

Recuperación Y Reciclamiento De Agua Residual Del Sistema De Decapado Difusión Diálisis

Belzahet Treviño, Dr.

*Director, Centro de Estudios del Agua, ITESM Campus Monterrey, Monterrey, Nuevo León, México,
btrevino@itesm.mx*

Ana Hilda Santillán, M.C.

*Coordinador, Centro de Estudios del Agua, ITESM Campus Monterrey, Monterrey, Nuevo León, México,
anahisan@yahoo.com*

Sandra López, M.C.

*Graduado, ITESM Campus Monterrey, Monterrey, Nuevo León, México
sandra.lopez@gmx.net*

Lourdes Abdala, M.C.

*Graduado, ITESM Campus Monterrey, Monterrey, Nuevo León, México
lourdesabdla@hotmail.com*

José Rodríguez, Ing

*Coordinador, Centro de Estudios del Agua, ITESM Campus Monterrey, Monterrey, Nuevo León, México
A00277820@itesm.mx*

Resumen

El Decapado, subproceso del galvanizado, genera la mayor parte de los residuos del proceso, considerados como peligrosos por su alto contenido de ácidos y metales en disolución o en forma de precipitado. Esta investigación se ha desarrollado en tres partes esenciales: el uso de la difusión diálisis (DD) en continuo, para recuperar el ácido del proceso de decapado en forma continua mejorando la calidad de los procesos por lotes; el empleo de neutralización/sedimentación para el tratamiento de la corriente de desecho de la DD y la introducción del agua recuperada al sistema decapado difusión diálisis (DDD); finalmente se utilizan equipos separados para realizar las operaciones de neutralización y sedimentación, para posteriormente integrarlos al sistema DDD de manera continua. Este trabajo logró una eficiencia de 4.05 g HCl /g Fe decapado sin el uso de agua fresca. Manteniendo sin variación la calidad del proceso de decapado y siendo más afable con el medio ambiente. El proceso modificado de decapado con recuperación de ácido y agua conlleva una reducción de costos de materia prima, costos y por manejo de residuos peligrosos y mejora la calidad global del proceso.

Palabras clave

Difusión Diálisis, Recuperación de Ácidos, Reuso de Agua, Decapado Ecoeficiente, Remoción de Fierro.

1. Introducción

El galvanizado de piezas metálicas es uno de los tratamientos de superficie más utilizado para evitar la corrosión. La preparación de la superficie es la etapa más importante del proceso, ya que un buen galvanizado depende en gran medida de la buena limpieza del material, la cual consiste en eliminar restos de pintura y grasa, los óxidos metálicos se eliminan mediante un procedimiento conocido como decapado. El decapado es la acción de sumergir una pieza metálica en un baño ácido con el fin de disolver la película de óxido, así como cascarilla y escamas (Metalplate Galvanizing, 2002). Las concentraciones de ácido en el tanque varían del 6 al 15% en peso. Los ácidos comúnmente utilizados son el sulfúrico caliente o el clorhídrico a temperatura ambiente (Sato, J. et al, 1985). La variación de concentraciones (ácido y hierro) a través del tiempo en el tanque de decapado (proceso por lote) genera un desequilibrio en el proceso y conlleva a una limpieza poco uniforme y reduce el tiempo de vida del ácido. Generalmente el ácido gastado es enviado a un tanque de neutralización, en donde por medio de un álcali se obtiene una solución neutralizada que se envía a la planta de tratamiento de agua y el lodo generado, considerado peligroso, es confinado de acuerdo a la legislación actual. Lo anterior resuelve el problema “al final del tubo” y no otorga sustentabilidad al proceso.

