

SISTEMA A ESCALA DE LABORATORIO PARA LA PURIFICACIÓN DE AGUAS INDUSTRIALES CONTAMINADAS CON HIDROCARBUROS

Mauricio Chocron, Ana María La Gamma, Elena Becquart, Betina Schonbrod

Unidad de Actividad Química, Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica.

ABSTRACT

Los distintos aceite lubricantes que se emplean en equipos existentes en la plantas industriales, están compuestos en su mayor porcentaje por hidrocarburos y poseen UN bajo porcentaje de aditivos, and los cuales contienen: jabones, fosfatos y sulfatos. Como consecuencia de esto existe una amplia variedad de compuestos que impurifican las aguas efluentes provenientes de los procesos industriales. La cantidad y variedad de las mencionadas impurezas en las aguas incluye desde emulsiones del aceite que pueden verse a simple vista hasta compuestos solubles (orgánicos e inorgánicos) que son aportados por los mismos fluidos de lubricación y que provienen de un proceso extractivo por parte del agua de los compuestos solubles en la misma y presentes en los aceites.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en el laboratorio de las experiencias realizadas con el fin de purificar el agua de procesos de una planta conteniendo los contaminantes típicos en emulsiones (partículas oleosas), sustancias solubles en agua provenientes del contacto del material oleoso y ácidos carboxílicos.

El sistema de purificación que se presenta consta de una etapa de filtración, una de adsorción sobre carbón, y dos de intercambio de iones. Los resultados obtenidos permitieron concluir que la filtración es un procedimiento muy eficaz para la separación de partículas oleosas en emulsión y que ensayos de microfiltración deben tenerse en cuenta. Los adsorbedores estudiados son eficientes retenedores de partículas oleosas no así de los compuestos presentes en el extracto acuoso y las resinas ensayadas (IRN 150 e IRA 67 de Rohm & Haas) retienen eficientemente ácidos carboxílicos y parcialmente los compuestos solubles en agua provenientes del aceite.

1-INTRODUCCION

Se denominan aguas de procesos a las que se emplean fundamentalmente en la industria. Estas aguas se utilizan como reactivo o intermediario propiamente dicho en el procedimiento de fabricación ya sea en fase líquida o vapor, como solvente de reactivos o productos, como fluido refrigerante y motriz en la generación de energía eléctrica y como fluido de lavado.

En todos los casos existen normas generales que orientan en cuanto a los parámetros que se deben alcanzar de acuerdo con el empleo final, mientras que cada industria y aún cada diseñador proveen especificaciones más acotadas según las condiciones de trabajo.

Por lo tanto se distinguen en una primera aproximación dos tipos de agua: la obtenido por purificación de agua cruda y la obtenido por purificación de aguas residuales del mismo proceso. Para la primera situación, existen tratamientos convencionales y tecnologías ampliamente descriptas en la literatura técnica y por los proveedores de equipos. La segunda situación, regeneración de agua de procesos utilizando metodologías que permitan obtener aguas reutilizables, presenta dificultades de operación debido a la baja concentración de impurezas.

Dentro de la segunda situación impurezas típicas que se pueden encontrar son los aceites lubricantes que se emplean en los equipos industriales y que están compuestos en su mayor porcentaje por hidrocarburos y poseen un bajo porcentaje de aditivos, los cuales contienen: jabones, fosfatos, sulfatos. Como consecuencia de esto existe una amplia variedad de compuestos que impurifican las aguas efluentes. La cantidad y variedad de las mencionadas impurezas en las aguas incluye desde emulsiones del aceite que pueden verse a simple vista hasta compuestos solubles en agua (orgánicos e inorgánicos) que son aportados por los mismos fluidos de lubricación y que provienen de un proceso extractivo por parte del agua de los compuestos solubles en la misma y presentes en los aceites.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos de las experiencias realizadas en el laboratorio con el fin de purificar el agua de procesos de una planta conteniendo los contaminantes típicos en emulsiones (partículas oleosas), sustancias solubles en agua provenientes del contacto del material oleoso y ácidos carboxílico utilizando un sistema que trabaja en continuo.

2-EXPERIENCIAS REALIZADAS Y RESULTADOS OBTENIDOS

COMPOSICION DE LA SOLUCIÓN A TRATAR

El aceite utilizado en las maquinarias de las plantas pasa a las aguas de procesos generando una capa de aceite que se queda en la parte superior de la solución o bien se adhiere en las paredes de los tanques. A medida que el tanque recibe nuevas soluciones se va produciendo un contacto agua/aceite que se lo puede considerar similar a una extracción por solventes. Resultado de esto y como ya se ha mencionado en las aguas residuales de las plantas impurezas típicas son las partículas oleosas, los compuestos hidrosolubles del aceites y los ácidos carboxílicos como el acético.

Con el fin de obtener en el laboratorio soluciones que contengan estas impurezas se lleva a cabo el siguiente procedimiento:

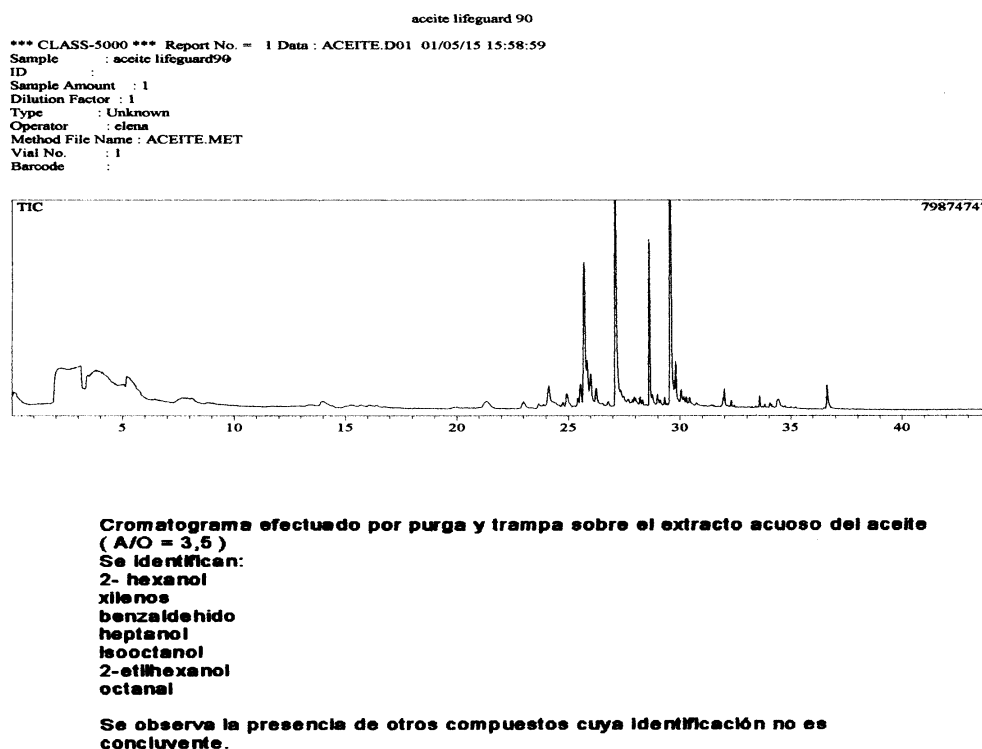
- Se contacta utilizando un agitador mecánico, durante 30 min, 1800ml de agua con 50 ml de aceite.
- Se deja decantar hasta separación neta de fases.
- Se filtra con papel de 25µm de poro.

