

Reducción de los residuos líquidos en el Sector de las Artes Gráficas

Autor principal: Isabel Rodríguez García

Institución: Centro de Innovación Tecnológica para las Artes Gráficas (Departamento de Medio Ambiente) CITAGM

Teléfono: 91 859 64 22

E-mail: marcom@citagm.com

Otros autores: Rubén Villalba Rubio

INTRODUCCIÓN

Las empresas de artes gráficas vienen mostrando un elevado interés en realizar una correcta gestión medioambiental. Dicho factor, cada vez juega un papel más importante en la competitividad de las empresas. La sociedad es cada día más sensible al problema del deterioro del entorno, el agotamiento de los recursos naturales, la desaparición de las especie, etc. y la Administración elabora y aplica una legislación cada vez más restrictiva.

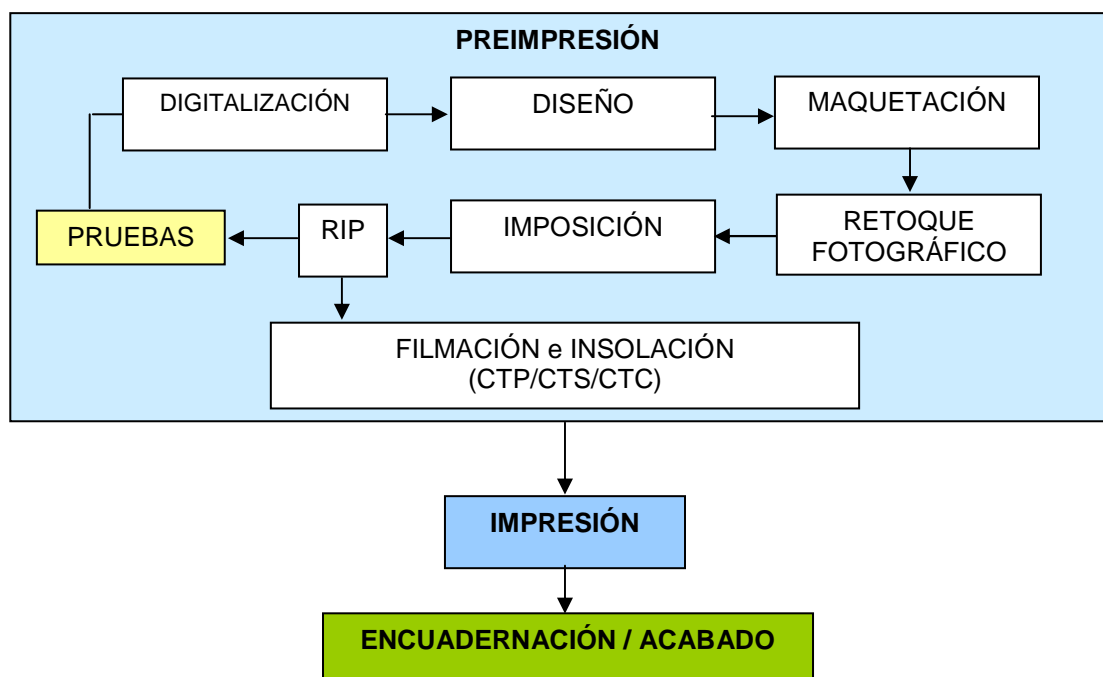
El planteamiento tradicional de los organismos públicos, que se basaba en medidas correctivas para asegurar el control medioambiental, ha sido sustituido por un enfoque basado en la prevención de la contaminación en lugar del control de la misma.

Así en 1996, en aplicación del Principio de Prevención, la Unión Europea aprobó la “Directiva 96/61/CE, del Consejo de 24 de septiembre, relativa a la prevención y control integrados de la contaminación” (IPPC). Esta Directiva fue transpuesta a la legislación española por el “Ley 16/2002 de 1 de Julio, de Prevención y control integrados de la contaminación”.

El Centro de Innovación Tecnológico para las Artes Gráficas CIT-AGM, consciente del interés de las empresas del sector y de las crecientes demandas medioambientales, ha realizado un amplio estudio sobre la prevención y control integrados de la contaminación para el sector de artes gráficas, analizando los distintos tipos de residuos que se generan en dicho sector y contemplando las distintas posibilidades de minimización de los residuos líquidos, objeto de esta comunicación técnica.

1. PROCESOS PRODUCTIVOS EN LA INDUSTRIA GRÁFICA

En general las etapas que conforman el proceso de producción de la industria de las artes gráficas son las siguientes:



2. ESTUDIO DE LAS MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES PARA LA REDUCCIÓN DE LOS RESIDUOS LÍQUIDOS LOS PROCESOS DE IMPRESIÓN

En la industria gráfica se generan distintos residuos con motivo de su proceso productivo (restos de disolventes líquidos, reveladores y fijadores, trapos contaminados, restos de colas, restos de tintas...), así como emisiones de COVs.

