3).

La compañía General Electric ha escogido al ftalato de dioctil como sustituto de los BPC en capacitores. El ftalato de dioctil, tradicionalmente un plastificador se es convertido en un compuesto dieléctrico por la adición de aditivos y estabilizadores apropiados.

El comportamiento del ftalato de dioctil se acerca bastante al de los bifenilos policlorados sin aumentar el costo. Para temperaturas abajo de 0°C, la capacitancia se incrementa conforme la temperatura disminuye en contraste con los BPC que tienen una caída brusca en capacitancia.

El estato de dioctil tiene la desventaja de ser inflamable, por lo cual General Electric ha creado un nuevo diseño mecánico por medio del cual se desconecta el circuito automáticamente cuando el fluido dieléctrico se ha sobrecalentado y expandido más allá de cierto punto. Este tipo de capacitor es ligeramente más alto en sus dimensiones exteriores pero se espera que se produzca en gran cantidad -- a diferencia de los nuevos capacitores en los que se emplean los aceites --

El fluido de dioctil - específicamente, di- β -etilhexil - es usado para impregnar y se agregan los aditivos en las instalaciones de General Electric para una capacidad de mezcla de 4500 ton/año. La mitad de esta producción se emplea para vender la otra mitad será para ventas al exterior. Se han ofrecido los productos - específicamente II para componentes impregnados y capacitor para procesos sucesivos. La selección de este compuesto se hizo entre otros 10 compuestos similares.

Se efectuaron también extensos estudios sobre sus efectos en el medio ambiente -- se continúan haciendo pruebas de toxicología para determinar los efectos de las pruebas de toxicidad aguda, sin embargo, para garantizar que no provee efectos nocivos sobre el medio ambiente (11).

10.11. TRANSFORMADORES

Los transformadores son dispositivos para convertir energía eléctrica de un voltaje y nivel de corriente a otro, y las partes conductoras de estos dispositivos deben de estar separadas una de las otras por un medio aislante adecuado.

La mayor parte de los transformadores contienen un líquido para aislar eléctricamente y remover calor del núcleo y del devanado. Las propiedades que se requieren para estos líquidos son:

- I.- No inflamabilidad, que es una propiedad requerida para usarse en interiores y deseable para usarse en sitios remotos.
- II.- Fuerza dieléctrica alta, que previene averías y permite disminuir el tamaño del transformador.
- III.- Baja viscosidad que promueve la transferencia de calor por convección.
- IV.- Estabilidad química alta que permite una temperatura de operación mayor y reduce la degradación del transformador.
- V.- Compatibilidad con otros materiales.
- VI.- Productos de descomposición inertes lo cual reduce el peligro de incendio y el daño a otros materiales después de una falla eléctrica.
- VII.- Baja toxicidad del líquido y sus productos de descomposición.
- VIII.- Bajo costo.

Los bifenilos policlorados no han sido tan ampliamente usados como en el caso --- de los capacitores, por lo que el problema de sustitución del BPC es menor.

Los bifenilos policlorados pueden ser sustituidos por transformadores secos que cuestan 1.15 veces más y son más grandes que los de BPC, requiriendo mayor cantidad de cobre y hierro pero pueden reemplazar a los de BPC en muchos casos principalmente para transformadores usados en interiores.

En el caso del aceite mineral se debe aprovechar que tienen una mejor conductividad térmica que los BPC como se ve en la figura No. 19. Puesto que la operación de enfriamiento en los transformadores se efectúa por convección, la cual -- sobrepasa la contribución al enfriamiento por conductividad térmica y bajo condiciones normales de uso, las diferencias entre las conductividades térmicas de estos compuestos pueden ser poco significativas, sin embargo, bajo condiciones de sobrecargas cortas esto ya representa una gran ventaja para el aceite mineral. En el caso de la viscosidad que debe de ser baja a fin de mejorar la transferencia de calor por convección, el aceite mineral se comporta aproximadamente --