La solución obtenida, que llamamos extracto acuoso, contiene compuestos orgánicos iónicos y no iónicos. A continuación se presenta el resultado de los análisis realizados
Na⁺: 0,26ppm, Ca²⁺: <0,02 ppm (D), Al³⁺: <1ppm (D), SO₄²⁻: 0,78±0,03ppm, Li⁺: <20 (ND)
TOC: 1.8ppm

Conductividad 18,8 µS/cm.

Espectro C-G MS del extracto acuoso como se ve en la Figura 1.

Figura 1: Espectro CG MS del extracto acuoso



Con esta solución, con y sin el agregado de ácido acético, se realizaron los ensayos experimentales. En el presente trabajo siempre que se menciona extracto acuoso se refiere a la fase acuosa obtenida como se describió.

En la Tabla 1 se dan las principales características de uno de los aceites que se utilizan en las máquinas de la industria [1].

Tabla 1:- Características del aceite

Test	ACEITE
viscosidad (40 °C), CSt	44
viscosidad (100 °C), CSt	6.4
flash point (°C)	205
drain point (°C)	-9
acidez (mg KOH/g)	0.2
estabilidad a la oxidación (hs)	> 2000

SELECCIÓN DE LA METODOLOGIA DE PURIFICACION

La solución preparada según lo descrito en el punto anterior contiene partículas oleosas, compuestos orgánicos e iónicos. La bibliografía [2]-[3], aconseja para este tipo de sistemas el uso de una combinación de procedimientos tales como filtración, adsorbentes y resinas de intercambio iónico. Los equipos utilizados y los ensayos realizados utilizando las metodologías mencionadas se presentan en los próximos puntos.

EQUIPAMIENTO UTILIZADO

Los experimentos de filtración se realizaron con membranas de diferentes poros, equipo compuesto por placa filtrante, reservorio y kitasato marca Millipore que opera al vacío.

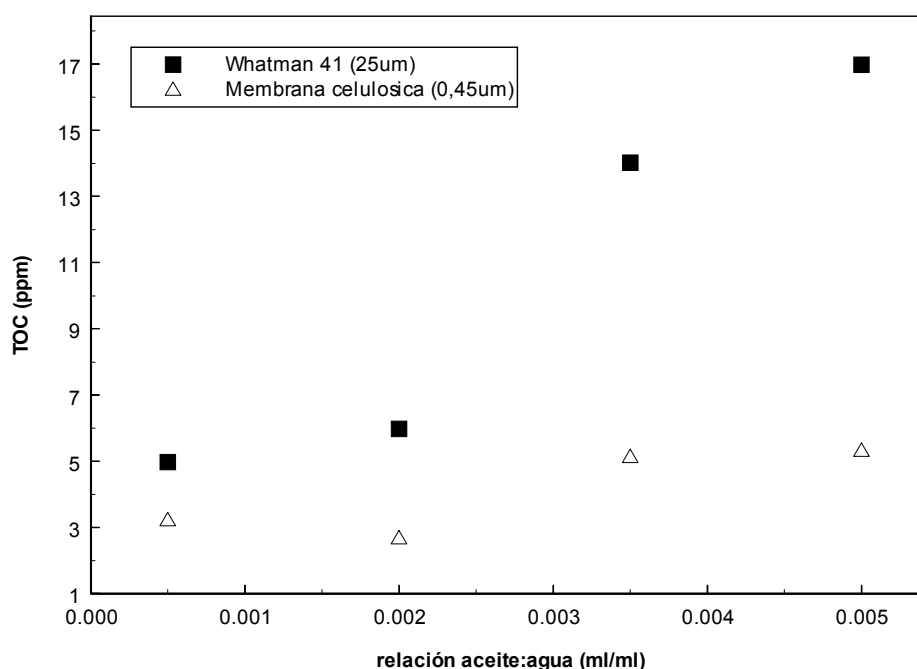
Los ensayos de lavado y adsorción en carbones así como los de lavado, carga, elución y regeneración de resinas se llevaron a cabo en columnas construídas en vidrio en forma de U de distintos diámetros (1,8; 1 y 0,8 cm), 15 cm de alto y robinete de teflon. reservorio de 5 cm de diámetro en la parte superior (asegura presión constante) con drenaje lateral

Los equipos de medición de conductividad, pH y TOC fueron marca METHROM, HANNA y SHIMADSU 5000A.

FILTRACION

La filtración fue el primer procedimiento separativo ensayado. El extracto acuoso se filtró por membranas de diferente porosidad (25 y 0,45 μ m). Los valores de concentración de carbono orgánico total (TOC) y conductividad mostraron que los compuestos hidrosolubles del aceite se transferían de la fase oleosa a la acuosa, y el análisis visual permitió afirmar que partículas oleosas eran retenidas por el filtro. La Figura 2 muestra la variación del TOC en función de las distintas relaciones aceite/agua para las membranas antes mencionadas, mostrando que a menor tamaño de poro hay mayor retención de partículas oleosas. Por otra parte la conductividad del filtrado es igual a la de la solución original lo que demuestra que los compuestos iónicos no son retenidos. Este tema será investigado en futuros trabajos.

Figura 2: Filtración del extracto aceite - agua



ADSORBEDORES

En todo tren de purificación de plantas industriales que utilice resinas de intercambio iónico se presenta una etapa previa de adsorbedor, generalmente carbón, que elimina todas las partículas de materia orgánica neutra lo que es muy importante ya que el adsorbedor evita el ensuciamiento de las resinas de intercambio iónico bajando su capacidad [4], [5],[6],[7].

