

**ESTUDIO DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS PARA EL CONTROL DE LOS
VERTIMIENTOS, INDUSTRIAS CENO S.A**

ALEJANDRA RENDÓN NARANJO

**INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
DECANATURA DE PRODUCCION Y DISEÑO
INGENIERIA INDUSTRIAL
MEDELLIN
2013**

**ESTUDIO DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS PARA EL CONTROL DE LOS
VERTIMIENTOS, INDUSTRIAS CENO S.A**

ALEJANDRA RENDÓN NARANJO

**Proyecto de Grado para optar el título de
Ingeniero Industrial**

**Asesor
Juan Macia Gómez
Ingeniero de Producción**

**INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
DECANATURA DE PRODUCCION Y DISEÑO
INGENIERIA INDUSTRIAL
MEDELLIN
2013**

Nota de Aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Medellín, junio 17 del 2013

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por todos los momentos que me acompaño y guio para salir adelante a lo largo del ciclo de profesionalización, al apoyo de mi madre que fue mi siempre mi inspiración para salir adelante, y al invaluable apoyo de mi esposo que siempre estuvo a mi lado dándome fuerzas y ánimo en los momentos de dificultades y agotamiento, y como no serlo siendo las personas más importantes de mi vida.

A mi asesor Juan Macia Gómez, quien fue el que me proporciono toda la ayuda necesaria para la elaboración del mismo.

Así mismo quisiera expresar mi agradecimiento a todas las personas que de una u otra manera estuvieron vinculadas a este proyecto a portando un grano de arena no menos importante.

Le agradezco a la compañía Industrias Ceno S.A. por la información suministrada para obtener todo lo necesario para completar el proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

0. INTRODUCCION	7
1. RESEÑA DE LA EMPRESA.....	8
2. EL PROBLEMA	10
2.1 Planteamiento	10
2.2 Descripción	10
2.3 Formulación.....	10
2.4 Justificación	10
2.5 Alcance.....	11
2.6 Objetivos	11
2.6.1 Objetivo general	11
2.6.2 Objetivos específicos.....	11
3. MARCO REFERENCIAL.....	12
3.1 Marco contextual	12
3.1.1.....	16
3.2 Revisión Bibliográfica.....	16
3.2.1.....	16
Ventajas.....	24
3.3. Marco legal	24
Decreto 3930 de 2010.....	24
4. DISEÑO METODOLOGICO	26
5. ESTUDIO REALIZADO POR GAIA.....	27
5.1. ESTUDIO DE AGUAS RESIDUALES	27
6. PROPUESTA.....	40

LISTADO DE TABLAS

TABLA 1. PROCESOS EN LOS QUE SE GENERAN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES.	12
TABLA 2.CALCULO DE CAUDAL GALVANOPLASTIA	29
TABLA 3 EQUIPOS Y MÉTODOS DE ANÁLISIS	32
TABLA 4.DATOS DE CAMPO – DESCARGA GALVANOPLASTIA	34
TABLA 5.RESULTADOS FISICOQUÍMICOS DESCARGA GALVANOPLASTIA	36
TABLA 6.CARGA CONTAMINANTE GALVANOPLASTIA	37
TABLA 7.RESUMEN CUMPLIMIENTO DE NORMATIVIDAD	38

LISTADO DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 REACTOR ELECTROLÍTICO	17
ILUSTRACIÓN 2 SISTEMA DE ELECTROCOAGULACIÓN	17
ILUSTRACIÓN 3 ESQUEMA ELECTRODIÁLISIS	19
ILUSTRACIÓN 4 FASE ACUOSA	20
ILUSTRACIÓN 5 EXTRACCIÓN LÍQUIDO- LÍQUIDO	20
ILUSTRACIÓN 6 PRECIPITACIÓN QUÍMICA	22
ILUSTRACIÓN 7 PROCESO DEL SISTEMA ECOLÓGICO DE DECAPADO MODIFICADO	23
ILUSTRACIÓN 8 INTERCAMBIO IÓNICO	24
ILUSTRACIÓN 9 SISTEMA DE REMOCIÓN DE HIERRO DE SOLUCIONES DE DECAPADOS POR INTERCAMBIO IÓNICO	40

GLOSARIO

AFORO VOLUMETRICO: Consiste en medir el tiempo que gasta el agua en llenar un recipiente con un determinado volumen.

ALICUOTA: Masa solida extraída de un líquido.

CARCAMO: Cavidad ubicada alrededor de los tanques de galvanizado encargadas de recolectar derramamientos antes de que estos sean enviados al alcantarillado público.

COAGULACION: Fenómeno en donde los sólidos de un líquido flotan o se van al fondo de un recipiente, debido a la inestabilidad proporcionada por vibraciones, corrientes eléctricas, calor o adición de gases químicos.

DECAPADO: Etapa del galvanizado donde se introducen las piezas para eliminar el oxido ocasionado por el almacenamiento o fabricación de las piezas.

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO): es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y en general residual; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores.

DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO): se define como cualquier sustancia tanto orgánica como inorgánica susceptible de ser oxidada, mediante un oxidante fuerte. El método es usado en aguas naturales y residuales para evaluar la fuerza de desechos como aguas municipales e industriales.

DISOLVENTE ORGANICO: Son utilizados para disolver materia prima, productos o materiales residuales, también se utiliza como agente para disolver la suciedad y para modificar la viscosidad.

EFLUENTE: Aguas residuales tras haber pasado por un periodo de tratamiento.

FILTRO PRENSA: Es un sistema de filtración por presión, el cual está conformado por placas y marcos alternados con una tela filtrante a cada lado de las placas.

FLOCULACION: Es un proceso químico en el cual con la adición de sustancias denominadas floculantes se agrupan las sustancias líquidas y sólidas presentes en el agua para facilitar que estas floten y se puedan filtrar.

GALVANIZADO: Es un proceso destinado a proteger de la corrosión a una gran variedad de productos de hierro y acero. Este proceso se logra a través de la inmersión de los materiales en un baño de zinc fundido, permitiendo un recubrimiento de éste, que no solo se deposita sobre la superficie, sino que forma una aleación zinc hierro de gran resistencia a los distintos agentes de corrosión de la atmósfera, el agua o el suelo.

INDICE DE BIODEGRADABILIDAD: Es un indicador para medir la capacidad que tiene el agua residual para biodegradarse, ya que este genera grandes problemas en los tratamientos a su eliminación en todo tipo de aguas.

IRONSAVE: Es un producto que inhibe la corrosión de la superficie del acero ocasionada por el decapado, ya que el decapado no solo elimina el óxido del material, sino que también ataca la superficie del acero.

MEZCLA ACUOSA: Son las sustancias que se disuelven en agua.

ORGANOLEPTICA: Son las descripciones de las características físicas que tiene la materia en general, según las pueden percibir los sentidos como el sabor, olor, color.

SEDIMENTACION: Es el proceso en el que el sólido que se encuentra en un líquido se deposita en el fondo en un recipiente, río, embalse.

VERTIMIENTO: Es la descarga final del agua al alcantarillado público.

ZINC: Es un metal importante para diversos procesos como lo es el galvanizado por inmersión en caliente para ser fundido y aleado con otros metales y así recubrir el acero.