Tomando como referencia el documento BREF (Documento de referencia para establecer las Mejores Técnicas Disponibles en actividades de tratamiento de superficies que empleen disolventes orgánicos) hemos seleccionado aquellas técnicas que resulten apropiadas y aplicables para reducir la cantidad de residuos líquidos en las industrias del sector gráfico.

2.1 Reutilización de Tintas ya empleadas para otros trabajos de impresión:

Descripción: Las tintas en base disolvente y en base agua que quedan restantes tras un trabajo de impresión pueden ser re-utilizadas. No obstante, para poder ser utilizadas con eficiencia, éstas no deben diluirse demasiado ni ser contaminadas con los disolventes de limpieza (si estos son diferentes del diluyente empleado en la propia tinta). Las tintas en base agua que se contaminan con cualquier tipo de disolvente de limpieza no se pueden reutilizar en absoluto.

Para evitar la contaminación de la tinta sobrante, las partes de la prensa que contienen esta tinta han de ser vaciadas tan rápido como sea posible antes de limpiar la prensa con los disolventes de limpieza.

Beneficios ambientales alcanzados: En los procesos que emplean tintas en base disolvente, la cantidad de tinta residual a ser eliminada se puede reducir en un 30 – 50 %, reduciéndose, por tanto, también el gasto de tinta fresca necesaria.

En general, se puede reutilizar una mayor cantidad de tintas en base disolvente que de tintas en base agua.

Efectos adversos: Ninguno

Aplicabilidad: Esta técnica es aplicable tanto en los procesos de heat-set offset como en los procesos de impresión de publicaciones por huecograbado, en donde generalmente sólo se emplean cuatro tipos de colores standard. En estos procesos, la misma tinta puede ser utilizada en trabajos consecutivos, manteniéndose la misma en la prensa. La re-utilización de tintas sólo presenta problemas cuando se mezclan tintas de colores especiales para trabajos específicos, como ocurre en la impresión de embalaje por flexografía.

Costes económicos: Se logra un ahorro económico gracias a que es necesario un gasto de tinta fresca menor, y los costes de gestión de la tinta residual, al reducirse la cantidad producida de la misma, también serán menores.

2.2 Bombeo directo de tinta o pintura desde almacén

Descripción: La tinta o la pintura se transporta desde el almacén a las prensas directamente a través de un sistema de bombeo.

Beneficios ambientales alcanzados: Se producen menos residuos de tintas y pinturas, menos contenedores y herramientas a emplear y limpiar, y menor emisión de COVs, ya que se reduce de forma considerable el empleo de disolventes de limpieza. Se puede alcanzar un nivel de tintas residuales para las plantas heat-set de hasta menos del 1 % en peso de la tinta total adquirida.



Fig: Imagen de un equipo de bombeo automático de tinta en una rotativa común.

Fuente: http://www.la-razon.com/versiones/20050626_005219/nota_277_182999.htm

Efectos adversos: Ninguno

Datos operativos: El sistema de bombeo directo se suele emplear en grandes plantas de impresión, en las que se compran y almacenan grandes contenedores de tintas.

Aplicabilidad: Esta técnica es aplicable en plantas que tengan un consumo suficiente de tinta para compensar el costo del sistema de bombeo. Generalmente se emplea en grandes plantas de impresión por heat-set offset, y en plantas de impresión de publicaciones por huecograbado. En plantas flexográficas no suele resultar rentable, ya que se emplean muchos tipos distintos de colores, que vienen contenidos en envases de menor tamaño.

Costes económicos: La instalación de un sistema de bombeo suele incurrir en un gasto considerable, por lo que hay que tener en cuenta que esta técnica es rentable para aquellas empresas que empleen grandes cantidades de tinta.

Razones de implementación: A pesar de lo resaltado en el punto anterior, el costo de la instalación de un sistema de bombeo se ve compensado en gran medida por un ahorro también importante de disolventes de limpieza, máquinas de lavado y gestión de contenedores vacíos, ahorro que puede llegar a superar el costo de esta instalación en muchos casos.

Por tanto, se debe evaluar de forma muy favorable esta técnica, sobre todo teniendo en cuenta los beneficios ambientales que pueden lograrse mediante la implantación de la misma.

2.3 Filtración y Reciclado de la solución de humectación

Descripción: Un sistema de circulación que incluya una unidad de filtrado puede aumentar el ciclo de vida de la solución de humectación.

Beneficios ambientales alcanzados: Se consigue consumir una menor cantidad de agua y producir menos agua residual.