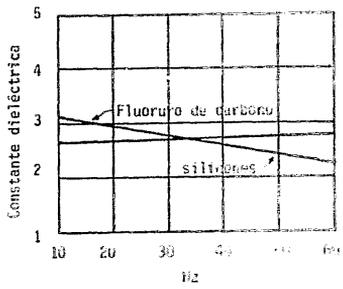
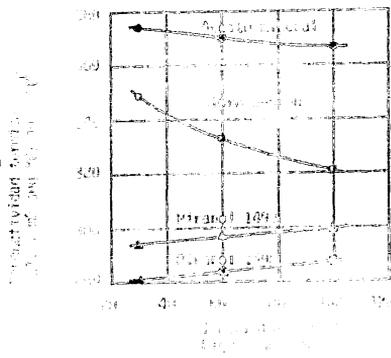


Figura No. 16
Variación de la constante dieléctrica con la frecuencia.

Conductividad Térmica de Diferentes Fluidos



en el mismo rango de viscosidad que los BPC como se observa en la figura No. 20. El efecto que produce el arco voltaico sobre el aceite mineral provoca una evolución mayor de gas que en el caso de los BPC cuando se compararon ambos materiales a 15 amperes (ver figuras No. 21 y 22). (2).

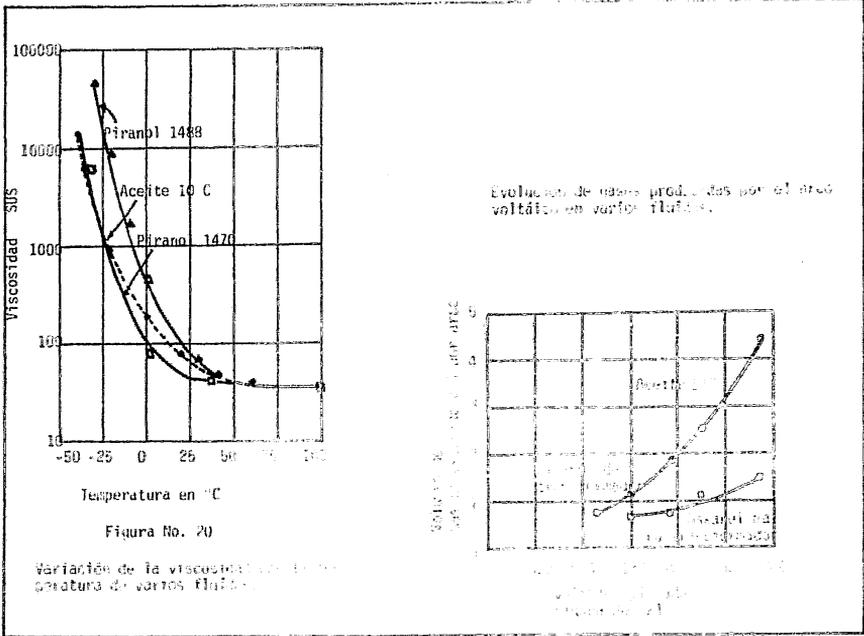
En la actualidad no se conoce ningún líquido adecuado para sustituir los BPC en transformadores. Posiblemente los fluorocarbonos que son materiales no inflamables pueden desarrollarse como sustitutos de los BPC y que tienen propiedades similares. Actualmente los fluorocarbonos son usados como enfriadores eléctricos por convección y evaporación. La principal desventaja de los fluorocarbonos es su alta volatilidad y alto costo (aproximadamente 7 veces más caro que el BPC).

6.2 FLUIDOS HIDRAULICOS

Los fluidos hidráulicos son usados en sistemas de transmisión de potencia hidráulica que comprende el equipo y los componentes auxiliares cuya función es generar, transmitir, controlar y utilizar la potencia hidráulica, donde el fluido hidráulico que es incomprensible, es presurizado.

Las características de un buen fluido hidráulico son:

- I.- Alta lubricidad que disminuye el calentamiento y aumenta la vida de las partes móviles.
- II.- Estabilidad que incrementa su vida de uso.
- III. Viscosidad apropiada y alto índice de viscosidad ó sea un coeficiente de viscosidad-temperatura bajo.
- IV.- Baja temperatura de escurrimiento que es necesaria cuando el líquido fluye a bajas temperaturas.
- IV.- Compatibilidad que previene la interacción con otros materiales como son los sellos de hule.