RESUMEN

Este proyecto se basa en la investigación de diferentes tecnologías limpias para el control de vertimientos aplicadas al galvanizado por inmersión en caliente. Se describen que se basan dichas tecnologías como son: Electrocoagulación, electrodiálisis, extracción Líquido-líquido, precipitación química, difusión dialítica e intercambio iónico como opción para el tratamiento de aguas residuales industriales.

Además se tiene como base el estudio realizado por la empresa GAIA, donde se analizó detalladamente el estado de los vertimientos en Industrias Ceno S.A y el cumplimiento de leyes ambientales como lo es el Decreto 3930 de 2010.

Adicional a esto la empresa Dindep Ltda. presentó un informe de la viabilidad de la implementación del Intercambio Iónico, como tecnología limpia para el tratamiento de los vertimientos del decapado por medio de un piloto que demuestre todos los beneficios que esta tecnología traería para la compañía en temas de cumplimiento de la normatividad, minimización del uso del recurso hídrico y evitar sanciones por el incumplimiento de normas ambientales.

0. INTRODUCCION

En la industria de la galvanoplastia el zinc es un metal utilizado como revestimiento del acero para evitar la corrosión y donde la preparación de la superficie del acero es la etapa más importante para garantizar un buen galvanizado, y que para obtener un buen resultado se debe eliminar de la superficie todo tipo de suciedad por medio del decapado, ya que en gran parte depende de esta etapa que exista una correcta aleación entre el acero y el zinc, pero a su vez hace de este proceso una etapa muy contaminante y que debe ser controlada.

En este proyecto se realizaron estudios bibliográficos acerca de las diferentes tecnologías limpias que pueden ser aplicadas en Industrias Ceno S.A. y que cumplan con el Decreto ambiental 3930 de 2010 para así minimizar el impacto que se está generando por la incorrecta disposición de los vertimientos en el alcantarillado público.

De las diferentes tecnologías halladas, una alternativa muy viable es el Intercambio Iónico como sistema de remoción del decapado como propuesta técnica que ofrece la empresa Dindep Ltda. que además proporcionarían todo el equipo necesario para llevar a cabo inicialmente un piloto para realizar las pruebas y análisis de laboratorio y como sería su funcionamiento, para sustentar los beneficios de este proceso trae consigo.

1. RESEÑA DE LA EMPRESA

Industrias Ceno es una empresa líder en el diseño, fabricación y comercialización de soluciones, dirigidas a satisfacer las necesidades de infraestructura y manejo de materiales en todos los sectores de la economía, proporcionando los recursos necesarios para asegurar la satisfacción de todas las partes interesadas, con base en una cultura de mejoramiento continuo garantizando productos y procesos con altos estándares de calidad, que cumplan con las especificaciones requeridas y los requisitos legales aplicables.

Sus líneas de producto son:

- Estructuras metálicas para edificios metálicos, estructuras de cubiertas, silos y tanques, torres y pórticos para subestaciones
- Mecano: Sistema de bandeja portacables
- Almaceno: Sistemas de almacenamiento
- Seguridad vial
- MF Sistemas de construcción liviana-Perfilería
- Servicios de recubrimiento

Procesos -unidades Funcionales:

- **Almacenes:** Incluye labores de aprovisionamiento: manipulación y transporte de productos químicos, transporte y manipulación de materia prima, embalaje de materia prima.
- **Galvanizado:** En este proceso se realiza el recubrimiento de las piezas metálicas para evitar la corrosión .Este proceso se efectúa con un baño de zinc.
- **Pintura electrostática:** Incluye todas las acciones propias para la aplicación de un recubrimiento a presión .que garantice un acabado uniforme y duradero: desengrase acido, fosfatado, enjuagues, cabina de pintura, horno de secado.
- **Pintura liquida:** Piezas pintadas mediante pistola de aire, incluye los procesos de granallado, pintura, horno de secado y limpieza.
- **Metalmecánico:** Fabricación de estructuras metálicas para cubiertas, edificios, almacenamiento, conducción eléctrica y soporte, herrajes eléctricos y soportes. incluye las siguientes actividades: troquelado, punzonado, pulido, doblez, procesos de corte y soldadura.

Misión

Somos una empresa líder en el Diseño, fabricación y comercialización de productos, dirigida a satisfacer las necesidades de infraestructura y manejo de materiales en todos los sectores de la economía. Trabajamos con el compromiso de brindar las mejores alternativas para nuestros clientes, mediante la búsqueda constante de la excelencia en los procesos, fundamentada en la responsabilidad con la comunidad y el medio ambiente, con un total compromiso con nuestros colaboradores y accionistas.

Visión

Seremos un grupo de negocios innovador, enfocado en soluciones integrales para conducción de energía y datos, seguridad vial, logística de almacenamiento y estructuras metálicas, rentable, con liderazgo nacional e internacional, soportado en alta tecnología, fundamentado en el desarrollo de las personas y socialmente responsable.

2. EL PROBLEMA

2.1 Planteamiento

Industrias Ceno, es una empresa destinada a la fabricación, distribución, comercialización y montaje de todo tipo de estructuras metálicas que para su elaboración requieren de rigurosos procesos de fabricación.

Inherente a estos procesos se encuentra el consumo de diversas materias primas y recursos, tal es el caso del agua, indispensable para el pre-tratamiento del acero para posteriormente ser galvanizado en caliente, y las etapas que este involucra (desengrase, decapado, enjuagues, preparación química y recubrimiento).

Las aguas resultantes del decapado contienen elementos con características tóxicas, y es este el mayor problema que se deriva, ya que previo a su vertimiento debe garantizarse las condiciones mínimas normativas establecidas (Decreto D3930 de 2010), a fin de causar el menor impacto ambiental.

2.2 Descripción

En la actualidad no se están aplicando los procedimientos necesarios en el control de vertimientos de la sección de galvanizado para cumplir con el decreto 3930 de 2012, por los vertimientos generados del decapado.

2.3 Formulación

Con base a la información obtenida, ¿cuál es la tecnología o método más viable a ser implementado en Industrias Ceno S.A con el fin de cumplir con la normatividad ambiental?

2.4 Justificación

Hoy en día se cuenta con innumerables opciones tecnológicas que capacitan a las industrias de galvanoplastia para recuperar materiales valiosos en sus corrientes de desecho y así beneficiarse por medio de la reducción o eliminación de desechos peligrosos que generan las diferentes etapas del pre-tratamiento. Algunas de estas tecnologías son consideradas tecnologías limpias que pueden ser una excelente opción a la hora de darle un correcto uso a los vertimientos, aunque algunas de estas tienen como limitación sus costos de implementación.

La implementación de estas tecnologías ayuda a ahorrar y optimizar el uso del agua y que a su vez aportan beneficios tributarios por inversión ambiental, estas

tecnologías también evitan sanciones para la compañía Industrias Ceno S.A, generadas por daños al alcantarillado y riesgo de la salud humana.

Al considerar un tratamiento previo a las descargas, la empresa obtendrá beneficios en cuanto a calidad, riesgos laborales y principalmente el aseguramiento del cumplimiento de los requisitos legales vigentes, además de una optimización en el uso de los recursos.

2.5 Alcance

El proyecto se limita a revisar bibliografías existentes para el control de los vertimientos en Industrias Ceno S.A.