Una opción para la minimización de los residuos de este ramo consiste en alargar la vida de los baños de decapado, proceso en el cual se genera la mayor parte de residuos ácidos y metales en dilución. La difusión dialítica (DD) representa una alternativa viable por ser altamente eficiente con un mínimo de requerimientos, capaz de devolverle las características necesarias al ácido para su reintegración al proceso. Además con esta tecnología se incrementa la vida útil del ácido y se reducen los costos por generación, manejo y transporte de residuos peligrosos (ESTCP Projects Pollution Prevention, 2000). Sin embargo a pesar de los beneficios que otorga la DD, implica un alto gasto de agua limpia. Una alternativa para la reducción en el consumo de agua en el sistema de decapado continuo puede ser la neutralización/sedimentación de la solución metálica residual para su posterior reuso en el sistema DD.

El objetivo de esta investigación es la recuperación del ácido gastado y agua residual del proceso tradicional de decapado químico, diseñando un sistema continuo que mantenga estable la capacidad de decapado en el tanque a lo largo del tiempo.

2 Metodología

2.1 Descripción del Equipo

El equipo consistió en 2 tanques de polipropileno utilizados para almacenamiento (42 l), un dializador un tanque neutralizador (51 l) ambos de cloruro de polivinilo (PVC), y un tanque sedimentador de acrílico. Los tanques de almacenamiento son utilizados para la solución de decapado (tanque simulador del proceso de decapado) y para el almacenamiento de agua limpia. A las salidas de los tanques hay una serie de válvulas que permiten controlar el paso de los líquidos hacia los sistemas de medición o directamente a las bombas peristálticas, de donde una vez dosificados a los flujos requeridos son dirigidos al dializador. El dializador está construido a base de placas de PVC de 14” de ancho por 20 ½ ” de largo y ¼” de espesor. En su interior se encuentran dos membranas de copolímero de poliestireno entrecruzado con divinilbenceno cargadas positivamente, en las cuales se lleva a cabo la transferencia de iones. Dichas membranas, están sujetas por soportes plásticos que poseen canales para facilitar la distribución de los líquidos sobre las mismas. El área total de transferencia es de 1,390.8 cm². Todo esto va montado sobre un soporte de acero al carbón que evita cualquier eventual fuga. El equipo presenta dos entradas y dos salidas; por la parte de arriba se encuentran localizadas la alimentación de agua y salida de solución metálica, por la parte inferior se encuentran localizada la entrada de ácido gastado y la salida de ácido recuperado. La salida del ácido incluye un tubo móvil, el cual permite modificar la altura de la columna de ácido recuperado (presión hidrostática) que afecta a los flujos y las concentraciones de la corriente del

recuperado. El tanque de neutralizador es un cilindro de 12.6” de radio, 34.45” de largo por 0.2” de espesor; presenta 3 válvulas de ½ ” equidistantes a lo largo del tanque y una al final del coco. El sedimentador esta construido de acrílico con un espesor de ½”, su diámetro es de 95.3 cm y 15 cm de profundidad, con una capacidad de 50 l. Al fondo del tanque se encuentra una válvula de salida para los lodos.

2.2 Descripción del Proceso

El ácido gastado (ácido clorhídrico con óxidos de hierro en solución) proveniente del tanque de decapado y el agua se introducen a contracorriente a las membranas que integran al equipo. Una vez en contacto con las membranas los iones del ácido disociado, H^+ y Cl^- , atraviesan la membrana debido a su carga, su tamaño y al gradiente de concentración que se presenta, migrando hacia el torrente de agua y constituyendo el ácido recuperado. Los iones de hierro (Fe^{+3}), son repelidos por la carga positiva de la membrana y se quedan en la corriente de ácido gastado formando una solución de desecho (Difusión Diálisis, 2003). Cuando no existen variaciones significativas en las concentraciones de las corrientes de salida, se procede a reciclar la corriente de ácido clorhídrico recuperado del dializador en el tanque de decapado (ácido gastado). Para mantener la concentración de hierro y ácido constantes en el tanque se adiciona en forma constante con ayuda de un dosificador por gravedad, una solución rica en fierro (piezas que se están decapando) y una cantidad de ácido fresco tal que se mantengan las mismas concentraciones en el tanque de decapado.