Los ensayos llevados a cabo en este trabajo tuvieron como propósito establecer diferencias de comportamiento entre el carbón activado y el Ambersorb 563 en el lavado con agua y en la eficiencia para retención de las partículas de aceite. Las propiedades del Ambersorb 563 enviadas por el fabricante [8] se presentan en Tabla 2

Tabla 2: Propiedades típicas del AMBERSORB 563

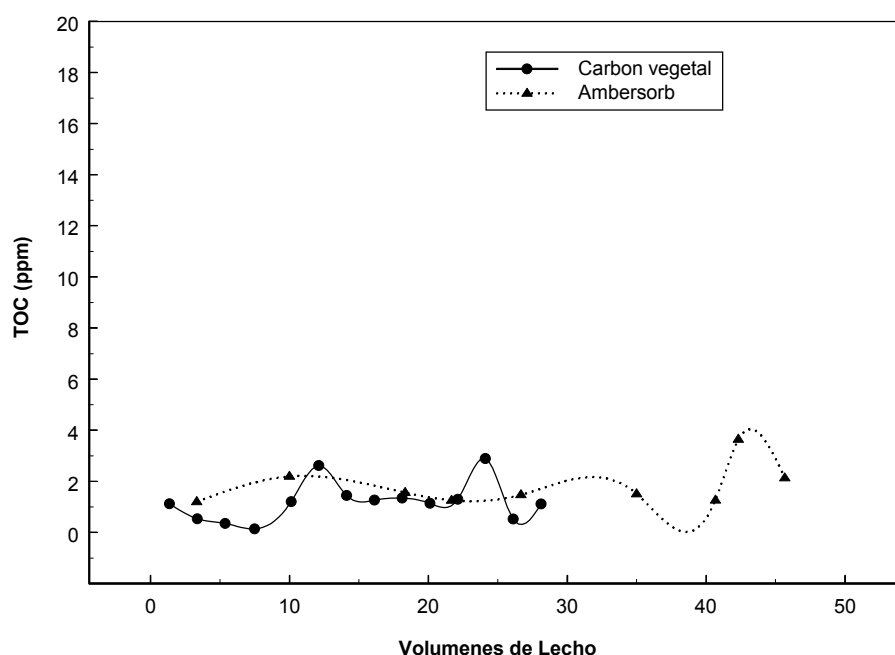
Forma física	Esferas negras
Distribución de tamaño de partícula	Malla 20-50
Diámetro medio (µm)	0.45
Area BET(m2/g:)	550
Densidad Bulk: (g/cc)	0.53
Crush Streng(g/bead).	>1000
Volumen de poros (cc/g)	0.60
Agua adsorbida	10 %

Todas las experiencias se llevaron a cabo en la columna de 1,8 cm de diámetro, con 8 ml de lecho, a una velocidad de 10 volúmenes de lecho (VL)/hora y el agua, tanto de lavado como para preparar soluciones, fue bidestilada de 1,1 µS/cm de conductividad.

Dado que este proceso de purificación es muy delicado ya que se está trabajando a niveles de impurezas del orden de las ppm ambos productos deben ser lavados con agua bidestilada antes de ser cargados con la solución a purificar. Este procedimiento tiene por objeto eliminar las impurezas presentes en el producto original. Las curvas de lavado se trazaron con los valores de TOC y conductividad. Los resultados mostraron que en el lavado no existen diferencias entre ambos productos en cuanto a valores de TOC. Pero los valores de conductividad del orden de las del agua bidestilada se alcanzan antes en el Ambersorb que en el carbón vegetal lo que indica que el Ambersorb en el procedimiento de lavado queda libre de iones antes.

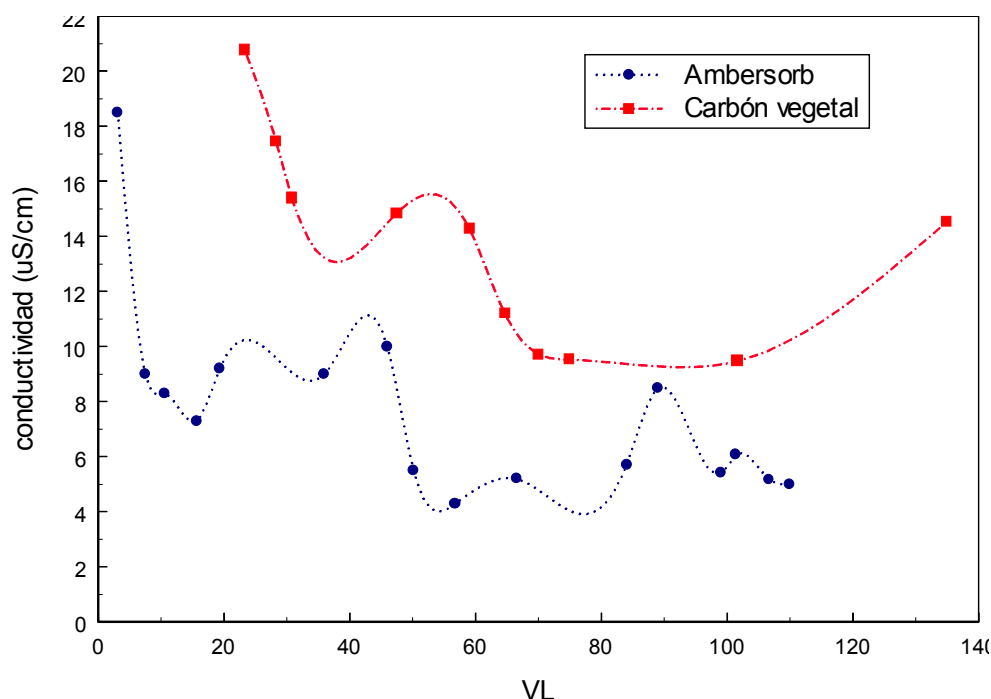
Experiencias realizadas con soluciones de aceite suspendido en agua mostraron que las partículas oleosas se retenían en ambos adsorbentes (Figura 3)

Figura 3: Variación del TOC en el efluente de carga de adsorbentes con emulsión



Las medidas de conductividad de la solución de salida prueban que los compuestos del aceite solubles en agua (los iónicos) no se retienen. (Figura 4)

Figura 4: Variación de la conductividad para la carga de adsorbedores con extracto de aceite



RESINAS

Uno de los métodos más eficaces utilizado para producir agua de alta pureza es el intercambio iónico [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16]. Los ensayos presentados en este trabajo se realizaron utilizando tres resinas: IRA 92, IRN 150 e IRA 67 y las soluciones de carga fueron ácido acético en concentraciones de 100 ppm, extracto acuoso, preparado de la forma ya descrita y soluciones mezcla de ambos.