2.6 Objetivos

2.6.1 Objetivo general

Investigar y analizar los diferentes métodos existentes para el control de los vertimientos de la compañía Industrias Ceno S.A. que cumplan con la normatividad ambiental y necesidades de la misma.

2.6.2 Objetivos específicos

2.6.2.1. Investigar las diferentes tecnologías limpias utilizadas para el control de los vertimientos del sector de galvanoplastia.

2.6.2.2 Caracterizar la generación de los residuos de cada una de las etapas del proceso de galvanizado

2.6.2.3. Proponer un método o tecnología que se ajuste a las necesidades de la compañía Industrias Ceno S.A. que generen un buen impacto económico y ambiental.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1 Marco contextual

0

Tabla 1. Procesos en los que se generan aguas residuales industriales.

Unidad	Entradas	Procesos	Salidas	Descripción	Unidad
Kg	Hidronet base	Desengrase Acido	Derrame de sustancias químicas	Recarga del tanque y manejo de material	
Kg	Hidronet Rica Rica		Generación de olores ofensivos	Reacciones de las sustancias químicas	
m3	Agua		Generación de residuos peligrosos	Lodos y recipientes contaminados con químicos	Kg
Kg	Material para Galvanizar		Material	Pieza Desengrasada	Kg
m3	Agua	Desengrase Alcalino	Derrame de sustancias químicas	Recarga del tanque y manejo de material	
m3	Agua de pozo		Emisión de Energía	Calor	
Kg	Soda Caustica		Emisión de Gases	Evaporación	
				Enjuague alcalino:	
Kg	Tensoactivo		Generación de aguas residuales	Agua contaminada con químicos, alteración en el pH y sólidos.	m3
KWH	Resistencia eléctrica		Generación de residuos peligrosos	Lodos y recipientes contaminados con químicos	m3

Kg	Material para Galvanizar		Material	Pieza Desengrasada	Kg
----	--------------------------	--	----------	--------------------	----

Kg	Acido Clorhídrico	Decapado	Derrame de sustancias químicas	Recarga del tanque y manejo de material	m3
Kg	Ironsave		Emisión de compuestos orgánicos volátiles	Reacciones de las sustancias químicas	
Kg	Antivapor-D		Generación de aguas residuales	Agua contaminada con químicos, alteración en el pH y sólidos.	m3
m3	Agua		Generación de olores ofensivos	Reacciones de las sustancias químicas	Kg
Kg	Material para Galvanizar		Generación de residuos peligrosos	Lodos y recipientes contaminados con químicos	Kg
			Material	Pieza Decapada	

m3	Agua	Enjuague con Agua de Decapado	Generación de aguas residuales	Agua contaminada con químicos, alteración en el pH y sólidos.	Kg
Kg	Material para Galvanizar		Generación de residuos peligrosos	Lodos	Kg
			Material	Pieza Decapada	Kg

Kg	Film Flux	Fluxado	Emisión de Energía	Calor	
Kg	Sal de fluxado		Derrame de sustancias químicas	Recarga del tanque y manejo de material	
Kg	Metfil		Emisión de compuestos orgánicos volátiles	Reacciones de las sustancias químicas	
Kg	Amoniaco		Generación de aguas	Agua contaminada con	m3

			residuales	químicos, alteración en el pH y sólidos.	
Kg	Peróxido de Hidrogeno		Generación de olores ofensivos	Reacciones de las sustancias químicas	
m3	Agua		Generación de residuos peligrosos	Lodos del tanque, filtro prensa y recipientes contaminados con químicos	Kg
Kwh	Energía Eléctrica		Material	Piezas fluxadas	Kg
Kg	Material para Galvanizar				

Kg	Material para Galvanizar	Cámara de Secado	Emisión de Energía	Calor	
m3	Gas Natural		Emisión de Gases	Por cambio de temperatura	
Kwh	Energía Eléctrica		Material	Piezas pre secadas	Kg
Kg	Material para Galvanizar				

		Baño de Zinc + Centrifugado	Emisión de Energía	Calor	
Kg	Zinc		Emisión de Gases	NOX	m3
Kg	Flux zinc		Generación de residuos especiales	Dross y cenizas de zinc	m3
m3	Gas Natural		Generación de olores ofensivos	Humos con olor característico	Kg
Kwh	Energía Eléctrica		Material	Piezas galvanizadas	Kg
Kg	Material para Galvanizar				

m3	Agua	Tanque de	Emisión de	Energía calórica	Kg
----	------	------------------	-------------------	------------------	----

		Enfriamiento	Energía	por cambios de temperatura	
m3	Agua de pozo		Emisión de Gases	Vapores de agua	
Kg	Material Galvanizado		Generación de aguas residuales	Aguas a altas temperaturas y sólidos	m3
			Material	Pieza terminadas y piezas no conformes	

m3	Acido desechado	Acido (para pelar ganchos y reprocesos)	Generación de aguas residuales	Agua contaminada con químicos, alteración en el pH y solidos.	m3
Kg	Material no conforme		Generación de residuos peligrosos	Lodos	Kg
	Elementos para colgar material		Material	Piezas	Kg

m3	Agua con pH bajo	Neutralización	Generación de aguas residuales	Agua contaminada con químicos y solidos.	m3
m3	Agua		Generación de residuos peligrosos	Lodos	Kg
m3	Agua de pozo				
Kg	Soda caustica				

De la tabla anterior (Tabla 1) las etapas de **Decapado** y **Enjuague de decapado**, son las únicas vertidas al alcantarillado público, por ende será el foco de estudio del proyecto de grados.

3.1.1 Antecedentes Internos

La empresa, a través de los años ha realizado diversos estudios y programas en procura de obtener eficiencia y sostenibilidad en cada uno de sus procesos productivos.

En general el conglomerado de estudios ambientales consignados, denotan el origen de contaminantes en los baños de decapado, desengrase y de recubrimiento, cuyo principal problema radica en la disposición de los efluentes; es decir, las descargas al alcantarillado público.

La solución actual al control de las aguas de vertimiento generadas en el proceso de decapado, consiste en el envío del ácido gastado (HCL) a un tanque de neutralización una solución final, que no ataca el problema en su eje central, por ser la etapa donde mayor cantidad de residuos se encuentran en dilución.

A pesar de que actualmente en el proceso de galvanizado se cuenta con una filtro prensa, el cual es un sistema de filtración por presión con placas y marcos alternados con telas que se encuentran al lado de las placas, para drenar el filtrado en cada placa y así controlar las concentraciones de las aguas de decapado, y la limpieza de aguas de enjuague que no están cumpliendo a cabalidad con lo establecido en el Decreto 3930 de 2010 sobre la disposición de las A.R.I (Aguas Residuales Industriales).

Debido a esta problemática la compañía Industrias Ceno, tomó la decisión en el año 2012 de contratar a la empresa GAIA, especialista en estudios ambientales para que realizara un estudio y por ende un diagnóstico de la situación actual de los vertimientos en la compañía.

3.2 Revisión Bibliográfica

3.2.1 Tecnologías para el tratamiento de aguas residuales

Las tecnologías para el tratamiento de aguas residuales, son estrategias tecnológicas, generadas para el ahorro económico que se reflejan con el consumo de agua, reducción de carga y volumen de los vertimientos, reducción de costo en los tratamientos y la prevención de sanciones económicas.