Efectos adversos: La técnica de filtrado es un proceso que requiere el consumo de energía.

Aplicabilidad: Este sistema es aplicable a todas las plantas de impresión offset.

2.4 Sistema centralizado para distribución de soluciones de humectación

Descripción: Las soluciones de humectación son preparadas, monitoreadas, refrigeradas y filtradas en la misma unidad, y se distribuyen a todas las prensas de la planta. Con este sistema, los contenedores de la solución de humectación de cada prensa se vacían automáticamente cuando la prensa no está trabajando.

Beneficios ambientales alcanzados: Se consigue una dosificación más exacta de aditivos. Y el filtrado y el reciclaje son más eficientes. Esto conduce a un menor gasto de energía y materias primas, y a un menor consumo de agua.

Si se emplea IPA, la implementación de esta técnica también conduce a que se produzcan menos emisiones de este compuesto a la atmósfera. No obstante, la concentración de IPA (o de cualquier otro sustituto) se ajustará a la prensa que necesite la mayor cantidad del mismo.

Datos operativos: Algunas plantas emplean agua desmineralizada para mejorar aún más el control de la calidad de la solución de humectación.

Aplicabilidad: Esta técnica es mayoritariamente aplicable a plantas de impresión heat-set de gran tamaño.

Costes económicos: La instalación de esta técnica en nuevas plantas o en plantas donde estén instaladas algunas prensas nuevas no es demasiado cara. Sin embargo, los costes de adaptación o modificación de las instalaciones más antiguas serían más elevados.

Razones para su implementación: Esta técnica es aplicada porque permite una mejora importante en el control de calidad.

2.5 Desmineralización del agua de la solución de humectación

Descripción: El empleo de agua desmineralizada en la solución de humectación facilita la determinación de la cantidad de aditivo que debe ser añadido a la misma. Esto conduce a mejorar la calidad de la solución de humectación.



Beneficios ambientales alcanzados: Se emplean menos materias primas, y, por tanto, se producen menos emisiones a la atmósfera.

Efectos adversos: La desmineralización del agua es un proceso que requiere el consumo de energía

Aplicabilidad: Las grandes plantas de impresión heat-set offset emplean esta técnica como medida complementaria al sistema de alimentación central de solución de humectación descrito en el apartado anterior.

Fig: Imagen de un equipo de desmineralización de agua.

Fuente: http://www.salvadorsule.com/id_espanyol/productos_medioambiente2.htm

Costes económicos: Técnica de bajo coste económico.

Razones para su implementación: Mejora del control de calidad.

2.6 Optimización de la calidad del agua de la solución de humectación.

Descripción: La dureza del agua es un factor que varía dependiendo del terreno en el que se halle instalada la planta. Este factor influye en gran medida en la calidad de la solución de humectación y en su grado de emulsificación en la tinta. Empleando un sistema de alimentación de agua que incluya filtrado, suavizado, ósmosis inversa y sistema de balance de dureza, es posible obtener el agua de alimentación apropiada para la solución de humectación.

Por ejemplo, el contenido en calcio del agua de alimentación puede ser reducido mediante la ósmosis inversa, ajustando de esta manera la dureza del agua a un valor óptimo. (Un valor óptimo de dureza del agua se encuentra comprendido entre los 70 y los 140 ppm de carbonato cálcico, (CaCO_3))

Beneficios ambientales alcanzados: Mediante la optimización de la dureza del agua a emplear en la solución de humectación, se consumen menos aditivos y en caso de que se emplee, menos IPA. También se consume menos agua debido a que se producen menos erratas. El evitar las erratas reduce asimismo el consumo de materias primas y energía.

Efectos adversos: La ósmosis es un proceso que requiere el consumo de energía

Aplicabilidad: Aplicable a todas las plantas de impresión por offset

2.7 Sistemas de limpieza automática para el cilindro de impresión y el cilindro de caucho.

Descripción: Los rodillos de impresión y de caucho se limpian generalmente de forma automática en las grandes plantas de impresión heat-set offset.

En la mayoría de las máquinas, los agentes de limpieza se recogen y son tratados o desechados. Otras máquinas emplean una tela fina que es transportada con ayuda de los cilindros. El agente de limpieza es rociado sobre esta tela, o la tela se humedece con el agente de limpieza. Las máquinas que emplean trapos para la limpieza consumen menos disolventes de limpieza que el resto; sin embargo, los trapos han de ser almacenados y tratados cuidadosamente para prevenir emisiones incontroladas.

Otro sistema empleado (aunque de forma minoritaria) es rociar al carrete de papel con el agente de limpieza de forma que al circular entre los cilindros, estos se limpien.