Evolución de gases producida por la corriente aplicada.

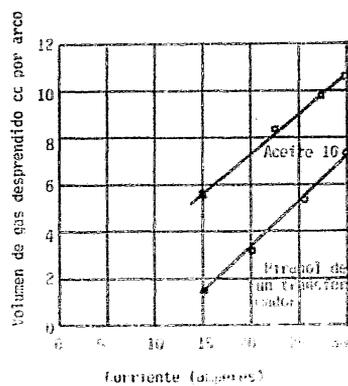


Figura No. 22

- VI.- Buena transferencia de calor que reduce el calentamiento local y los gradientes de temperatura grandes.
- VII.- Alto módulo de masa que es de importancia para la aplicación de presiones extremas.
- VIII.- Baja volatilidad que es necesaria para evitar mal funcionamiento provocado por un bloqueo del vapor del fluido.
- IX.- Baja producción de espuma ya que esta disminuye las lubricidades del fluido.
- X.- Bajo coeficiente de expansión térmica que aparte de implicar un volumen -- constante sobre un amplio rango de temperatura, implica un índice de viscosidad alto y la constancia de otras propiedades respecto a la temperatura.
- XI.- Buena desemulsibilidad, facilidad para romper las emulsiones.
- XII.- Inhibidor que es necesario para prevenir la oxidación de los metales o su corrosión.
- XIII.- Buena resistencia al fuego lo que es de suma importancia cuando se trabaja a altas temperaturas.
- XIV.- Baja densidad lo cual es muy deseable en su transportación, particularmente en sus aplicaciones en transportes aéreos.
- XV.- Buenas propiedades dieléctricas lo que reduce el arco o el corto circuito en los fluidos que están en contacto con componentes eléctricos.
- XVI.- No toxicidad lo cual reduce el peligro del personal cuando se produce una falla en el equipo hidráulico o se hace una disposición impropia del fluido hidráulico, ó daños al personal de mantenimiento durante su transporte y uso.

Los bifenilos policlorados que han sido usados como aditivos en fluidos -- hidráulicos y pueden ser sustituidos por varios tipos de fluidos hidráulicos sin que se tenga necesidad de adicionar BPC como aditivo. Estos tipos de fluidos son:

Esteres fosfatados. Son esterres del fosfato de triarilo, que es un compues

to bastante estable. Son preparados por la interacción de un compuesto que contiene fósforo y una mezcla de derivados fenólicos. Sin embargo, hay diferencias menores respecto a los compuestos químicos intermedios usados en su fabricación-- todos los esteres fosfatados de triarilo usados comercialmente tienen propiedades físicas y químicas muy similares así como también en sus características de funcionamiento. Los esteres fosfatados pueden ser mezclados con aditivos lo cual mejora sus características de funcionamiento y se encuentran disponibles en varios grados de viscosidad, son excelentes lubricantes y tienen gran resistencia al fuego.

Glicoles en Agua. Son fluidos hidráulicos usados en una gran cantidad de aplicaciones que implican su servicio en condiciones de peligro. Consisten esencialmente de una mezcla de tres componentes que son agua, un glicol y un poliglicol de alto peso molecular soluble en agua. Por lo general, se adiciona un cuarto componente que le imparte resistencia a la corrosión, pasivación del metal y propiedades tanto de antidesgaste como de lubricación a la fórmula.

Estos fluidos son soluciones verdaderas; no emulsiones. Debido su resistencia al fuego, a su contenido de agua (ya que contienen usualmente de 35 a 45% de agua). Pueden formularse para dar un amplio rango de viscosidades. Tienen una excelente resistencia al fuego y buenas propiedades lubricantes.

Emulsiones de agua en aceite. Este tipo de fluidos son referidos como emulsiones invertidas. Consistiendo esencialmente de agua (35 a 40%), aceite de petróleo y varios aditivos emulsificantes. El aceite de petróleo es la fase líquida continua opuesta a las llamadas emulsiones de aceite soluble donde el agua es la fase continua. Puesto que el aceite es la fase continua, estos fluidos tienen una viscosidad adecuada para el servicio hidráulico. Tienen una resistencia marginal al fuego cuando se les compara con los glicoles de agua ó los esteres fosfatados pero son muy superiores a los aceites de petróleo en este aspecto. Son recomenda

dos para aplicaciones de servicio medio donde las condiciones de peligro son moderadas.