Una vez que el sistema decapado-diálisis-decapado (DDD) se encuentra en estado estable (las corrientes de salida mantienen las mismas concentraciones con el paso del tiempo), la solución de desecho se envía al tanque neutralizador al que se agrega una solución alcalina para después pasarlo a un sedimentador de flujo horizontal, de donde después de un tiempo de residencia es enviado al sistema DDD para iniciar el reciclamiento del agua tratada, como solvente para el sistema de diálisis. De esta manera se tiene un sistema de decapado modificado, con recirculación de ácido y agua tratada.

3 Resultados

3.1 Condiciones Del Proceso Comercial De Decapado

Un proceso de decapado tradicional consume entre 5 y 25 kg de ácido por tonelada de acero tratada. De estos del 10 al 15 % se descarga en las aguas de lavado. El volumen de agua utilizada en el lavado de estas soluciones es del orden de 200 a 500 l por tonelada de acero decapado. (Instituto Latinoamericano del Fierro y el acero, 1975). La tabla 1 muestra las eficiencias del proceso por lotes.

Tabla 1: Eficiencias Del Proceso Comercial De Decapado Químico

Kg de ácido/1 Ton tratada	g ácido/ g Fe decapado
5	5
25	25
L agua/ 1 Ton tratada	ml agua/ g Fe decapado
200	200
500	500

Una vez que el ácido utilizado contiene una concentración de óxidos en la solución tal que ya no puede seguir disolviendo más o, que el tiempo requerido para disolver los óxidos se incrementa mucho, entonces se desecha y se prepara otra solución para llenar el tanque y continuar operando normalmente sin interrumpir el proceso. La calidad del proceso es variable a lo largo del tiempo.

3.2 Operación Del Proceso

Los tiempos de estabilización del equipo de difusión diálisis (DD) oscilan entre 18 y 40 días. Los porcentajes de recuperación de ácido y rechazo de hierro fluctúan entre 80% y 70% respectivamente, para operación en continuo, alcanzando una eficiencia del sistema de 4.05 g HCl/g Fe decapado. El coeficiente global de transferencia de masa (k) es de 0.02 cm/min. Hasta este punto el proceso ya es rentable y mantiene la misma calidad en el tanque de decapado a través del tiempo; representa un fuerte ahorro en materia económica debido a la disminución de consumo de ácido fresco. Aunque el sistema modificado de decapado aumenta la calidad del proceso, también implica un alto gasto de agua limpia (129.665 ml agua/g de Fe decapado), utilizada como solvente en la DD. El agua utilizada es la misma que posteriormente sale como solución metálica, acarreado el hierro rechazado así como el ácido que no fue posible recuperar, misma que es considerada por la legislación Mexicana como un residuo peligroso. La figura 1 muestra un diagrama espacial del sistema. La figura 2 es la gráfica de comportamiento del tanque de decapado y de la solución metálica a través del tiempo para el sistema DDD, en donde se comprueba que la calidad del proceso se conserva a lo largo del tiempo.

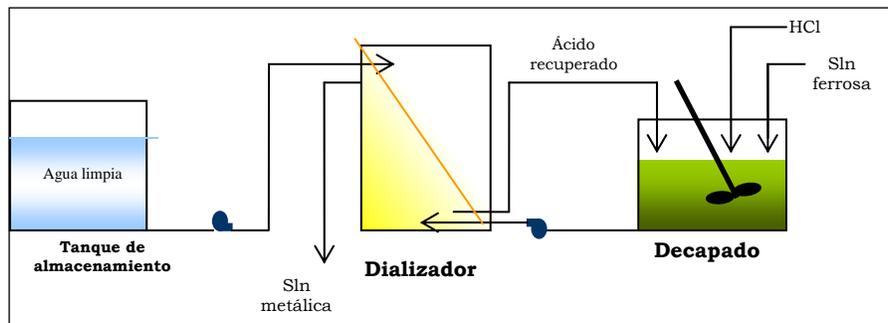


Figura 1: Diagrama Del Proceso Del Sistema Ecológico De Decapado.