Resina IRA 92

La IRA 92 es una resina aniónica de base débil [17] recomendada por el fabricante para ser usada en adsorción de materia orgánica. En el laboratorio se realizaron ensayos de carga de la misma con acético, extracto acuoso y mezcla de ambos. Las soluciones se prepararon de la forma descrita anteriormente. La columna utilizada fue la de 1cm de diámetro y 2.2 ml de lecho. El seguimiento de la carga se llevó a cabo midiendo la conductividad de la solución de salida. Las curvas de carga para alimentación con acético y mezcla de éste con extracto acuoso pueden verse en las Figuras 5 y 7. El extracto acuoso no se retuvo. Se concluye que esta resina no es eficiente para la retención del acético sólo, ni del extracto de aceite y como era de esperarse de la mezcla de ambos [20], [21].

Resina IRN 150

La IRN 150 es una resina de lecho mixto aniónica de base fuerte-catiónica ácido fuerte, grado nuclear [18] recomendada para descontaminación y desmineralización de aguas provenientes de circuitos de centrales nucleares, entre otros los de purificación de aguas residuales. Por esta razón fue utilizada para realizar pruebas en el laboratorio y así poder determinar como influye la presencia de extractos de aceites en la capacidad de esta resina. Los ensayos de carga se realizaron con acético, extracto acuoso y mezcla de ambos. Las soluciones se prepararon de la forma descrita

anteriormente. La columna utilizada fue de 1 cm de diámetro y 2.2 ml de lecho. El seguimiento de la carga se llevó a cabo midiendo la conductividad de la solución de salida. Las curvas de carga para cada alimentación se ven en los gráficos 5,6 y 7. Los valores de conductividad de las curvas de carga muestran que la IRN 150 es efectiva para la retención de compuestos del extracto de aceite y no tan eficiente para el acético por lo cual es importante, en el tren de purificación, el agregado de una resina de pulido final [20], [21].

Resina IRA 67

La IRA 67 es una resina aniónica de base débil con matriz acrílica [19] recomendada por el fabricante para purificar aguas con altos contenidos en materia orgánica ya que posee alta capacidad de retención de la misma. Los ensayos de carga se realizaron con acético, extracto acuoso y mezcla de ambos. Las soluciones se prepararon de la forma descrita anteriormente. Se utilizó una columna de 0,8 cm de diámetro y 2 ml de volumen de lecho. El seguimiento de la carga se llevó a cabo midiendo la conductividad de la solución de salida. Las curvas de carga para cada alimentación se ve en los gráficos 5 y 7. De las mismas se desprende que esta resina es altamente eficiente para retener ácido acético, a pesar que su capacidad se ve disminuía cuando está en presencia de extracto acuoso.

Ensayos de carga con extracto acuoso muestran que este no se retiene ya que la conductividad del efluente en 10 VL alcanza la conductividad de la alimentación. [20], [21].

Los resultados obtenidos del estudio de cada uno de los productos en forma individual permitieron evaluar el comportamiento de adsorbedores y resinas frente a aguas residuales que contienen partículas oleosas, compuestos existentes en el aceite y solubles en agua y un ácido carboxílico como el acético muy común en plantas industriales. De la evaluación se desprende que:

- La filtración es un procedimiento muy eficaz para la separación de partículas oleosas y que ensayos de microfiltración deben tenerse en cuenta a futuro para ensayar la separación de los compuestos solubles presentes en el aceite-
- Los adsorbedores estudiados son eficientes retenedores de partículas oleosas no así los compuestos presentes en el extracto acuoso.
- La resina IRA 92 no es eficiente para el sistema estudiado.
- La resina IRN 150 es eficaz para retener extracto acuoso
- La resina IRA 67 es eficaz retenedora de ácido acético.