Beneficios ambientales alcanzados: Mediante la limpieza automática se puede consumir hasta un 10 % menos de agentes de limpieza que con la limpieza manual. También se emplean menos trapos, y, por tanto, disminuye la cantidad de residuos generados.

La limpieza automática acarrea numerosos beneficios tanto ambientales como de seguridad y salud, ya que al emplearse menos disolventes para realizar la limpieza disminuyen también las emisiones de los mismo y, por tanto, la exposición de los operarios a estos vapores contaminantes.

Efectos adversos: La limpieza automática requiere del consumo de energía. Aunque se producen menos residuos sólidos porque se emplean menos trapos, se producen más residuos líquidos en forma de disolvente de limpieza contaminado. Sin embargo, este residuo líquido se puede filtrar, el disolvente puede ser re-utilizado y la parte acuosa se puede verter por el sistema de alcantarillado.

Datos operativos: La limpieza automática es actualmente de empleo habitual, y, por tanto, existen sistemas de limpieza automática standard.

Algunas veces, los disolventes de limpieza contaminados son absorbidos por el papel, y, por tanto, eliminados junto con éste. En algunas plantas este papel contaminado se hace pasar por un horno con el objetivo de que las emisiones de los disolventes producidas sean tratadas por el sistema de tratamiento del gas residual.

Aplicabilidad: Este sistema es aplicable tanto en plantas nuevas como en plantas existentes.

Costes económicos: Para plantas nuevas, los costes de instalación de estos sistemas de limpieza automática son mucho menores que para plantas existentes. Los costes de operación se reducen debido a que se emplea menos tiempo para efectuar la limpieza (ahorro en tiempo productivo), así como por un menor consumo de disolventes de limpieza y una generación menor de residuos.

Por tanto, la reducción de costes que se produce compensa la inversión económica realizada. Esto es cierto para grandes plantas que empleen grandes prensas, o varias prensas pequeñas.

2.8 Eliminación de disolventes de trapos y paños antes de su transporte

Descripción: La mayoría de los disolventes contenidos en los trapos y los paños de limpieza se eliminan mediante un drenaje, un escurridor, o un extractor centrífugo antes de proceder al transporte de los trapos.

Beneficios ambientales alcanzados: Los disolventes recuperados se pueden emplear para la limpieza, o, si están muy sucios, pueden destilarse y ser reutilizados. De esta manera, se necesitan transportar menos peso.

Efectos adversos: Se producen emisiones debido al proceso de eliminación de disolventes de los paños

Aplicabilidad: Esta técnica es aplicable en todas las industrias que empleen trapos para la limpieza de disolventes. Los trapos pueden ser tanto re-usables como desechables.

2.9 Recuperación de disolventes de limpieza residuales mediante destilación.

Descripción: Los disolventes residuales empleados para la limpieza se pueden destilar y reutilizar. Existen equipos para la operación específica del destilado de estos disolventes.



Cuando se aplican sistemas de limpieza de grasa o de purgado, se emplean disolventes para limpiar este sistema después de cada cambio de color. Los equipos modernos de suministro de tintas ya llevan incorporados equipos de recuperación de estos disolventes.

Beneficios ambientales alcanzados: Los beneficios ambientales conseguidos mediante esta técnica son muy importantes:

Por un lado, se consigue reducir la cantidad de disolventes residuales, que son una vez empleados gestionados como residuos contaminantes.

Fig: Imagen de un equipo de recuperación de disolventes.

Fuente: http://www.salvadorsule.com/id_espanyol/productos_medioambiente2.htm

Por otro lado, la utilización del disolvente reciclado reduce la cantidad necesaria de disolvente fresco de limpieza a consumir, lo que conlleva un importante ahorro económico.

Efectos adversos: La destilación del disolvente contaminado requiere del consumo de energía.

Datos operativos: El equipo de destilación debe ser instalado y operado con cuidado.

Los agentes de limpieza con un alto punto de inflamación normalmente también tienen un alto punto de ebullición. Para estos disolventes, sólo se puede aplicar un equipo de destilación a vacío, de forma que no se alcancen temperaturas excesivamente altas. En esta situación, sin embargo, el empleo de una membrana de filtración puede ser una alternativa más barata.

Ya existen máquinas de lavado con un sistema de destilación incorporado.

Aplicabilidad: La recuperación de disolventes de limpieza mediante destilación es una técnica aplicable a todos los sectores industriales. En particular: En las industrias de impresión por huecogrado, flexografía y offset de secado por calor (heat-set offset) es de común aplicación la recuperación de disolventes por destilación. Es sobre todo muy empleada en plantas cuyo consumo supere los 200 litros de disolventes de limpieza a la semana.

Costes económicos: Los costes de instalación del equipo de recuperación de disolventes por destilación varían en un amplio rango, ya que dependen del tamaño necesario del equipo y de la aplicación específica del mismo.