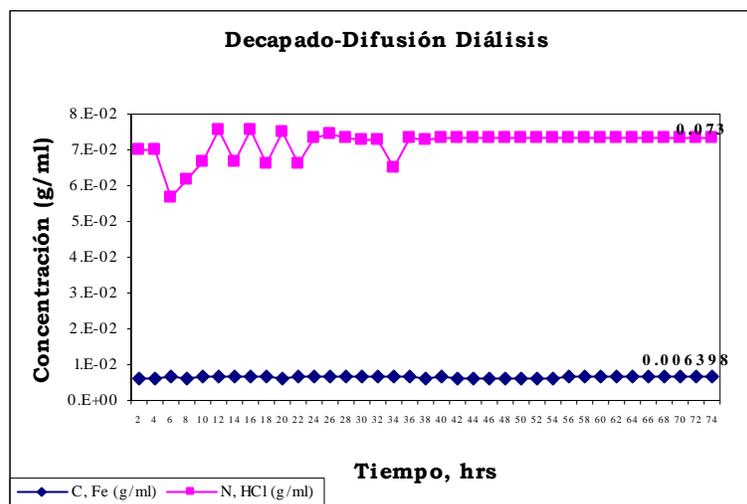


Figura 2: Estabilización Del Sistema Decapado Difusión Diálisis

La neutralización es a pH 7, con un tiempo de residencia para el sedimentador de 6 hrs y una eficiencia de remoción de hierro de 90%. La calidad del agua es excelente, tanto en composición como en color. La introducción del agua recuperada al sistema DDD se realizó con éxito, logrando estabilizarse luego de 50

hrs de introducida al sistema y pudiéndose mantener continuo el sistema global. La figura 3 muestra un diagrama espacial del sistema completo. En la gráfica de la figura 4 se observa el comportamiento del tanque de decapado, es esta se observa un ligero aumento en la concentración de hierro; este aumento se debe a las cantidades del mismo que son introducidos en el agua recuperada; el sistema muestra flexibilidad a este tipo de eventos y reacciona de manera positiva, estabilizándose nuevamente.