3.2.1.1 Electrocoagulación: Consiste en la depuración de aguas residuales como un desestabilizador de los contaminantes del agua que se encuentran en suspensión o disueltos, por medio de la electricidad y por la acción de electrodos o placas metálicas de sacrificio que normalmente son el Hierro y el Aluminio, donde una de ellas tiene una polaridad negativa (cátodo) y otra con polaridad positiva (ánodo). Por medio de un reactor electrolítico especialmente diseñado se encuentran las placas o electrodos metálicos cubiertos por el agua a tratar para producir la electrocoagulación, donde se genera una elevada carga de cationes que desestabilizan los contaminantes del agua residual, formando suspensiones y emulsiones que provocan unos grumos llamados flóculos con los contaminantes. De otro lado, los electrodos generan burbujas de hidrogeno y oxigeno que chocan y se adhieren a los flóculos arrasándolos a la superficie del líquido, donde se forma una espuma que puede ser removida mecánicamente además de que ayuda a que el aceite y las grasas floten. (Nelly Bibiana Morales Posada, 2010)

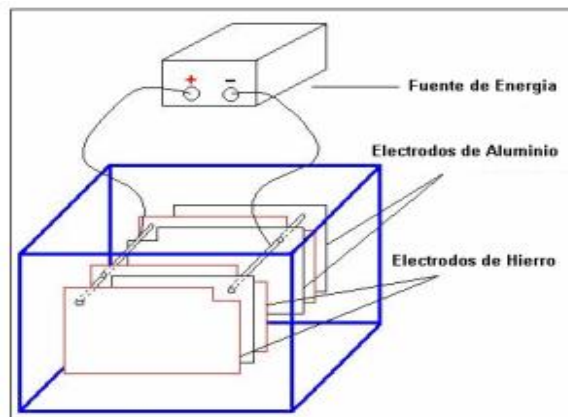


Ilustración 1 Reactor electrolítico

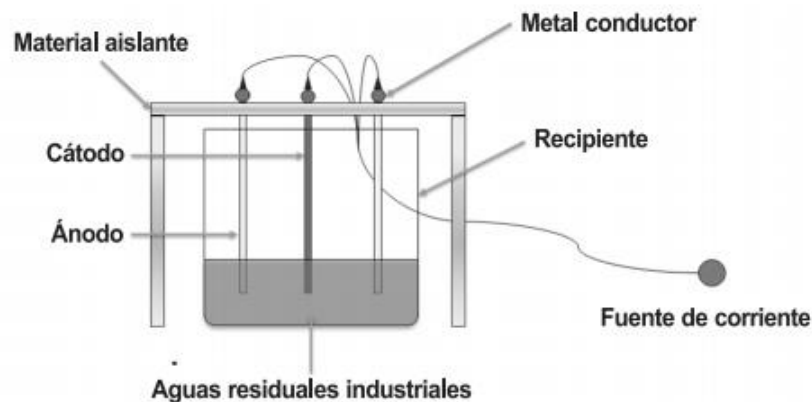


Ilustración 2 Sistema de electrocoagulación

Ventajas

- Se requiere de equipos simples y de fácil operación.
- Los flocs formados en la superficie del agua pueden ser separados fácilmente por filtración.
- Son tecnologías de bajo coste.
- Requieren poca inversión en mantenimiento.
- El óxido formado en el ánodo puede, en muchos casos, formar una capa que impide el paso de la corriente eléctrica, disminuyendo de esta forma la eficiencia del proceso.
- Produce flóculos más grandes que aquellos formados en la coagulación química y contienen menos agua ligada.
- Reduce la contaminación en los cuerpos de agua.

Desventajas

- Es necesario reponer los electrodos de sacrificio.
- Los lodos contienen altas concentraciones de Hierro y Aluminio, dependiendo del material del electrodo de sacrificio utilizado.
- El óxido formado en el ánodo puede, en muchos casos, formar una capa que impide el paso de la corriente eléctrica, disminuyendo de esta forma la eficiencia del proceso.

3.2.1.2 Electrodialisis: Es una técnica de separación por medio de corrientes eléctrica continua, donde separa la concentración y contaminación por medio de una membrana iónica con electrodos de distinta carga eléctrica iones positivos (cationes) que migran hacia el electrodo negativo (anión), mientras que los iones negativos lo harán hacia el positivo.

Un equipo de electrodialisis está formado por un conjunto de membranas aniónicas y catatónicas separadas por espaciadores o placas en forma alterna en una configuración similar a los filtro prensa. Los espaciadores provocan turbulencias que evitan la deposición de materiales en la superficie de las membranas y así homogenizar la concentración. Dichas membranas son cargadas eléctricamente y existen dos tipos como lo son las orgánicas e inorgánicas, siendo la primeras las utilizadas a nivel industrial. (Roa, 2007)

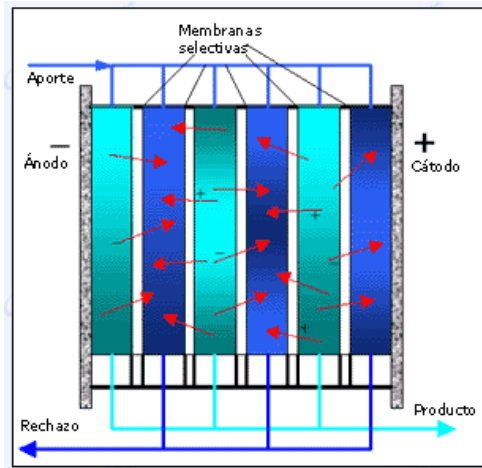


Ilustración 3 Esquema electrodiálisis

Ventajas

- De operación simple.
- Se puede ajustar para el uso con sistemas pequeños, por lo general funciona automáticamente con pocos requisitos de mantenimiento y funcionamiento.
- Puede utilizar diferentes fuentes de energía eléctrica (combustibles fósiles o renovables como solar o eólica).

Desventajas

- Requiere gran cantidad de energía para producir la corriente constante que impulsa la purificación y bombea el agua a través del sistema.
- Necesita purificación previa
- No se puede usar para aguas de dureza superior a 1ppm (partes por millo).

3.2.1.3 Extracción Líquido – Líquido: La extracción liquido-liquido consiste en la separación de uno o más componentes de una mezcla líquida, por contacto con otro líquido que no puede mezclarse de forma homogénea con ella o que puede no pueden mezclarse parcialmente a uno de los componentes de la mezcla líquida.

La extracción del líquido deseado a partir de una mezcla acuosa se puede conseguir añadiendo un disolvente orgánico que sean más o menos densos en el agua, que no pueda mezclarse con el agua y que sea capaz de solubilizar la máxima cantidad de producto a extraer más no las impurezas que lo acompañan en la mezcla de reacción. La mezcla es agitada para aumentar la superficie de contacto entre ellas y permitir un equilibrio más rápido del producto a extraer entre las dos fases. Unos minutos después de la agitación las dos fases se separan de

nuevo, espontáneamente por la decantación, debido a la diferencia de densidades entre ellas, con lo que la fase orgánica que contiene el producto deseado se podrá separar mediante una simple decantación de la fase acuosa conteniendo impurezas. Después de la extracción la fase acuosa frecuentemente aun contiene cierta cantidad del producto a separar, se suele repetir el proceso de extracción un par de veces más con disolvente orgánico puro.