Figura 5: Carga de las resinas con ac. Acético 100ppm

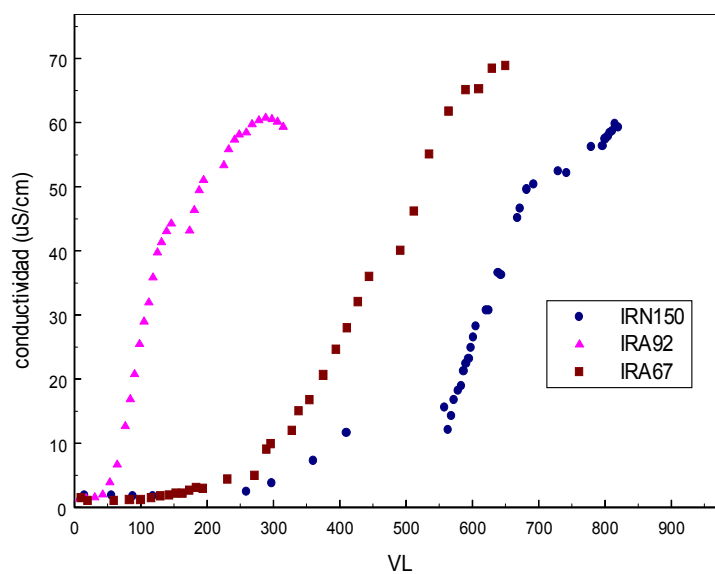


Figura 6: Curva de carga de la resina IRN 150 con extracto acuoso

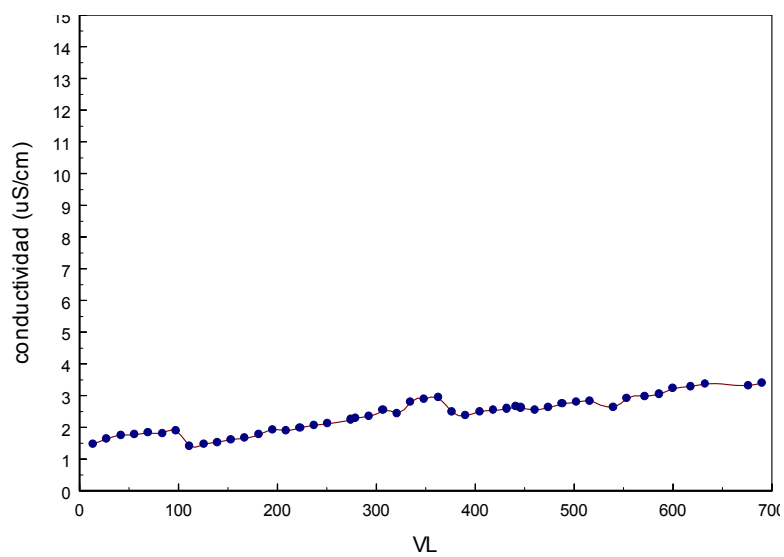
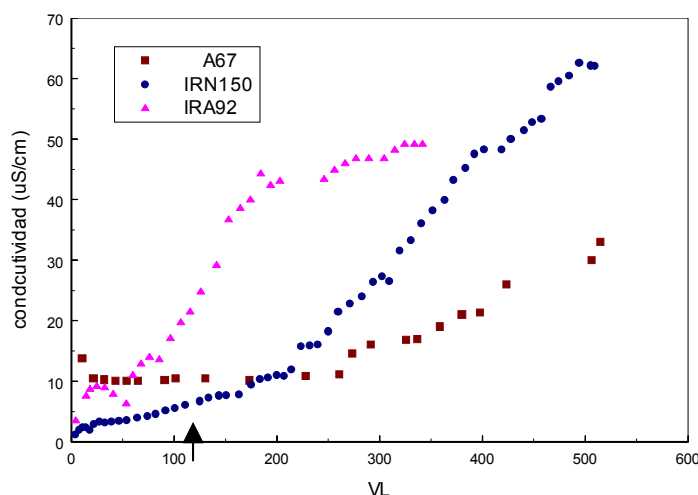


Figura 7: Carga de la resina con mezcla extracto de aceite-acético



EXPERIENCIAS DE PURIFICACION EN CONTINUO

Sobre la base de los resultados y conclusiones de los trabajos anteriores se diseñaron las experiencias de purificación en continuo. El equipamiento consistió en 3 columnas, cargadas con carbón activado, resina de lecho mixto (IRN 150) e IRA 67 respectivamente (Figuras 8 y 9) con lechos de 3ml y la velocidad de carga de 40 VL/h.

Se realizaron ensayos con el sistema descrito en continuo con solución de alimentación consistente en ácido acético (100 ppm) y mezcla de extracto de aceite – ácido acético (100 ppm).

Para la preparación del sistema las columnas C, M y P (Figura 9) se llenaron con 3 ml de carbón activado, 3 ml de resina de lecho mixto (IRN 150) y 3 ml de resina aniónica (IRA 67) respectivamente. Los lechos se lavaron en batch y luego en la columna a una velocidad de 10 VL/h;

El volumen de lecho seleccionado para trabajar en continuo fue el mismo en las tres columnas (40 VL/h). Los caudales fueron regulados cuidadosamente en forma manual para lograr un estado estacionario en todo el sistema. La solución de carga fue pasada por los lechos en el orden descrito; la alimentación de cada columna era la salida de la anterior. El efluente de cada columna fue recogido en un vaso de precipitados para ser transferido a la siguiente.

A la salida del lecho de carbón se colocó un filtro de papel banda negra de 25 µm, para retener las partículas que podrían llegar a salir del lecho y así evitar que entren en la columna siguiente y perjudiquen su comportamiento.

Para llevar a cabo el seguimiento de la carga se midió la conductividad a la salida de cada columna.