Sin embargo, mediante la aplicación de esta técnica se consigue también un considerable ahorro de costes debido a la reutilización del disolvente, así como una minimización en los costes de gestión de los residuos generados, que al ser éstos menores también se reducen.

Razones para su implementación: Reducción de las emisiones de COVs y cumplimiento de la normativa referente a los mismos. Ahorro económico en materias primas por reciclado de disolvente, y reducción de costes de gestión de residuos generados.

2.10 Devolución de disolventes de limpieza empleados al distribuidor de los mismos para su reciclado y posterior reutilización.

Descripción: Algunos fabricantes y/o distribuidores de disolventes proporcionan el servicio adicional de tratamiento y recuperación por destilación o filtración de los disolventes de limpieza contaminados, de forma que puedan ser devueltos al consumidor y éste pueda reutilizarlos.

Beneficios ambientales alcanzados: Al igual que la técnica descrita en el punto anterior, mediante el reciclado de los disolventes contaminados se producen menos residuos y se consumen menos disolventes frescos, con el consecuente ahorro económico que ello conlleva, tanto en materias primas como en gestión de residuos.

Efectos adversos: La destilación del disolvente contaminado requiere del consumo de energía.

Datos operativos: Para llevar a cabo las operaciones de destilación y/o filtración en una forma económicamente viable, es necesario realizar el tratamiento mediante cualquiera de estas dos técnicas de grandes cantidades de disolventes, del orden de varias toneladas al mismo tiempo.

Esto supone el almacenamiento de grandes cantidades de disolventes, tanto limpios

como usados. Los disolventes contaminados emplean un espacio esperando a ser reciclados, y este espacio es el mismo que ocuparán los disolventes ya tratados y recuperados.

Aplicabilidad: Esta técnica es aplicable, como ya comentamos en el punto anterior, a todas las plantas de impresión cuyo consumo supere los 200 litros de disolventes de limpieza a la semana.

Por tanto, esta técnica es aplicable en grandes plantas de impresión offset, en cualquiera de sus modalidades.

Razones para su implementación: Reducción de las emisiones de COVs y cumplimiento de la normativa referente a los mismos. Ahorro económico en materias primas por reciclado de disolvente, y reducción de costes de gestión de residuos generados. Entrega de los disolventes de limpieza contaminados para su recuperación por parte de una entidad gestora de residuos.

Descripción: Los disolventes empleados en la limpieza de la prensa y en otras operaciones se pueden entregar a una instalación de recuperación de disolventes, como parte de la operación de gestión de residuos peligrosos de la empresa. Los disolventes recuperados no son reutilizados obligatoriamente por la misma empresa que los entrega.

Aplicabilidad: Esta técnica es aplicable a todas las industrias gráficas.

2.11 Filtración de mezclas de limpieza que contienen disolventes de alto punto de ebullición (HBS) y disolventes de origen vegetal (VCA).

Descripción: Las soluciones contaminadas de agua + HBS y de agua + VCA pueden tratarse mediante una filtración. Estos disolventes pueden ser después reutilizados tras esta filtración, y el agua residual resultante puede ser vertida al sistema de alcantarillado de forma normal.

Beneficios ambientales alcanzados: Se produce una menor cantidad de residuos líquidos, y se consigue reducir el consumo de disolventes frescos.

Efectos adversos: La filtración es una técnica que requiere el consumo de energía, y se producen vertidos de aguas residuales.

2.12 Destilación y evaporación de residuos de productos en base solvente

Descripción: Los residuos en base solvente, como por ejemplo las tintas, barnices y adhesivos empleados en las plantas de impresión pueden ser destilados y evaporados para recuperar el disolvente y reducir de esta manera la cantidad de residuos peligrosos.



Beneficios ambientales alcanzados: La cantidad de residuos contaminantes y/o peligrosos se reduce y se consigue una reducción en el consumo de materias primas (disolvente).

Efectos adversos: La destilación del disolvente contaminado requiere del consumo de energía.

Aplicabilidad: Esta técnica es aplicable en todas las instalaciones de impresión, tanto nuevas como existentes.

Costes económicos: Los costes de instalación del equipo de recuperación de disolventes por destilación varían en un amplio rango, ya que dependen del tamaño necesario del equipo y de la aplicación específica del mismo.

Sin embargo, mediante la aplicación de esta técnica se consigue también un considerable ahorro de costes debido a la reutilización del disolvente, así como una minimización en los costes de gestión de los residuos generados, que al ser éstos menores también se reducen.