Supongamos que una disolución de un compuesto A en un disolvente 1 se extrae con otro disolvente 2, inmiscible con el primero, en el cual el compuesto A es más soluble. Dicho compuesto se repartirá entre ambos disolventes hasta llegar a una situación de equilibrio. Finalmente, las dos fases líquidas inmiscibles se separarán en el embudo de decantación, quedando abajo la de mayor densidad. (RODAS)

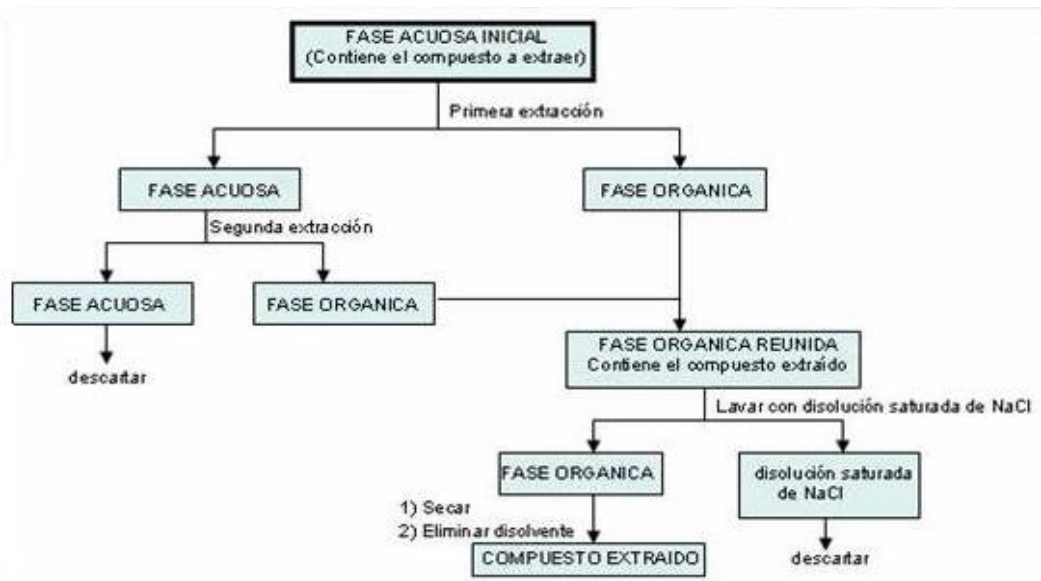


Ilustración 4 Fase acuosa

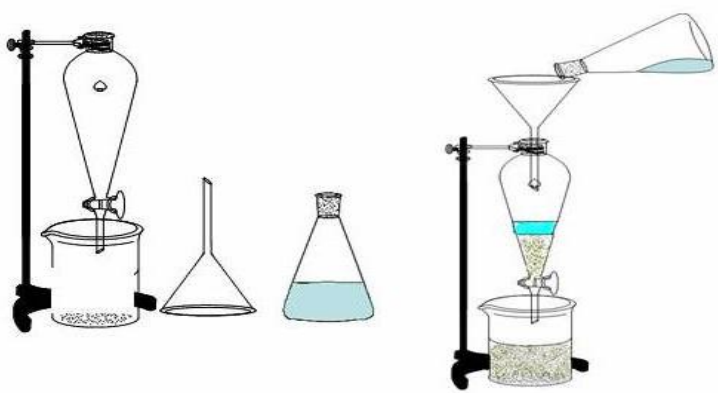


Ilustración 5 Extracción Líquido- Líquido

Ventajas

- Otros métodos no son factibles: Volatilidades similares o muy pequeñas.
- Compuestos sensibles a la elevación de la temperatura.
- Sirve como sustituto de separaciones químicas.

Desventajas

- Composición de la alimentación, temperatura, presión y velocidad de flujo.
- El grado de separación deseado.
- Elección del disolvente.
- Temperatura y presión de operación muy altas.
- La formación de emulsiones y espumas.
- Implementación muy costosa

3.2.1.4 Precipitación química: Consiste en la separación de sustancias por asentamiento gravitacional, por medio de reactivos químicos que alteran su estado físico o su solubilidad. La precipitación química es un proceso que consiste en tres pasos que consiste en coagulación, floculación y sedimentación.

Coagulación: en esta etapa los contaminantes se reducen o eliminan mediante la adición de productos químicos, mediante la agitación física y movimiento. Esta mezcla al ser disuelta produce un choque de partículas, hace que las partículas se agrupen y se formen partículas más grandes es decir la coagulación. Los productos químicos añadidos para promover dicho choque se denominan coagulantes y tiene dos funciones principales: La primera es desestabilizar las partículas, lo que permite la interacción, y el segundo es promover la agrupación de partículas reforzando la floculación.

Floculación: Se produce con una velocidad de mezcla con menor velocidad para generar flóculos más grandes, debido a que si la velocidad es alta los flóculos se destruyen por el exceso de contacto físico.

Sedimentación: Aunque los flóculos están de mayor tamaño sigue siendo necesario algo de mezcla para que exista contacto entre las masas desolidas y así crear flóculos que se sedimenten rápidamente. En una precipitación normalmente los sólidos se separan del líquido por sedimentación donde se pueden apreciar dos capas visibles: una sólida y una líquida que pueden separarse con facilidad. (Quesada)

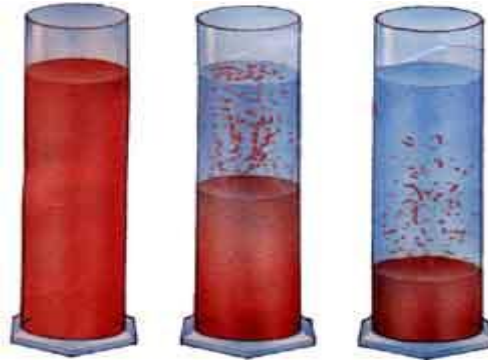


Ilustración 6 Precipitación química

Ventajas

- Hay un ahorro aproximado del 30% en costos de SBC
- Reducción considerable de barras.
- Se reduce el tiempo de precipitación.
- El precipitante orgánico muchas veces tiene un peso molecular elevado esto ayuda a que una cantidad pequeña de metal pueda producir un precipitado de gran peso.
- Los precipitados obtenidos con los reactivos orgánicos con frecuencia son gruesos y voluminosos, por lo tanto son más fáciles de manejar.

Desventajas

- La baja solubilidad de los quelatos limita la solubilidad en agua de la mayoría de los reactivos orgánicos.
- Muchos de los precipitados orgánicos no tienen una forma en la que se pueda pesar adecuadamente, estorbar la incertidumbre en el proceso de secado
- Los precipitados no se humedecen con facilidad por el agua y por eso tienden a flotar en la superficie de la solución y ascender por la pared de las cubas.

3.2.1.5 Difusión dialítica: Se presenta como una alternativa capaz de devolverle las características necesarias al ácido para su reintegración al proceso. Adicionalmente, con esta tecnología se incrementa la vida útil del ácido y se reducen los costos por generación, manejo y transporte de residuos peligrosos. Sin embargo a pesar de los beneficios que otorga la DD, implica un alto gasto de agua limpia, pero es allí donde se hace útil la neutralización/sedimentación de la solución metálica residual para su posterior reúso en el sistema DD.