Las Figuras 10 y 11 muestran las curvas de carga

Figura 8: Esquema de la columna utilizada

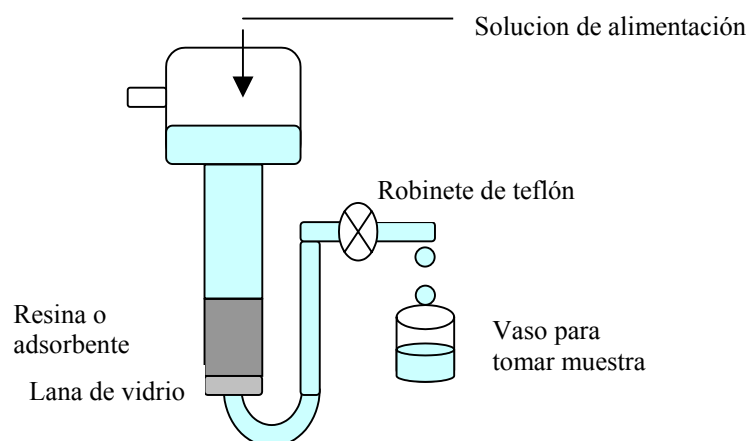


Figura 9: Equipamiento de purificación

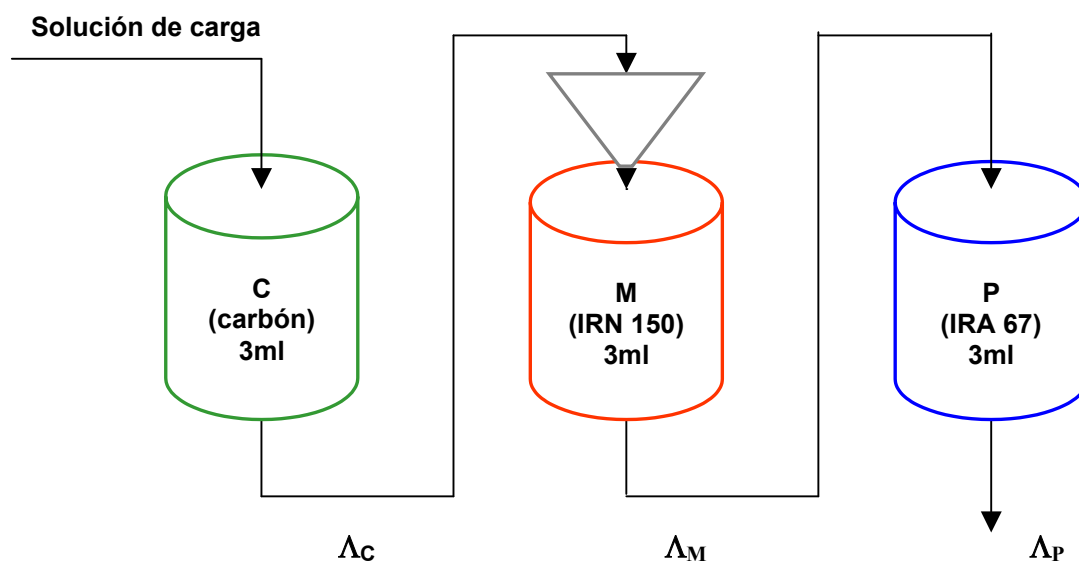


Figura 10: Curva de carga con ácido acético 100 ppm

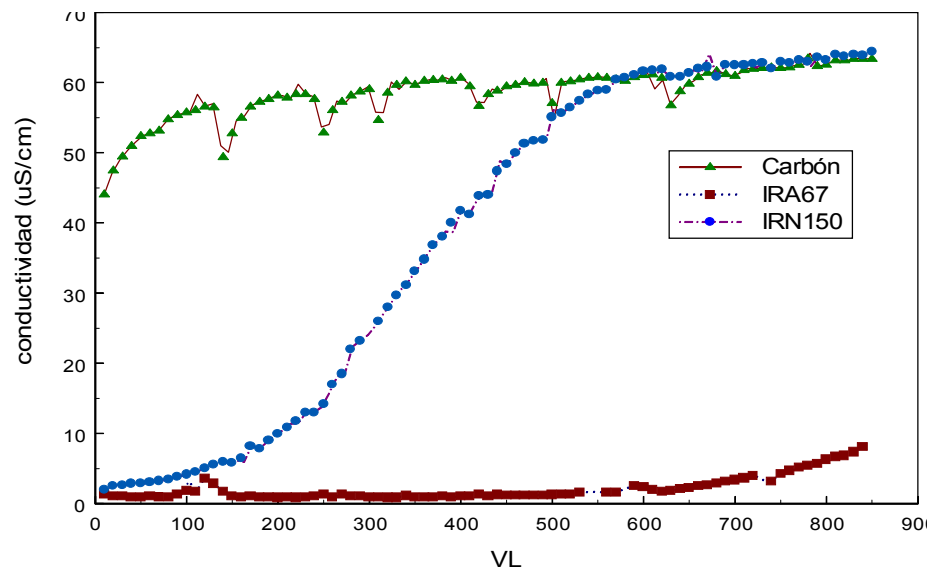
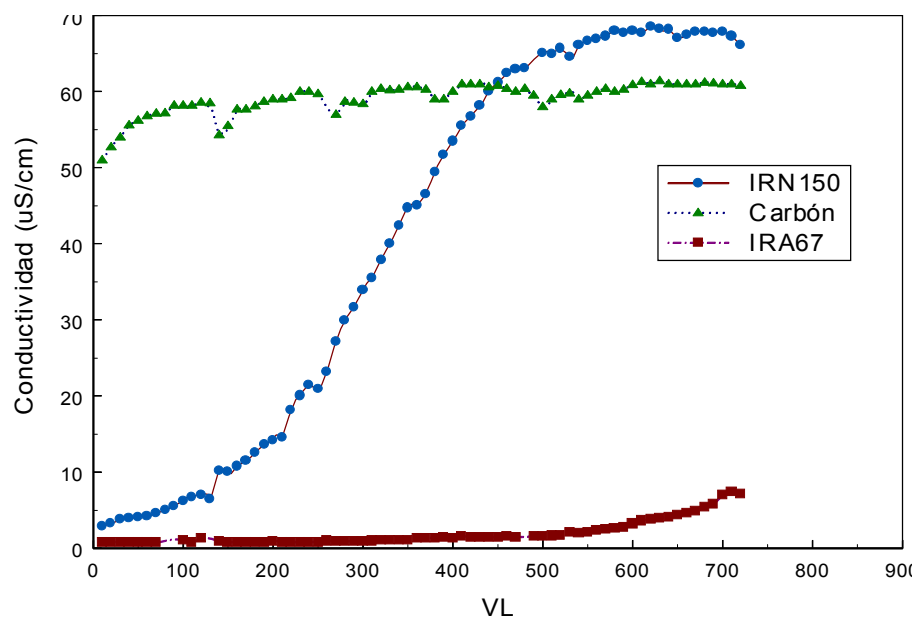


Figura 11: Curva de carga con ácido acético y extracto acuoso



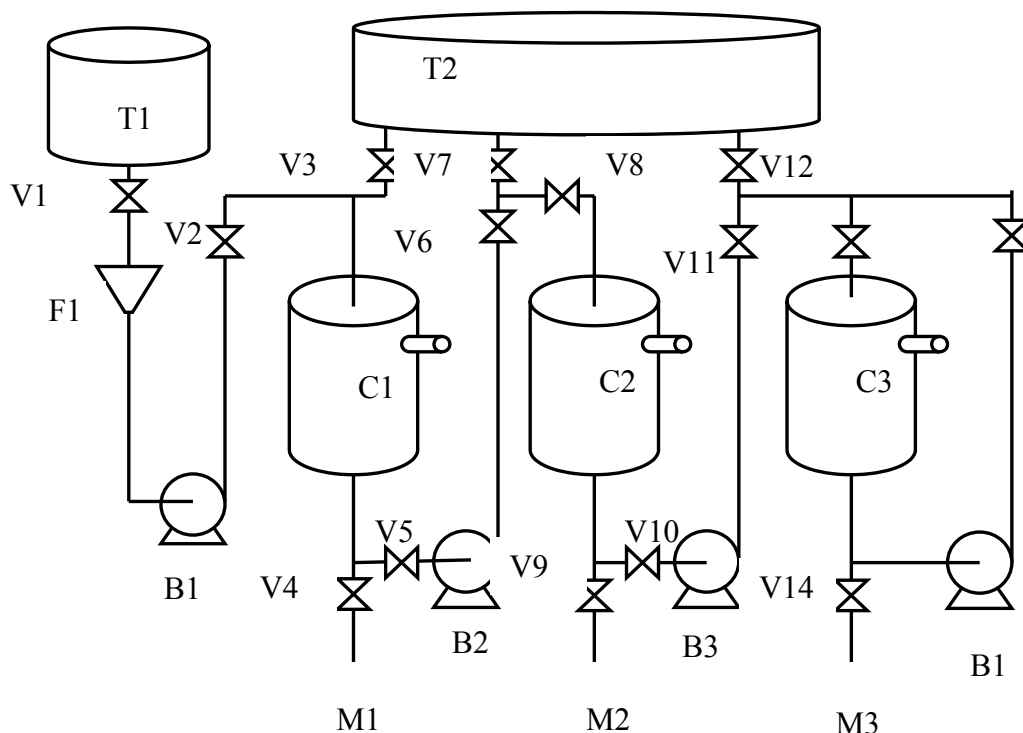
Los resultados presentados para esta secuencia en continuo son similares a los obtenidos para cada producto en forma individual es decir que se corrobora que los compuestos iónicos presentes en el extracto acuoso son retenidos por la resina de lecho mixto y el acético es retenido parcialmente por la resina de lecho mixto y totalmente por la IRA 67. La retención de compuestos contenidos en el extracto acuoso fue corroborada además de las mediciones de conductividad por el espectro CG-MS de la solución de efluente de la resina proveniente de la carga.