Fig: Imagen de un equipo de evaporación FORMECO de doble efecto.
Fuente: http://www.cmbe.es/frameset1.html?2b_1.htm

2.13 Reducción y tratamiento del agua residual.

A. Ultra y Nanofiltración

Descripción: Con la ultrafiltración y la nanofiltración (UF y NF), también conocidas como ósmosis inversa, el agua contaminada pasa a través de una membrana semi-permeable a alta presión, que deja pasar las pequeñas moléculas de agua, pero no las moléculas de mayor tamaño. La concentración de los compuestos contaminantes sobre la membrana se incrementa por el paso repetido del agua contaminada a través de esta membrana.



Beneficios ambientales alcanzados: Se reduce el volumen de sustancias contaminantes y el agua puede ser re-utilizada para, por ejemplo operaciones de limpieza, etc. El residuo filtrado, por ejemplo de tinta o de pintura, puede ser recuperado y re-utilizado.

Efectos adversos: El agua filtrada si no es re-utilizada se vierte por el sistema de alcantarillado. La filtración requiere del consumo de energía.

Fig: Imagen de un sistema de tratamiento de agua por ósmosis inversa.

Fuente: http://www.salvadorsule.com/id_espanyol/productos_medioambiente2.htm

Aplicabilidad: Esta técnica es comúnmente aplicada en las plantas de impresión en las que se emplean grandes cantidades de tintas en base agua, barnices y adhesivos, como son las plantas de impresión de embalaje. También se emplea en la industria automovilística.

Costes económicos: Los costes de instalación del equipo de ultrafiltración ó nanofiltración son bastante elevados.

2.14 Destilación al vacío

Descripción: Se trata de una destilación efectuada realizando un vacío en la columna, de forma que la ebullición del disolvente ó del líquido que se quiere separar se produzca a una T^a inferior a la que se produciría a la presión atmosférica. En el resto de las características, esta técnica es similar a la destilación convencional.

Aplicabilidad: Aplicable en toda la industria gráfica.



Fig: Imagen de un sistema de destilación al vacío para disolventes clorados.

Fuente:

http://www.cmbe.es/frameset1.html?2a_1.htm

2.15 Técnicas de recuperación de la plata proveniente del proceso de revelado

El vertido de las aguas resultantes del proceso de revelado a sistemas de alcantarillado es dificultado por el pH alcalino de las mismas, además de otros factores a analizar, tales como conductividad, DBO, DQO, ausencia de colorantes, cantidad de sustancias orgánicas tóxicas y acumulables... etc. y que deben de estar por debajo de los límites establecidos por la Ley.

De esta forma, es necesaria la neutralización de dichas aguas previa a su descarga. La plata soluble, contenida en los fijadores, es removida considerando usualmente un proceso de recuperación, dado el alto valor del metal. Los tratamientos básicos incluyen **precipitación, intercambio iónico, intercambio reductor y recuperación electrolítica**. Se deben tener en cuenta que un lodo generado a partir del tratamiento de riles (aguas de desechos generadas en instalaciones industriales como resultado de una determinada actividad, proceso o servicio), pueden contener una cantidad de plata tal que lo haga

peligroso por presentar la característica de toxicidad por lixiviación. Los tratamientos de reemplazo metálico con cartuchos en serie y el sistema de recuperación electrolítica son las técnicas más comúnmente usadas y recomendadas.

A continuación mostraremos una tabla con la comparación de las distintas Técnicas de Recuperación de la plata

Técnica	Ventaja	Desventajas
Reemplazo o recuperación metálica	<ul style="list-style-type: none"> - Baja inversión - Bajos costos operativos - Operación simple 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto contenido de hierro en el efluente - La plata es recuperada como un lodo - Necesario dos unidades en serie
Recuperación electrolítica	<ul style="list-style-type: none"> - Recupera la plata como un metal puro - Alta tasa de recuperación 	<ul style="list-style-type: none"> - Posible formación de sulfuros. - Alta concentración de la plata en el efluente
Precipitación con sulfuro	<ul style="list-style-type: none"> - Puede trabajar en concentraciones de 0,1 mg Ag+/l - Baja inversión 	<ul style="list-style-type: none"> - Operación compleja - La plata es recuperada como un lodo - La solución tratada no puede ser reutilizada - Posibles emisiones de H₂S
Intercambio iónico	<ul style="list-style-type: none"> - Puede trabajar en concentraciones de 0,1-2,0 mg Ag+/l - Conveniente para concentraciones bajas de plata 	<ul style="list-style-type: none"> - Solo para efluentes diluidos - Operación compleja - Alta inversión
Ósmosis inversa	<ul style="list-style-type: none"> - Puede recuperar otros compuestos - El agua tratada puede ser reciclada 	<ul style="list-style-type: none"> - El concentrado requiere de tratamientos posteriores - Alta inversión - Alto costo operativo
Evaporación	<ul style="list-style-type: none"> - Conservación de agua - Efluente líquido casi nulo 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto requerimiento energético - La plata es recuperada como lodo - Formación de contaminación orgánica - Potenciales emisiones atmosféricas