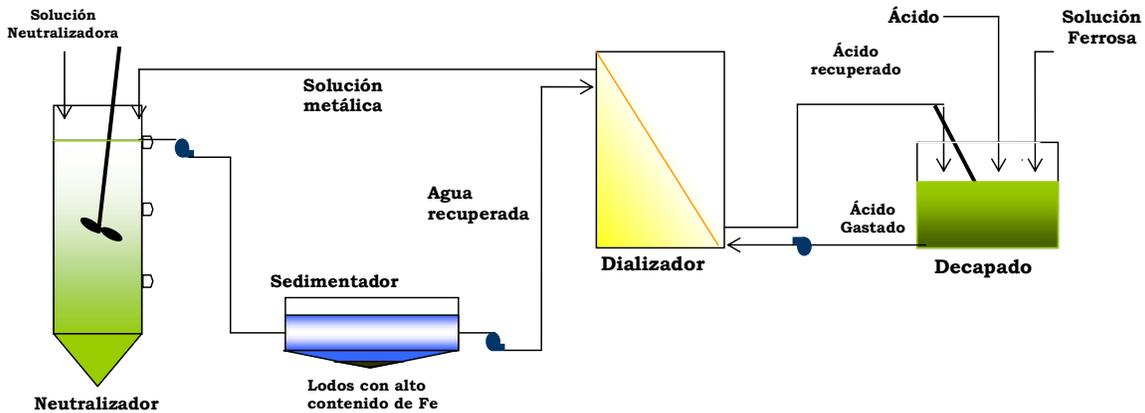


Figura 3: Diagrama Del Proceso Del Sistema Ecológico De Decapado Modificado

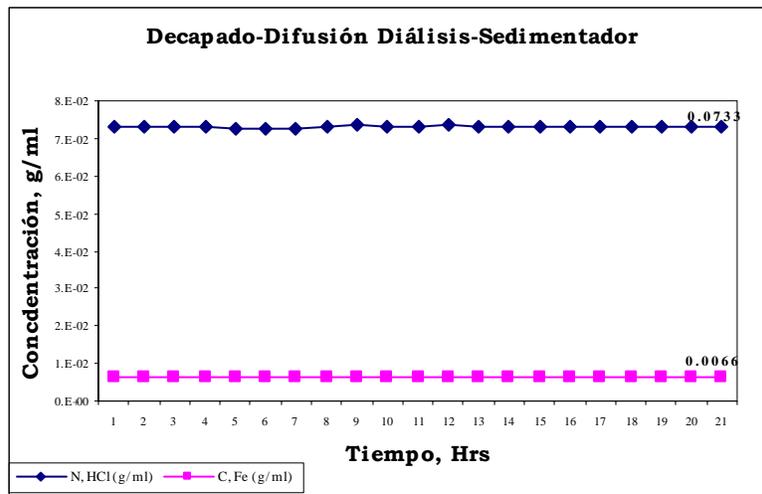


Figura 4: Comportamiento De Tanque De Decapado Para El Sistema Decapado-Difusión Diálisis-Sedimentador Vertical.

Puesto que la parte medular de este tipo de investigaciones la constituyen los balances de materia, en la figura 5 se presenta el balance del sistema DDD y en la figura 6 se encuentra el balance del sistema global de decapado ecoeficiente, con cero descarga de agua residual. Finalmente la figura 7 muestra la gráfica de los porcentajes de error de los balances de materia del sistema.