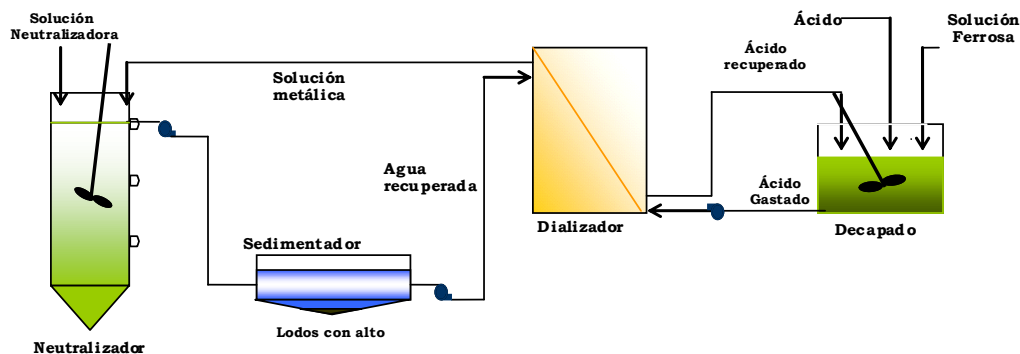


Ilustración 7 Proceso del sistema ecológico de decapado modificado

Ventajas

- Excelente calidad de agua recuperada
- Económico.
- Ahorra el uso de ácido y soda caustica.
- Reducción de gasto de manejo y transporte de residuos peligrosos.

Desventajas

- Altos gastos de agua limpia.

3.2.1.6 Intercambio Iónico: Consiste en un proceso de separación de gran versatilidad. Su principal área de aplicación es el reciclaje de las aguas de los enjuagues reteniendo sus contaminantes en las resinas de intercambio, concentrándolos finalmente en el proceso de regeneración, haciendo por tanto más económico y controlable su tratamiento al retirar el hierro de los decapados se permite la recirculación de estos y se evita el botarlos y neutralizarlos, lo cual genera ahorros de ácido, soda caustica y agua minimizando el impacto ambiental. Igualmente, es importante considerar que al ser un proceso nuevo en el país, es necesario un chequeo a nivel piloto.

Este sistema consiste en la separación de los sólidos, del decapado por medio de filtros de tela y de carbón para luego el líquido ser enviado al tanque de resina aniónica, la cual es una esfera con un tamaño de 0,3 a 1,2 mm de material sintético y es insoluble en el agua. Al estar la resina con cargas negativas actúa tomando iones de la solución de decapado y cede cantidades equivalentes de otros iones, es decir el intercambio iónico es el desplazamiento de iones negativos o aniones por otros iones negativos para la separación de impurezas para que luego pueda ser reutilizada el agua. (Quiminet, 2012)

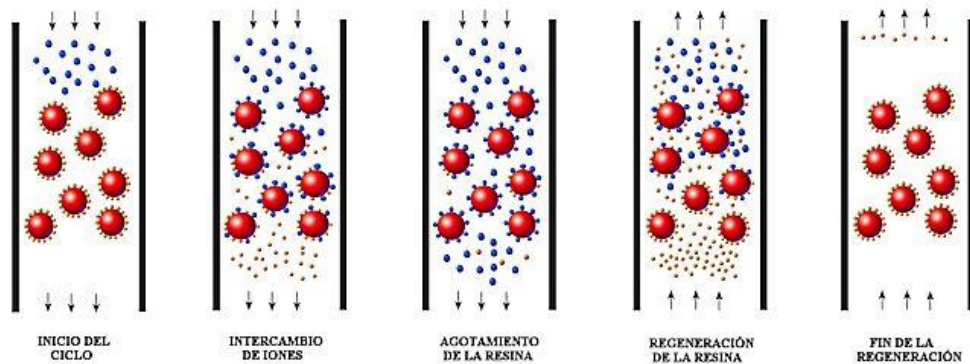


Ilustración 8 Intercambio Iónico

Ventajas

- El intercambio iónico es muy útil en disoluciones con bajas concentraciones de impurezas iónicas.
- Las resinas sintéticas presentan una gran capacidad de intercambio lo que permite utilizar equipos de dimensiones menores.
- Las resinas son estables químicamente, de larga duración y fácil regeneración.

Desventajas

- El uso de resinas está contraindicado en disoluciones con altas concentraciones de impurezas iónicas ya que en seguida quedan ionizadas y es preciso regenerarlas utilizando grandes cantidades de agua destilada que tras la regeneración queda inservible y hay que eliminar suponiendo grandes pérdidas económicas.

3.3. Marco legal

Decreto 3930 de 2010

Artículo 28 del Decreto 3930 de 2010, modificado con el artículo 1 del Decreto 4728 de 2010, corresponde al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, fijar los parámetros y los límites máximos permisibles que deben cumplir los vertimientos a las aguas superficiales, marinas, a los sistemas de alcantarillados público y al suelo asociado a un acuífero. Además, establece que el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, dentro de los diez (10) meses, contados a partir de la fecha de publicación del Decreto, expedirá las normas de vertimientos puntuales a aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.

Artículo 29 del Decreto 3930 de 2010, la autoridad ambiental competente con fundamento en el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH, podrá fijar

valores más restrictivos a las normas de vertimiento que deben cumplir los vertimientos al cuerpo de agua o al suelo asociado a un acuífero. Igualmente, la autoridad ambiental competente podrá exigir valores regionales más restrictivos en el vertimiento o realizar exigencias particulares a aquellos generadores que aun cumpliendo con la norma de vertimiento, ocasionen concentraciones en el cuerpo receptor que excedan los criterios de calidad para el uso o usos asignados al recurso, debiéndose realizar en todos estos casos los estudios técnicos que lo justifiquen.

Artículo 62 del Decreto 3930 de 2010, considera a los Planes de Reversión a Tecnologías Limpias en Gestión de Vertimientos – PRTLGV como un mecanismo facilitador para el cumplimiento de las normas de vertimiento; mecanismo que conforme al numeral 14 del artículo 5 de la Ley 99 de 1993, puede ser objeto de regulación por parte del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el cual definirá los procedimientos para su implementación y aplicación por parte de los generadores de vertimientos que desarrollan actividades industriales, comerciales o de servicio.

4. DISEÑO METODOLOGICO

El estudio fue realizado bajo el apoyo de fuentes bibliográficas extraídas de internet, libros y consultas hechas en la compañía Industrias Ceno.

5. ESTUDIO REALIZADO POR GAIA

A continuación se dará a conocer el estudio realizado por la empresa GAIA en el año 2012, con el fin de conocer el estado actual de los vertimientos en la compañía Industrias Ceno S.A:

5.1. ESTUDIO DE AGUAS RESIDUALES

Descripción de procesos productivos

Las aguas residuales de la planta de galvanoplastia son generadas por los siguientes procesos:

- **Descarga de los tanques:** descarga de los tanques de enjuague con diferentes soluciones químicas utilizadas para desengrasar y limpiar la materia prima antes del proceso de galvanizado específicamente el decapado.
- **Lavado de cárcamosentre tanques:** que son cavidades ubicadas alrededor de los tanques de galvanizado y cuya función es re direccionar los derramamientos de líquidos y de los vertimientos antes de ser enviados al alcantarillado público.