Mezclas de aceites sintéticos.- Son mezclas de esteres fosfatados y productos refinados de petróleo que se han venido usando en forma creciente como un acercamiento a fluidos hidráulicos menos peligrosos. Consisten de un 30 a 50% de esteres fosfatados de triarilo más un aceite de petróleo y un agente compatible que le imparte estabilidad a la solución. Estos fluidos identificados generalmente como mezclas de aceites sintéticos, contienen usualmente aditivos que mejoran su resistencia a la corrosión y una estabilidad a la oxidación en servicio, tienen buenas propiedades de lubricación; su resistencia al fuego es intermedia entre la del aceite y la de los esteres fosfatados y son recomendados para usarse en condiciones de peligro moderado.

Una lista de todos los tipos de fluidos usados en sistemas hidráulicos, debería de incluir una gran variedad de productos especiales y estos tienen solo un uso limitado. Esta lista debería de incluir los esteres fosfatados de alquil-arilo usado -- como fluido hidráulico resistente al fuego en aviación, al igual que esteres de silicato como fluidos hidráulicos de alta temperatura para aviación. Y otros fluidos sintéticos usados en cantidades variables como lubricantes especiales tales como poliglicoles, diesteres, poliesteres, silicones y silicones modificados. En la tabla No. 15 se dan las características de aplicación a los compuestos principales (44).

Desafortunadamente estos compuestos aunque tienen menor toxicidad que los BPC, sí pueden provocar contaminación sobre el medio ambiente por lo que debe de evitarse a toda costa una fuga del sistema hidráulico debiéndose tratar los desechos del fluido hidráulico en las condiciones mencionadas en el capítulo anterior.

6.3 FLUIDOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Tabla No. 15

FLUIDOS HIDRAULICOS RESISTENTES AL FUEGO

PROPIEDADES O CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO.	RECIRCULACION Y OPERACION	ANTIDESGASTE	ESTERES FOSFATADOS	GLICORES DE AGUA	EMULSIONES DE AGUA EN ACEITE	MEZCLAN DE ACEITES SINTETICOS
Resistencia al fuego	P	P	R	E	R	R
Propiedades de viscosidad-temperatura	B	B	R	E	B	R a B
Propiedades a baja temperatura	B	B	R	E	P	R a B
Resistencia a la corrosión	E	E	B	R a B	R	B
Compatibilidad con el sello	B	B	R	E	B	R
Calidad de lubricación	B	E	E	R a R	R	B
Límite de temperatura °F	6 a 70	6 a 70	6 a 70	10 a 50	4 a 50	6 a 100
Costo relativo	1	1	2	3.5	1	5

CLAVE:

E = Excelente,

B = Buena

R = Regular

P = Pobre

Los fluidos de transferencia de calor son usados para absorber energía térmica de una fuente y ya sea por enfriamiento ó cambio de fase, llevando el calor a su lugar de utilización. El proceso inverso que implica el uso del fluido como enfriador requieren propiedades del fluido similares. Las propiedades requeridas para los fluidos de transferencia de calor que son:

- I.- Densidad y coeficiente de expansión adecuados.
- II.- Capacidad calorífica ó contenido de calor, alto, lo cual incrementa la cantidad de calor transferido durante el enfriamiento o cambio de fase.
- III.- Alta conductividad calorífica, lo cual incrementa la transferencia de calor.
- IV.- Baja viscosidad, propiedad indispensable para que el fluido fluya a través del sistema.
- V.- Estabilidad física, lo cual no provocará cambios de fase o propiedades en forma impredecible.
- VI.- Estabilidad física, que evitará degradaciones, oxidaciones, etc.
- VII.- Estabilidad radiológica propiedad muy necesaria para usos en donde se utilice radiación.
- VIII.-Bajo costo.
- IX.- Baja tensión superficial, lo que reduce el flujo del fluido y de calor entre el fluido y los alrededores.
- X.- Baja corrosión lo que reduce el daño a las partes metálicas del sistema.
- XI - Baja inflamabilidad, reduciéndose el peligro de fuego y explosión.
- XII.- Baja toxicidad.