3-EVALUACION ECONOMICA DE UN SISTEMA DE PURIFICACION DE AGUAS QUE PROCESA 12 L/HORA Y CONTENGA COMO IMPUREZAS PARTICULAS OLEOSAS, COMPUESTOS HIDROSOLUBLES PROVENIENTE DE ACEITES Y ACIDOS CARBOXILICOS.

Con la información obtenida de las experiencias de laboratorio se diseñó una planta piloto de purificación de agua de procesos industriales. El objeto de diseñar una planta de estas características es que su construcción y puesta en operación permitiría realizar ensayos que simulen problemas que pueden presentarse en los circuitos de purificación de aguas de las diferentes industrias (entre las que se encuentran las centrales nucleares). El cálculo de costos se presenta con el fin de mostrar su factibilidad económica y haya preparada una respuesta rápida ante cualquier requerimiento

El proceso de purificación consta de cuatro etapas con funcionamiento en continuo. Esta planta permite procesar 12 l/h utilizando lechos de 300 ml. En la Figura 12 se observa un diagrama de flujo de la instalación. Con el fin de dar claridad al esquema no se presentan los reservorios a la salida de las columnas.

Figura 12: Diagrama de flujo completo de la instalación.



T1: tanque de alimentación
T2: tanque de agua bidestilada
C1: columna de carbón activado
C2: columna de resina IRN 150
C3: columna de resina IRA 67

B1, B2, B3: bombas
F1: filtro
M1, M2, M3: tomanuestras
V1-V14: válvulas

Para preparar el sistema, se trabaja con cada columna en forma individual. Las columnas son lavadas con agua bidestilada y cargadas posteriormente manualmente.

La fluidización de cada lecho es manual y se lleva a cabo cerrando las válvulas V1, V2, V3, V4, V8, V9, V13, V14 (manteniendo abiertas las demás) y operando las bombas al revés. En esta etapa se utiliza la bomba B1 para fluidizar el lecho de IRA 67.

Para la etapa de lavado se cierran las válvulas V1, V2, V5, V6, V10, V15. . En esta etapa no es necesario accionar las bombas, ya que el tanque de agua se colocará a una altura tal de asegurar el caudal de lavado requerido por efecto de la gravedad.

La carga del sistema se realiza con la bomba B1 puesta a la entrada de la primera columna. Se cierran las válvulas V3, V4, V7, V9, V12, V15. La toma de muestras se lleva a cabo abriendo las válvulas V4 o V9 (según si se quiere analizar la salida de la columna C1 o C2 respectivamente) el tiempo suficiente para tomar una muestra representativa de aproximadamente 200 ml.

COSTOS DE INVERSION

Instalaciones

Por existir en la CNEA, no se contemplan en la evaluación espacio para las instalaciones y equipamientos tales como: agua corriente, bidestilador de cuarzo, agitador, rack, conductímetro.

Equipamiento

La elección de las bombas se realizó teniendo en cuenta el caudal (que debe ser constante) y el tipo de fluido circulante. Sobre esa base se seleccionó una bomba peristáltica con 3 cabezales.

Las columnas conteniendo los lechos de resina y carbón construidas de acrílico tendrán una capacidad de 500ml lo que permite la fluidización de los lechos. Las dimensiones de las columnas son: diámetro interno de 3,4 cm, y una altura de 55 cm. Presentan un drenaje lateral, cuyas funciones son evitar desbordes y permitir que el agua de la fluidización salga de la columna y en la salida de cada una se coloca un tomamuestras consistente en un tramo de tubería y una válvula; este mismo tramo permite la salida del agua de lavado.

Los tubos que transportan la solución acuosa y el agua bidestilada serán de silicona, material de fácil limpieza y que no se contamina fácilmente con las soluciones con las que se trabajará.

Los tanques de agua bidestilada y la solución de alimentación serán de polipropileno de alta densidad, con tapa y canilla. Se utilizarán tanques de 100 l para el agua bidestilada y para la solución de alimentación. Para la preparación de soluciones y reservorio de los líquidos que salen de las columnas los tanques serán de 50L

A la entrada de la columna del lecho de carbón se debe colocar un filtro con el fin de retener las partículas oleosas más grandes contenidas en la solución. siendo un modelo de filtro adecuado para tal fin el MPP-344 de METPOR S.A.de acero al carbono, con conexión de $\frac{3}{4}$ “ y un elemento de retención de papel filtrante plisado de 5 micrones.

Dado que las válvulas son sólo para bloquear o dejar pasar los líquidos se consideró que las mismas debían ser de PVC.

Ninguno de los equipos utilizados requiere diseños especiales, ya que las experiencias se realizarán a presión y temperatura ambientes.

Cálculo del costo total

En la tabla 3 se muestra un detalle de los costos del equipamiento y accesorios descriptos en los párrafos anteriores.