A. Reemplazo o Recuperación metálica

También llamado de Reemplazo Metálico, es uno de los métodos más conocidos y económicos. Consiste en un cartucho que contiene hierro en forma de lana, viruta o espirales. Se hace circular la solución con flujo constante. A medida que la plata es removida, el hierro se agota, generándose un sedimento barroso. Un cartucho recupera el 90% de plata, dos en serie llegan al 95%. El costo e implementación son económicos, pero no es rentable ya que el barro se debe enviar a refinar y en esta operación se pierde el beneficio de la recuperación del metal plata. Los cartuchos de reemplazo o recuperación metálica (intercambio iónico), del inglés “chemical recovery cartridges (CRCS), son recomendables económicamente para pequeñas demandas. Para llegar a un valor de 5 ppm, en procesos litográficos se trabaja generalmente con dos cartuchos en línea. Los cartuchos usados deben ser lavados con

chorros de agua limpia para remover la plata “libre”, esta agua debe ser luego recirculada al sistema de tratamiento. El pH óptimo del afluente al sistema de tratamiento fluctúa entre 5,5 y 6,5. El sistema de reemplazo metálico es el más económico pero limitado a pequeñas demandas. Se debe considerar, además, que la eficiencia de recuperación va a disminuir a través del uso de la unidad y el grado de contaminación de los cartuchos.

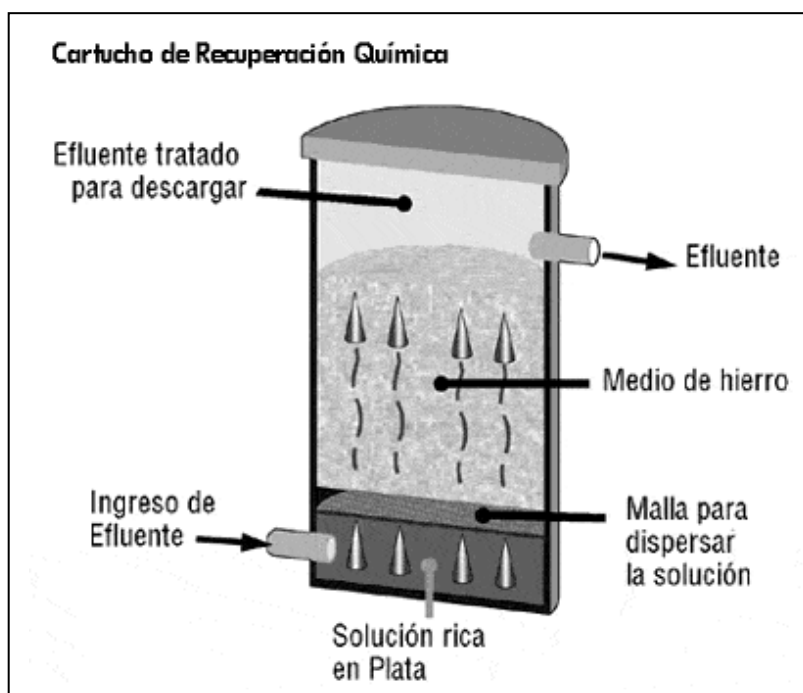
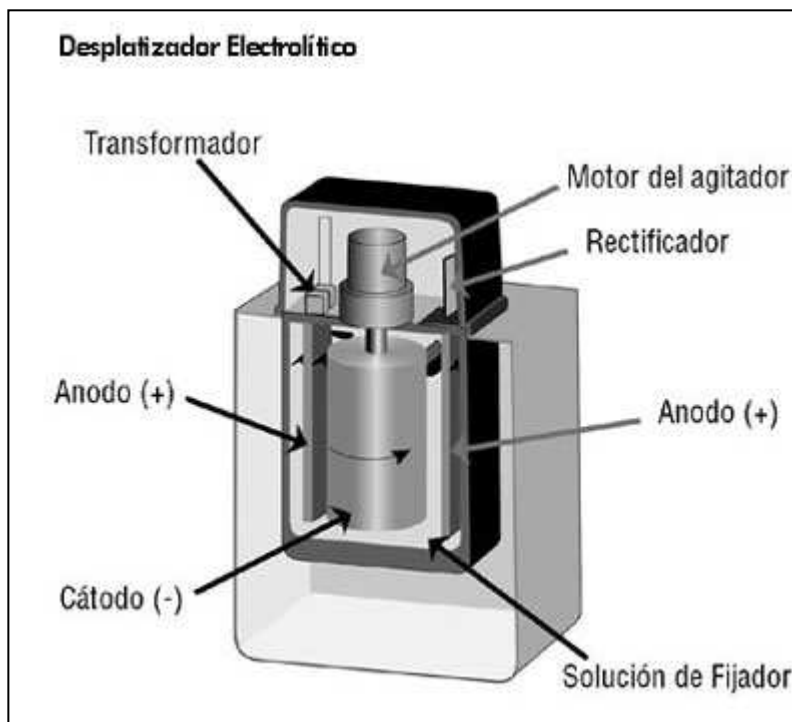