Las aguas residuales de la caja de inspección final ubicada en la zona de pintura electrostática son el resultado de la mezcla de las aguas industriales de galvanoplastia con aguas domésticas.

- **CONSUMO DE AGUA**

El consumo de agua para la descarga de galvanoplastia proviene de la descarga de un tanque de enjuague de 7 m³, aproximadamente, según la altura de tanque este se encontraba con un volumen de 3 m³ aproximadamente.

- **DESCRIPCION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO**

Las aguas generadas en los procesos de galvanoplastia se dirigen al alcantarillado por medio de tubería donde se realiza la mezcla con aguas domésticas, posteriormente se direcciona al alcantarillado público.

- **TOMA DE MUESTRAS**

Se realizó la toma de muestras de agua a la descarga de galvanoplastia, en la entrada a la caja de sedimentación, por un periodo de ocho (8) horas continuas y con una frecuencia de veinte (20) minutos.

En la Foto 1, se muestra el sitio de la descarga de galvanoplastia y descarga global de la Planta de INDUSTRIAS CENO. S.A.

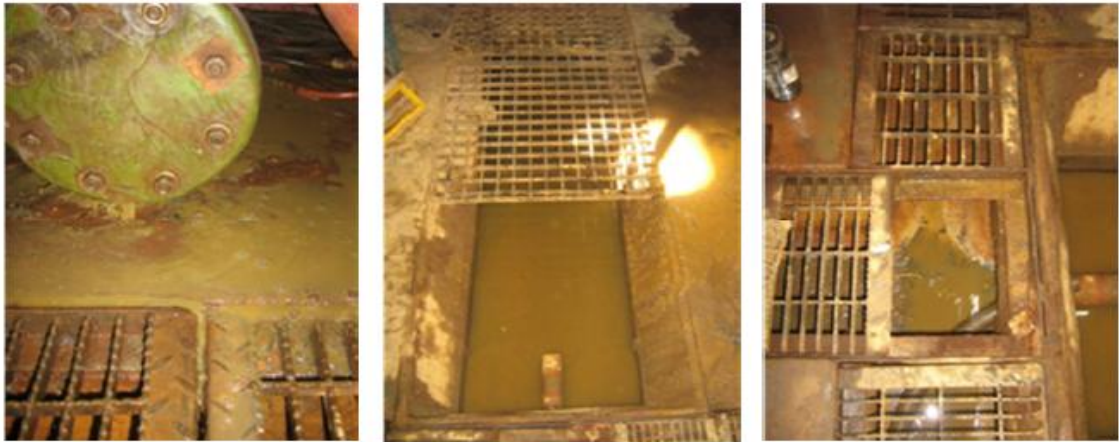


Foto 1. Sitio de la Descarga Galvanoplastia y descarga global.

En cada toma de muestras se registraron los datos de pH, temperatura, conductividad, y se realizó un cálculo para determinar el caudal de la descarga. La muestra compuesta se conformó con alícuotas tomadas de cada una de las muestras de campo, las cuales se determinan en forma proporcional al caudal de la descarga en cada instante y al tiempo total de monitoreo. Las muestras de campo recolectadas fueron preservadas en neveras de icopor con hielo de agua y se adicionaron los reactivos para fijar los parámetros que así lo requieren de acuerdo con lo estipulado en el STANDARD METHODS, (ver **Foto 2**).



Foto 2. Preservación de Muestras Recolectadas

Para la verificación del caudal de descarga se utilizó la medición por el método de aforo volumétrico para cada descarga, en la foto se observa el tanque descargado

en la zona de galvanoplastia para los cuales se le tomo registro de los valores por 8 horas (ver **Foto 3**).



Foto 3. Tanque Galvanoplastia y Descarga Global.

Calculo de Caudal a la descarga Galvanoplastia

Tabla 2. Calculo de caudal Galvanoplastia

Muestra #	Hora	V1	T1	V2	T2	V3	T3	Qi
1	8:40	1	3,2	1	3,25	1	3,28	0,308
2	9:00	1	3,34	1	3,43	1	3,15	0,303
3	9:20	1	3,19	1	3,22	1	3,21	0,312
4	9:40	2	6,44	1	3,18	1	3,16	0,314
5	10:00	1	3,35	1	3,42	1	3,29	0,298
6	10:20	1	3,46	1	3,30	1	3,28	0,299
7	10:40	1	3,81	1	3,53	1	3,31	0,283
8	11:00	1	3,22	1	3,33	1	3,29	0,305
9	11:20	1	4,32	1	4,30	1	4,21	0,234
10	11:40	1	3,18	1	3,35	1	4,15	0,285
11	12:00	1	3,58	1	3,45	1	4,26	0,268
12	12:20	1	3,56	1	3,54	1	3,55	0,283

13	12:40	1	3,48	1	3,39	1	3,44	0,291
14	13:00	1	3,03	1	3,09	1	3,10	0,325
15	13:20	1	3,17	1	3,18	1	3,16	0,315
16	13:40	1	3,65	1	3,74	1	3,63	0,272
17	14:00	1	3,3	1	3,23	1	6,25	0,258
18	14:20	1	3,56	1	3,62	1	3,50	0,281
19	14:40	1	3,29	1	3,34	1	3,20	0,305
20	15:00	1	3,54	1	3,65	1	3,50	0,281
21	15:20	1	3,35	1	3,40	1	3,37	0,296
22	15:40	1	3,3	1	3,40	1	3,29	0,300
23	16:00	1	3,54	1	3,43	1	3,29	0,293
24	16:20	1	3,45	1	3,21	1	3,33	0,301

Calculo de Caudal a la descarga global

Tabla 3. Cálculo de caudal Descarga Global

Muestra #	Hora	Qi
1	8:40	0,462
2	9:00	0,352
3	9:20	0,322
4	9:40	0,317
5	10:00	0,302
6	10:20	0,302
7	10:40	0,336
8	11:00	0,715
9	11:20	0,317
10	11:40	0,332
11	12:00	0,381
12	12:20	0,43
13	12:40	0,439
14	13:00	0,325
15	13:20	0,315
16	13:40	0,272

17	14:00	0,258
18	14:20	0,281
19	14:40	0,374
20	15:00	0,319
21	15:20	0,355
22	15:40	0,300
23	16:00	0,293
24	16:20	0,301

Los valores de caudal en un instante dado (Q_i) para la descarga global resultan de sumar los caudales de las descargas de Galvanizado y Pintura Electrostática, debido a que en el punto en el que se tomaron las muestras no se pueden separar (descargas de galvanizado y pintura electrostática).