Tabla 3: Costo de inversión total

Equipo	Precio (U\$S)
Bombas	1437
Columnas	92
Tubos (50m)	100
Tanques 50l (3)	82
Tanques 100l (3)	120
Filtros	415
Válvulas	500
Conductímetro	600
Lana de vidrio 500g	94
Varios	500
Material de oficina	100
Total	4041

Varios: conectores, membranas para filtración, vasos de precipitado, frascos para tomar muestras

COSTOS DE OPERACION

En este cálculo no se incluyen las horas hombre del personal. A partir de los gráficos de carga en continuo se calcularon los litros de resinas y carbón que se requieren por litro de solución a purificar. La consideración de fundamental en la cual se basa es que la resina IRN 150 se retira del circuito en el punto de aparición de las impurezas (break-through). Se considera que los productos no se regeneran. Los costos que involucran estas consideraciones se contemplan en el cálculo. La Tabla 4 muestra las cantidades y precios de los insumos necesarios para la instalación que procese una solución de la composición presentada en este trabajo

Tabla 4: Cantidades y precios de los insumos necesarios

Insumo	Costo	Cantidad	Precio total (U\$S/h)
Carbón activado	2,4 U\$S/kg	0,14 kg/h	0,34
Resina IRN 150	12 U\$S/l	0,7 l/h	8,40
Resina IRA 67	12 U\$S/l	0,005 l/h	0,06
Energía	0,1 U\$S/kWh	0,65 kW	0,06
		Total	8,80

Ensayos de regeneración de las resinas IRN 150 e IRA 67 para dos ciclos se realizaron en el laboratorio lográndose en ambos casos recuperar la resina con la capacidad original. Futuros

ensayos estarían orientados realizar numerosos ciclos con los mismos materiales. Resultados positivos en esta línea permitiría el reuso de la resina lo cual prácticamente evitaría en pensar en la disposición final de estos productos.

CRONOGRAMA

Se calcula que el tiempo requerido, a partir de la disponibilidad del dinero para la compra de insumos, materiales, armado de equipos y puesta en marcha de la instalación es de 2 meses.

4- CONCLUSIONES

Los estudios teóricos y experimentales realizados permitieron evaluar el comportamiento de filtros, adsorbentes y resinas frente a una solución de una cierta composición, similar a la de efluentes en una industria de procesos. La solución estudiada contiene partículas oleosas, compuestos del aceite solubles en agua y un ácido carboxílico (ácido acético).

De los resultados experimentales se concluye:

La filtración con un tamaño de poro de 0,45 μm es un procedimiento muy eficaz para la separación de partículas oleosas.

Los adsorbentes estudiados (carbón vegetal y Ambersorb 563) retienen las partículas oleosas, pero no los compuestos de aceite solubles en agua ni ácido acético.

La resina IRA 92 no es eficiente para la retención de las impurezas estudiadas, por lo tanto, no se recomienda su uso para purificación de aguas de estas características.

La resina IRN 150 es capaz de retener los compuestos solubles en agua del aceite, además del ácido acético. Su uso resulta un procedimiento muy útil para purificar estas aguas.

La resina IRA 67 no retiene los compuestos iónicos del aceite solubles en agua. Sin embargo, la presencia de los mismos no altera la capacidad de la resina para el ácido acético.

Los ensayos en continuo del sistema compuesto por las etapas de filtración (con membrana de poro 25 μm), adsorción en carbón activado, intercambio iónico con las resinas IRN 150 e IRA 67 mostraron que esta secuencia es eficaz para tratar agua con las impurezas mencionadas, obteniendo un efluente con las características del agua pura.

El diseño de una planta piloto como la presentada es de importancia para realizar ensayos que simulen las condiciones operativas de una industria que lo requiera y aconsejar el procedimiento adecuado para purificar aguas.

La evaluación económica para una planta piloto que permita procesar 12 l/h de agua industrial, determinó un costo de inversión de 4041 U\$S y de operación de 8,90 U\$S/h.. La eficiencia del sistema es de 2380 l de solución tratada /l resina IRA 67. El beneficio de la construcción y operación de esta planta piloto es que permite simular las condiciones operativas industriales con bajo costo.

5-BIBLIOGRAFIA

- [1] YPF, Circular técnica, CT N°515
- [2] Purificación de agua, Principios básicos, Millipore
- [3] Nickerson, McClain, Bukay, Semiconductors: investigation of severe flux decline in a two – pass ca/thin – film composite membrane RO system, Ultrapure Water, May/June 1994, 26-33
- [4] Meltzer, Pretreatment of water, Chapter 7 and 8, 303-348 349-419
- [5] W. Collentro and A. Collentro, Carbon: qualifying the use of activated carbon in high-purity water systems, Ultrapure water, April 1997, 43-50
- [6] Giusti, Conway and Lawson, Activated Carbon adsorption of petrochemicals, Journal Water Pollution Control Federation, vol 46, No5, May 1974, 947-965
- [7] Alther, Stormwater treatment, WE&T, 31-34, Oct 2001
- [8] Ambersorb 563, FORM 18537, 01/2000, Rohm and Haas
- [9] M. Rigola Lapeña, Tratamiento de Aguas Industriales, Aguas de Proceso y Residuales, Alfaomega marcombo, 1999
- [10] GRD 2000 – Pure Water Design Guide
- [11] Morelli, Basic principles of water treatment, Chp 14, Ion exchange, 151-169
- [12] Gottlieb and Meyers, Ion exchange: new advances in the production of ultra-low TOC effluents with virgin resins, Ultrapure water, march 2001, 61-65
- [13] Chiaverini, Sharpe and Ito, Ion exchange: improvements to final polish mixed-bed resin for semiconductor high-purity water, Ultrapure water, July/August 2001, 42-50
- [14] Collentro, William, Back to basics: pretreatment – activated carbon filtration, Ultrapure water, Sep/Oct 1985, 24-29, part 2: Nov/Dec 1985, 45-48
- [15] Nickerson, McClain, Bukay, Semiconductors: investigation of severe flux decline in a two-pass ca/thin-film composite membrane RO system, Ultrapure water, May/June 1994, 26-33
- [16] Deionization, Ultrapure Water, Jan 2002
- [17] IRA 92, Product Data Sheet, PDS 0516A, Sep 95, Rohm and Haas, Biosix SA
- [18] IRN 150, Product Data Sheet, PDS 0392A, Dec 94, Rohm y Haas, Biosix SA
- [19] IRA 67, Product Data Sheet, PDS 0226A, Oct 95, Rohm and Haas, Biosix SA
- [20] Chocrón M., Becquart E., La Gamma A.M., Schönbrod B., Allemandi W., Fernández N. y Ovando L., 2002, “Support on water chemistry and processes for NPPs auxiliary systems”, Water Chemistry in Nuclear Reactor Systems, Societe Française Energie Nuclaire, Avignon, Francia.
- [21] M. Chocrón, B. Schönbrod, A.M. La Gamma, “Empleo de Filtros, Adsorbedores y Resinas de Intercambio Iónico para Tratamiento de Aguas Residuales de Proceso contaminadas con Aditivos de Aceites Lubricantes”, 9th Latin American Congress in Heat and Mass Transfer” San Juan, Puerto Rico (Oct 2002)