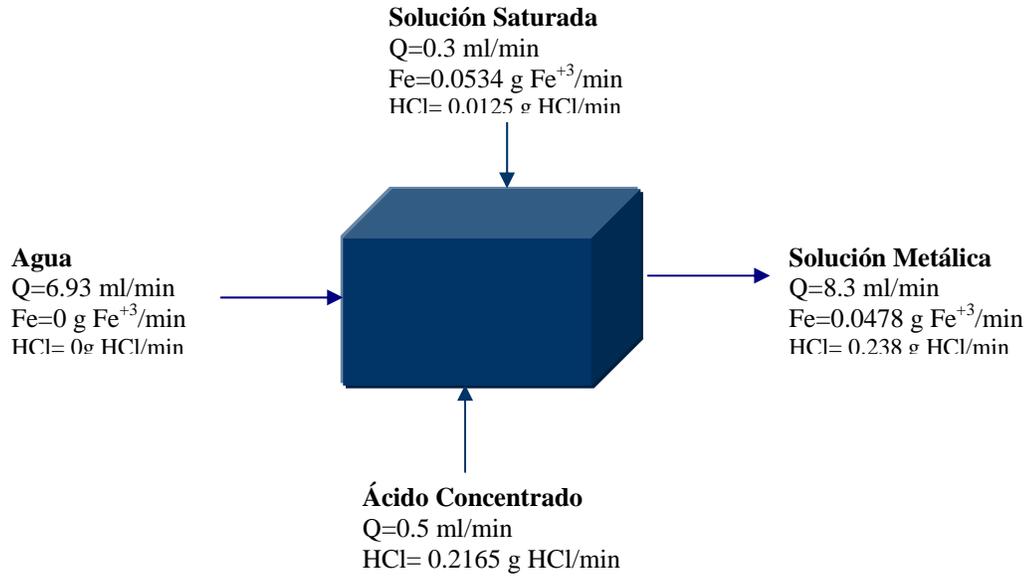


Figura 5: Balance Del Sistema De Decapado Difusión Diálisis

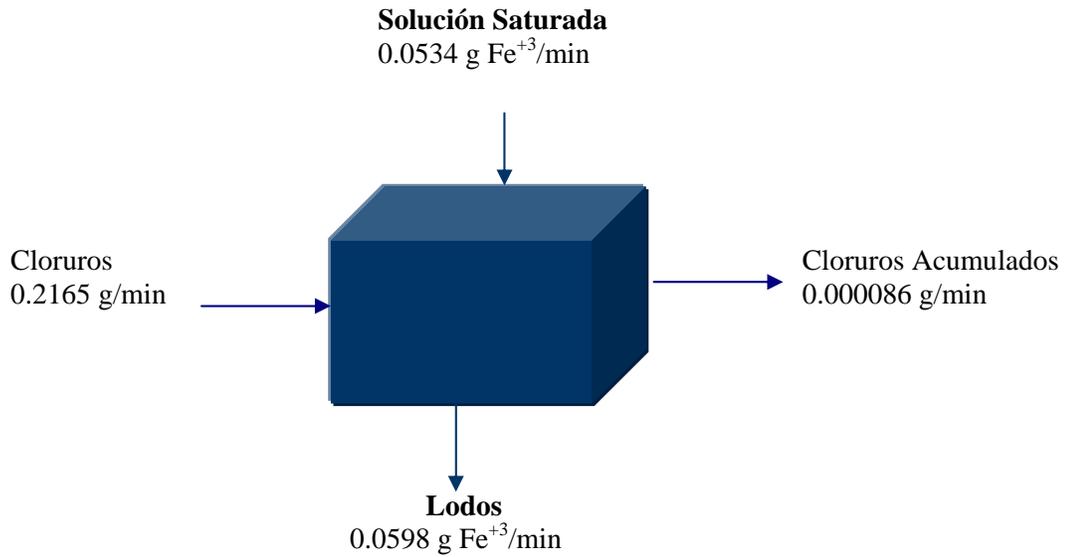


Figura 6: Balance Del Sistema Global De Decapado

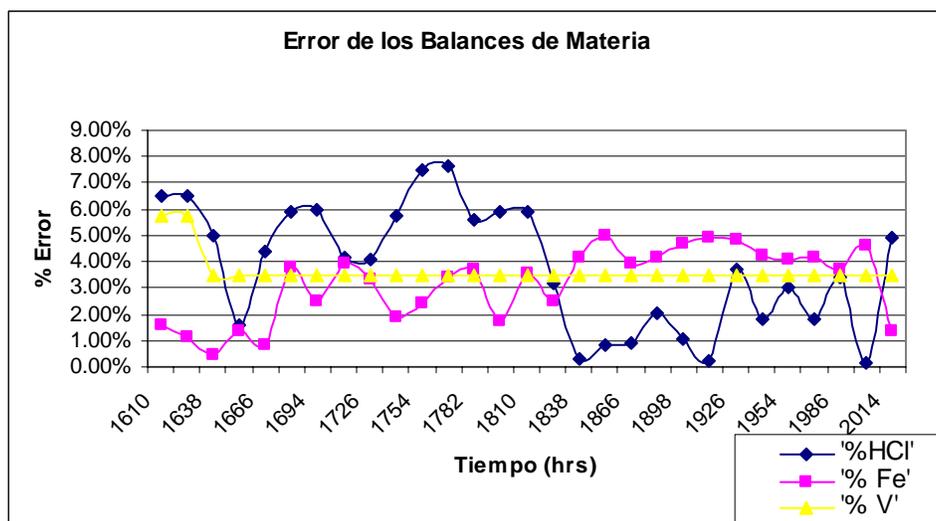


Figura 7: Porcentajes De Error En El Balance Del Sistema de Decapado Difusión Diálisis

4 Conclusiones

La eficiencia indica la cantidad de ácido necesaria por cada gramo de hierro decapado. El proceso comercial precisa de entre 5 y 25 g ácido/g Fe decapado y entre 200 y 500 ml H₂O/g Fe decapado, con una calidad variable a través del tiempo en el tanque de decapado. El proceso modificado de decapado, con reciclo de ácido y agua tiene una eficiencia de 4.05 g HCl/g Fe decapado, sin consumo de agua fresca manteniendo constante la calidad del tanque de decapado a través del tiempo, logrando con ello mejorar la calidad en la limpieza.