Fig: Esquema del proceso de un sistema de recuperación de plata por Cartucho de Recuperación química (CRC)

Fuente: [www. http://www.fotomundo.com/tecnic/laboratorio/recuperapla.shtml](http://www.fotomundo.com/tecnic/laboratorio/recuperapla.shtml)

B. Recuperación Electrolítica

Es una tecnología presentada en 1930. Consiste en equipo con una cuba con dos electrodos sumergidos por los que circula corriente continua, que reduce el complejo de tiosulfato de plata, haciendo que el metal casi puro se deposite en el cátodo (que suele ser de acero inoxidable). Existen dos tipos básicos, uno donde el cátodo gira en la solución y otro donde la solución fluye alrededor del cátodo (por lo que debe hacerse el mantenimiento de la bomba de recirculación). Recuperan el 96% de Plata (de 20 a 60 gramos/hora de elevada pureza) y son fáciles de operar. Son equipos aptos para todos los laboratorios.



Para operaciones mayores, una unidad de recuperación electrolítica usada en conjunto con cartuchos de reemplazo metálico, es probablemente el método de recuperación más económico. Las recuperadoras electrolíticas pueden reducir concentraciones desde 2000 ppm, hasta 200 ppm o menos. Si queremos una disminución aún menor, deberemos adosar un sistema de cartuchos de reemplazo metálico en línea. Los cartuchos son necesarios para ajustarse a las normas de descarga.

Fig: Esquema del proceso de un sistema de recuperación de plata por Electrólisis

Fuente: [www. http://www.fotomundo.com/tecnic/laboratorio/recuperapla.shtml](http://www.fotomundo.com/tecnic/laboratorio/recuperapla.shtml)

No se recomienda su uso para generadores de menos de 90 litros de fijador al mes, en la que se recomienda la alternativa de cartuchos recarga metálica.

C. Recuperación por Precipitación



Fue el primer método práctico para la recuperación de plata usado desde hace más de 50 años. Precipita, además, cobre, cadmio, mercurio, plomo, níquel, y estaño, entre otros metales.

Son tecnológicamente muy desarrollados que emplean un precipitante, junto con un agente floculante para incrementar el tamaño de las partículas. La plata es recuperada por filtrado y luego refinada, con una tasa de rendimiento del 99%.

Fig: Esquema del proceso de un sistema de recuperación de plata por Precipitación

Fuente: [www. http://www.fotomundo.com/tecnic/laboratorio/recuperapla.shtml](http://www.fotomundo.com/tecnic/laboratorio/recuperapla.shtml)

Sin embargo, los equipos y el precipitante son de precio elevado. Se los recomienda casi exclusivamente para laboratorios pequeños y medianos o para el tratamiento del agua de lavado de los grandes laboratorios.

A pesar de ser el método más antiguo y probablemente el más barato de remoción, no ha sido muy utilizado en artes gráficas

D. Recuperación por Intercambio Iónico

Esta tecnología puede ser utilizada en soluciones que poseen bajos porcentajes de plata, como sucede con los estabilizadores o el agua de lavado. En este proceso se obtiene la plata metálica por medio de un proceso reversible donde se intercambian los iones entre un sólido (resina) y agua con sales ionizadas. Con una sola columna se recupera más de 90% y con dos en serie se llega al 99%.

E. Recuperación por Osmosis Inversa

Esta técnica es muy utilizada en otros procesos industriales, tales como la obtención de agua para consumo a partir del agua de mar. Para su aplicación a la industria gráfica, requiere una gran inversión inicial, consume mucha energía y se ha detectado problemas de colmatación de la membrana, por lo cuál, su uso no es muy popular

F. Recuperación por Evaporación y destilación



Es utilizado normalmente junto con el manejo externo de los efluentes, ya que reduce la cantidad de líquidos que se debe transportar. Se puede remover del 80 al 100 % de agua, quedando una masa espesa o sólida rica en plata que deberá ser tratada externamente. Recupera el 99% de plata. El costo es elevado y se los recomienda casi exclusivamente para laboratorios industriales.

Fig: Equipo de evaporación FORMECO con funcionamiento a través de una bomba de calor.

Fuente: http://www.cmbe.es/frameset1.html?2b_1.htm