La mayor desventaja de los fluidos que pueden reemplazar a los GPC es el peligro de fuego y explosión, por lo que se ha tratado de introducir en estos usos fluidos no inflamables tales como los fluorocarbonos, los cuales tienen baja toxicidad, estabilidad térmica alta; y a pesar de su alto costo son usados como enfriadores convectivos o evaporativos; otro fluido usado es el agua que es altamente corrosivo

TEMPERATURA DE DESCOMPOSICION
INTERVALO °C

Sobre 430

CLASE QUIMICA

Compuestos poliaromáticos insubstituidos
Eteres polifenólicos insubstituidos
Aminas aromáticas insubstituidas
Silicatos de arilo insubstituidos
Silanos de arilo insubstituidos
Boratos de arilo insubstituidos

370 - 430

Eteres alquiloaromáticos bajos
Fosfatos aromáticos
Sulfonas aromáticas
Cetónas aromáticas
Silicones
Eteres aromáticos halogenados
Polifenilos halogenados (incluyendo a los BPC)

370 - 320

Boratos de alquilo
Silicatos de alquilo
Eteres alquiloaromáticos altos
Aceites minerales altamente refinados
Esteres fluorados
Esteres de Neopentilpalmito

320 - 260

Esteres de metilarilo
Amidas terciarias alifáticas

va, cuyo límite máximo de temperatura es de 374°C y que requiere sistemas costosos a presiones altas para poder usarse arriba de la temperatura de ebullición atmosférica; también se pueden usar sales y metales fundidos aprovechándose su resistencia a los efectos de radiación, son de mucha utilidad en sus aplicaciones en reactores.

En la tabla No. 16 se muestran los grados de descomposición en una gran variedad de clases de compuestos químicos. (16).

6.4 USOS MISCELANEOS

En el caso de los bifenilos policlorados usados como plastificantes, a fin de impartir a la mezcla sus propias características, se puede considerar como sustitutos a: e, p.- toluen -sulfonamida, y a los esteres fosforados, ftalato de difenilo y fosfatos de arilo. Estos últimos compuestos se pueden usar en forma individual como adhesivos con lo cual se convierten en sustitutos del BPC en esta aplicación.

En el caso de recubrimientos superficiales se ha encontrado que las películas plastificadas con fosfato de tricresil tienen mejor estabilidad, resistencia a la tensión y adhesión que las películas plastificantes con BPC.

Para las composiciones retardantes del fuego y a prueba de flama se puede pensar como sustitutos de los BPC en esta aplicación a los organopolisiloxanos, poliamidas y poliolefinas.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los Bifenilos Policlorados si bien han sido de utilidad, produciendo un avance -- tecnológico como hemos visto en este trabajo, tienen consecuencias negativas so -- bre el medio ambiente. Por lo cual el uso y aplicación de los bifenilos policlorados debe de ser dentro de un marco debidamente limitado ya que su uso inadecuado puede deteriorar el equilibrio ecológico de una forma irreversible. En lo futuro -- se deben de concertar medidas internacionales pertinentes para lograr un uso y dis -- posición racional de los bifenilos policlorados que incluyan:

- 1.- El uso de los Bifenilos Policlorados debe de ser restringido a sus aplicacio -- nes esenciales y donde no tenga sustitutos adecuados, los cuales deben de involu -- car un mínimo contacto con el medio ambiente.
- 2.- Como los Bifenilos Policlorados ya ocupan actualmente un lugar en la contamina -- ción ambiental, una cesación completa de su uso no produciría la desaparición del -- medio ambiente en un período corto; y posiblemente su final desaparición tomará -- muchos años.
- 3.- Tanto los productores como los consumidores y el Gobierno deben de llegar a un acuerdo que logre reducir los niveles actuales de Bifenilos Policlorados en el me -- dio ambiente.
- 4.- Debe de imponerse un control sobre las ventas de estos productos a fin de que -- solamente se use en las aplicaciones indispensables.
- 5.- Deben de buscarse mejores sustitutos de estos productos en sus diferentes apli -- caciones. Debiendo estos sustitutos de pasar rigurosas pruebas de toxicidad.
- 6.- Debe de reglamentarse la disposición de los Bifenilos Policlorados que hagan --

tanto consumidores como productores, a fin de no aumentar los niveles actuales de estos compuestos en el medio ambiente.