El paso limitante del sistema global es la salinidad acumulada en el tanque de decapado, que con el paso del tiempo puede conllevar una disminución en la calidad del decapado. La acumulación de sales en el tanque de decapado se debe a los iones de cloro y sodio que circulan a través del sistema, como consecuencia natural de la introducción de agua tratada al sistema DDD.

Referencias

Abdala (2004). "Recuperación de agua residual ácida para su aprovechamiento en el sistema de recuperación de ácido clorhídrico mediante difusión diálisis", Tesis para obtener el grado de Maestría en Ciencias, ITESM Campus Monterrey, México.

Difusión Diálisis. (2003). Acid Recovery, <http://www.iams.org/P2IRIS/metalfinish/1320-w.htm> , (10/02/03).

ESTCP. Projects. Pollution Prevention.(2000). Spent Acid Recovery Using Diffusion Dialysis. <http://www.estcp.org/projects/pollution/199705o.htm>. (04/16/00).

López (2001). "Diseño y construcción de un sistema continuo de reciclamiento de ácido clorhídrico para el decapado mediante la difusión diálisis", Tesis para obtener el grado de Maestría en Ciencias, ITESM Campus Monterrey, México.

Instituto Latinoamericano del Fierro y del Acero. (1975) Contaminación en Siderurgica., Unión de Empresas y Entidades Siderúrgicas. España.

Metalplate Galvanizing. (2002). The Hot Dip Galvanizing Process. <http://www.metalplate.com/galvanizing/TIS1.HTM>, 06/26/02.

Pure Cycle. (2002). Acid Recyclig Systems. <http://www.purecycle.com/prodfin.html> , 02/28/02.

Santillán (2003). “Decapado ecoeficiente de piezas metálicas para la obtención de un sistema de cero descarga de agua residual”, Tesis para obtener el grado de Maestría en Ciencias, ITESM Campus Monterrey, México.

Sato, J. et al. (1985). “Recovery of Nitric Acid and Hydrofluoric Acid from the Pickling Solution by Diffusion Dialysis Process”. *The Metal Finishing Society of Japan*.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (1997). Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, Capítulo IV - Prevención y Contaminación del Suelo. Artículo 134 Fracción III.. México.

Información Biográfica

Dr. Belzahet TREVIÑO ARJONA. Dr. Belzahet Treviño es Director del Centro de Estudios del Agua del ITESM, Campus Monterrey. Él es profesor del departamento de Ingeniería Química y del programa de Graduados de Ingeniería Ambiental, en la misma universidad.

M.C. Ana Hilda SANTILLÁN LÓPEZ. La señorita Ana H. Santillán es egresada de la Maestría en Ciencias del programa de Ingeniería Ambiental de ITESM, Campus Monterrey. Actualmente es coordinadora de proyectos e investigación en el Centro de Estudios del Agua del mismo instituto.

M.C. Sandra LÓPEZ ACOSTA. La señorita Sandra López es egresada de la Maestría en Ciencias del programa de Ingeniería Ambiental de ITESM, Campus Monterrey.

M.C. Lourdes ADBALA CASTILLO. La señorita Lourdes Adbala es egresada de la Maestría en Ciencias del programa de Ingeniería Ambiental de ITESM, Campus Monterrey.

Ing. José RODRIGUEZ CISNEROS. El joven José Rodríguez es estudiante de la Maestría en Ciencias del programa de Ingeniería Ambiental de ITESM, Campus Monterrey. Actualmente es asistente de investigación y proyectos en el Centro de Estudios del Agua del mismo instituto.

Autorización

Los autores consienten a LACCEI para publicar el presente artículo a través conferencias, CD o internet. También desligan de la responsabilidad a LACCEI por la información y contenido de este artículo.