7.- Debe de hacerse un inventario de consumidores y productores con el objeto de que los que carezcan de los medios adecuados para su disposición utilicen las instalaciones de otros.

8.- Debe hacerse un folleto ilustrativo sobre el manejo de los Bifenilos Policlorados y los efectos que estos producen tanto en el medio ambiente como en el hombre, para ser distribuido entre las personas que trabajan con estos compuestos -- creándose de esta forma una conciencia, sobre un uso adecuado y racional de los Bifenilos Policlorados.

3. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Schmidt H. y Schultz, G. (1881) Annals of Chemistry. No. 207, Pags. 338-334.
- 2.- Clark, M. F., (1962) Insulating Materials for Design and Engineering Practice John Wiley and Sons Inc. Pags. 183-209, 246
- 3.- Kosman, J.J.; Ten Noeverde Brauv, M.C.; v de Vos, R.H. (1959) Nature No. 221, Pags. 1126-1128.
- 4.- Jensen, S.; Johnels, G.A.; Olsson, J.; y Otterlind, A.: (1959) Nature No. 224 Pag. 350.
- 5.- Rakoff, H; y Norman C.R.; (1966), The Macmillan Company, pags. 494 y 495. Organic Chemistry.
- 6.- Morrison, R.T.; y Boyd R.N.; Organic Chemistry (1967), Allyn and Bacon, Inc. - pags. 341-345, 347, 351, 352, 356 y 357.
- 7.- Kirk, E.R.; y Othmer, F.D. (1964) Enciclopedia de Tecnología Química, Vo. 4 - Pag. 984, Vol. 10 pags. 846-481; Vol. 16 pags. 180-191
- 8.- Von Hippel, A.R.; Dielectric Materials and Applications, (1972) Technology -- Press of MIT and John Wiley and Sons, Inc. pag. 195-197.
- 9.- National Electrical Code Handbook, 10th. Ed., (1967) Mc Graw-Hill. Co. Pags. 237, 326.
- 10.- ASTM D2283-70, Standard Specification for Chlorinated Aromatic Hydrocarbons - for capacitors, American Society for Testing and Materials.
- 11.- ASTM D2283-71 Standard Specification for Chlorinated Aromatic Hydrocarbons -- for Transformers, American Society for Testing Materials.
- 12.- Heston, P.E. Introduction to Hydraulic Fluids, (1967) McGraw-Hill Publishing Co. Pags. 107, 147.
- 13.- Gunderson, R.C. and Hart A. W. Synthetic Lubricants (1961). Reinhold Publishing Co. Pags. 161-168.
- 14.- Esso, W.; Materials of High Vacuum Technology, Reinhold Press, Vol. 3 pags. - 83 - 87.
- 15.- Power, B.D. High Vacuum Pumping Equipment. (1969) Reinhold Publishing, Co. - Pags. 37-39.

- 16.- Danziger, W.J., Heat Transfer Media Other than Water, (1965) Encyclopedia of Chemical Technology, 2nd, Ed., Vol. 10 pag. 846-861.
- 17.- Wilde, G. and Press, D.; Plasticizers, Modern Plastics Encyclopedia (1968) -- Vol. 45, pag. 428.
- 18.- Mosher, R.H. The Technology of Coated and Processed Papers, (1952), Remsen-Press Division Pag. 368.
- 19.- Skeist, I. Adhesive Compositions, Encyclopedia of Polymer Science and Technology (1964) Interscience Publishers, Pag. 422.
- 20.- Rairdon, T.C.; Sealants, Encyclopedia of Polymer Science and Technology --- (1970) Interscience Publishers Pag. 418.
- 21.- Baumeister, T.; Marks, L. Standard Handbook for Mechanical Engineers. (1966) Mc Graw = Hill Book Co. Pags. 12-162, 12-163; 7-72, 7-79, 12-78.
- 22.- Jensen, S.; (1970) PCB Conference, National Swedish Environment Protection -- Board, Research Secretariat.
- 23.- Armour J.; y Burke J. Laboratory Information Bulletin, Food and Drug Administration No. 918, July 1, 1969.
- 24.- Armour J. Laboratory Information Bulletin Food and Drug Administration No. - 919 January 29, 1970.
- 25.- Willard, H.; Merrit, L.; Dean, J.; Métodos Instrumentales de Análisis (1975) Compañía Editorial Continental, S.A. Pags. 161-200, 535-568, 615-658.
- 26.- Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental (1971) México, D. F.
- 27.- Nisbet, I., and Sarofin, G., Rates and Routes of Transport of PCBs in the A. Environment. Paper delivered at International Scientific Meeting on PCBs, National Institute of Environmental Health Sciences, 1971, Bulletin.
- 28.- Schmidt T. Riesebroug, R., and Gress, F. Input of polychlorinated biphenyls in water from urban sewage outfalls. (1971) Bulletin of Environmental, Contamination and Toxicology. 6 (3): 235-243.
- 29.- Venh, G.D. and G.F. Lee. A review of chlorinated biphenyls in natural waters (1970) Water Research, 4: 265-269.

- 30.- Duke, T.W., J. I. Lowe, and A. J. Wilson, Jr. A polychlorinated biphenyl -- (Aroclor 1254) in the water sediment, and biota of Escambia Bay, Florida, -- Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology (1970). 5: 171-180.
- 31.- Wildish D.J. The toxicity of polichlorinated biphenyls (PCB) in sea water -- to Gammarus oceanicus. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology (1970) 5 (3): 202-204.
- 32.- Lund,H.F. Industrial Pollution Control Hadbook. Mc. Graw-Hill, Co. (1971).
- 33.- Heat, R.G., Spanu, J.W., Kreitzer, J.F., and Vance C. Effects of polychlorinated biphenils on birds. Published in the proceedings of 15th. Internatio - nal Ornithological Congress. (1970) Hague Inc.
- 34.- Mc Cune, E. L., Savage, J.E. and O' dell, B.C. Hydropericadium and ascites - inchicksfed a chlorinated hydrocarbon, Poultry Science (1962) 41: 295-299.
- 35.- Rehfeld, B.M., Bradley, R.L. and Sunde, M.L. Toxicity Studies on polichlori - nated biphenils in the chick. Poultry Science (1971. 50 (4): 1090-1096.
- 36.- Lichtenstein, E.P. Schiz, K. R., Fuhremann, T.W., and Liang, T.T. Biological Interaction between plasticizers and insecticides. Journal of Entomology --- (1971) 62: 761-765.
- 37.- Acker, L. and Shulte E. Vorkommen Von Chlorierten biphenylen und hexachloro - benzol neben chlorierten insektiziden in human milch and menschlichen fettge _ webe. Natur wiss (1971) 57: 497.
- 38.- Vos, J.G., Koeman, J.H., Vandermass, H. .., and De Vos W. Effects of the cold chlorinated biphenils in the man. Food Cosmetology and Toxicology (1971) 9: 625-629.
- 39.- Kuratsune, M., Yoshimura, T., Matsuzaka, .. and Hamaguchi, A. Fujunka Acta - Medical (1969). 60-6: 513.
- 40.- Perry J. H.; Perry R. H.; Chilton, C. H.; Kirkpatrick, J.D.; Chemical Engi - neers' Handbook. (1963). Mc Graw-Hill Book Co. pags. 9-38 a 9-38.
- 41.- Rizzo, J.L. and Sheperd, A.R. Treating industrial wastewater with activated - carbon. Chemical Engineering. January, 3, 1977, Pags. 95 a 100.
- 42.- News Features. Microwave Technology: penetrating CPI markets. Chemical Engi - neering. January 3, 1977, pags. 50 a 54.

43. - Inventionator, General Electric Company, "Electrolytic capacitors with electrolyte in a non-aqueous medium", Chemical Engineering, February 14, 1977, pag. 17.
44. - Millett, W. H. "Nonpetroleum hydraulic fluids - A projection", Iron and Steel Engineer, May, 1977.