PARAMETROS: METODO Y TECNICA ANALITICA

Tabla 3 Equipos y métodos de análisis

PARÁMETROS	METODO DE ANALISIS	TÉCNICA ANALITICA	LÍMITE DE DETECCIÓN (mg / L)
DQO Total	SM – 5520 D	Reflujo cerrado(Micro DQO)	43
DBO ₅ Total	SM – 5210 B	Método Winkler Electrodo selectivo de O ₂	2
pH	SM – 4500 H ⁺	Electrodo selectivo	0 – 14
Grasas y/o Aceites	SM – 5520 D	Extracción Soxhlet Gravimetría	0,5
Sólidos Suspendidos	SM – 2540 D	Gravimetría (103 – 105 oC)	3,0
Sólidos Totales	SM – 2540 B	Gravimetría (103 – 105 oC)	12,0
Sólidos Sedimentables	SM – 2540 F	Volumétrico	0,1
Aluminio	SM-3500 Al A SM-3110 SM-3030 F SM-3111 D	Digestión ácida Absorción atómica	0.550
Arsénico	SM-3500 As A SM-3110 SM-3030 F SM-3111 D	Digestión ácida Absorción atómica	0.552
Cadmio	SM-3500 Cd A SM-3110 SM-3030 F SM-3111 B	Digestión ácida Absorción atómica	0.006
Cobre	SM-3500 Cu A SM-3110 SM-3030 F SM-3111 B	Digestión ácida Absorción atómica	0.033

PARÁMETROS	METODO DE ANALISIS	TÉCNICA ANALITICA	LÍMITE DE DETECCIÓN (mg / L)
Cromo	SM-3500-Cr A SM-3110 SM-3030 F SM-3111 D	Digestión ácida Absorción atómica	0.088
Hierro	SM-3500 Fe A SM-3110 SM-3030 F SM-3111 B	Digestión ácida Absorción atómica	0.199
Mercurio	SM-3500 Hg SM-3112 B	Vapor frío	0.000488
Níquel	SM-3500 Ni SM-3110 SM-3030 F SM-3111 B	Digestión ácida Absorción atómica	0.033
Plata	SM-3500 Ag SM-3110 SM-3030 F SM-3111 B	Digestión ácida Absorción atómica	0.0032
Plomo	SM-3500 Pb A SM-3110 SM-3030 F SM-3111 B	Digestión ácida Absorción atómica	0.031
Zinc	SM-3500 Zn A SM-3110 SM-3030 F SM-3111 B	Digestión ácida Absorción atómica	0.028
Cianuro Total	SM-4500 E SM-4500 C	Fotométrica	0,02
Fenoles	SM-5530-B, D	Espectrofotométrico ultravioleta	0,08
Fósforo reactivo	SM-4500-P E	Espectrofotométrico ultravioleta Ácido Ascórbico	0,03

RESULTADOS

Descarga Galvanoplastia

A continuación se presentan los datos de campo para la descarga global de la empresa.

Tabla 4. Datos de Campo – Descarga Galvanoplastia

DATOS DE CAMPO - DESCARGA GALVANOPLASTIA					
Muestra #	Hora	pH (unidades)	Temperatura (°C)	Caudal (L/s)	Observaciones
1	8:40	5,018	20,60	0,308	Agua amarillosa oscura con sólidos
2	9:00	5,815	20,80	0,303	Agua amarillosa oscura con sólidos
3	9:20	5,626	20,70	0,312	Agua amarillosa oscura con sólidos
4	9:40	5,899	21,00	0,314	Agua amarillosa clara con sólidos
5	10:00	6,258	21,10	0,298	Agua amarillosa clara con sólidos
6	10:20	6,098	21,20	0,299	Agua amarillosa clara con sólidos
7	10:40	6,263	21,10	0,283	Agua amarillosa oscura con sólidos
8	11:00	6,131	21,20	0,305	Agua amarillosa oscura con sólidos
9	11:20	6,121	21,40	0,234	Agua amarillosa oscura con sólidos
10	11:40	6,011	21,20	0,285	Agua gris oscura con sólidos
11	12:00	6,546	21,60	0,268	Agua gris oscura con sólidos
12	12:20	6,526	21,60	0,283	Agua amarillosa oscura con sólidos
13	12:40	6,487	21,30	0,291	Agua amarillosa oscura con sólidos
14	13:00	6,246	22,60	0,325	Agua amarillosa clara con sólidos
15	13:20	6,191	22,80	0,315	Agua amarillosa clara con sólidos
16	13:40	6,284	22,20	0,272	Agua amarillosa clara con sólidos
17	14:00	6,128	22,00	0,258	Agua amarillosa oscura con sólidos
18	14:20	5,139	21,90	0,281	Agua amarillosa clara con sólidos
19	14:40	5,998	21,50	0,305	Agua gris-amarillosa con solidos
20	15:00	6,529	21,70	0,281	Agua amarillosa clara con sólidos
21	15:20	5,899	21,80	0,296	Agua amarillosa clara con sólidos
22	15:40	5,691	21,90	0,300	Agua amarillosa clara con sólidos
23	16:00	5,789	21,80	0,293	Agua amarillosa clara con sólidos
24	16:20	5,345	21,80	0,301	Agua amarillosa clara con sólidos
Promedio		N.A.	21,53	0,292	
Mínimo		5,018	20,60	0,234	
Máximo		6,546	22,80	0,325	

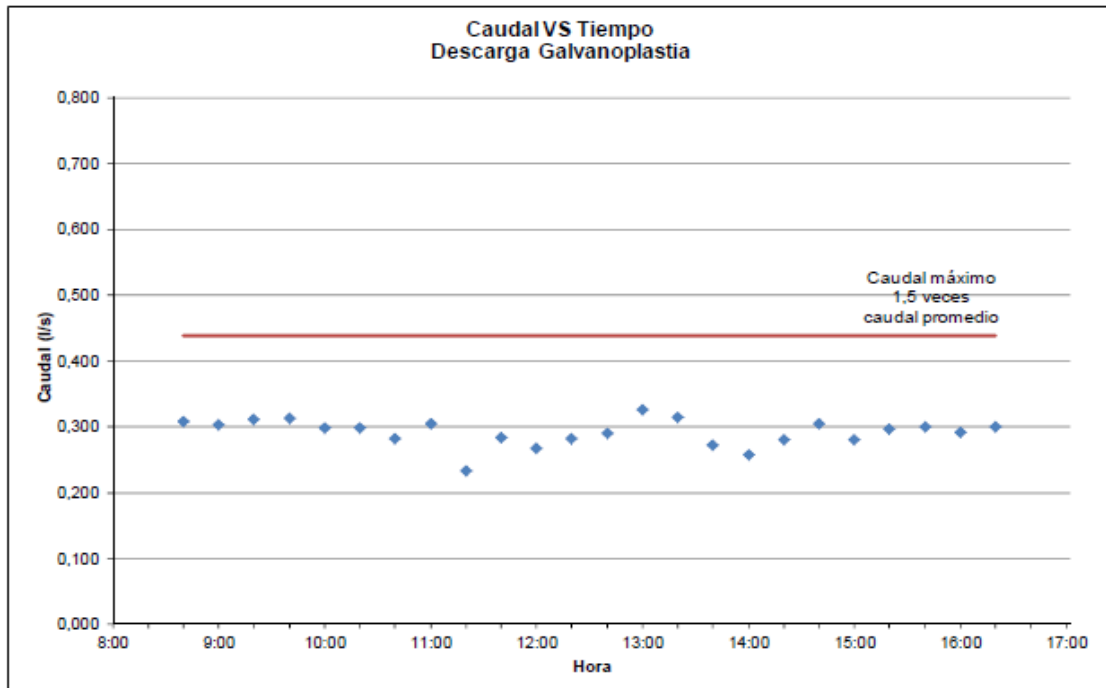


Gráfico 1. Comportamiento del Caudal

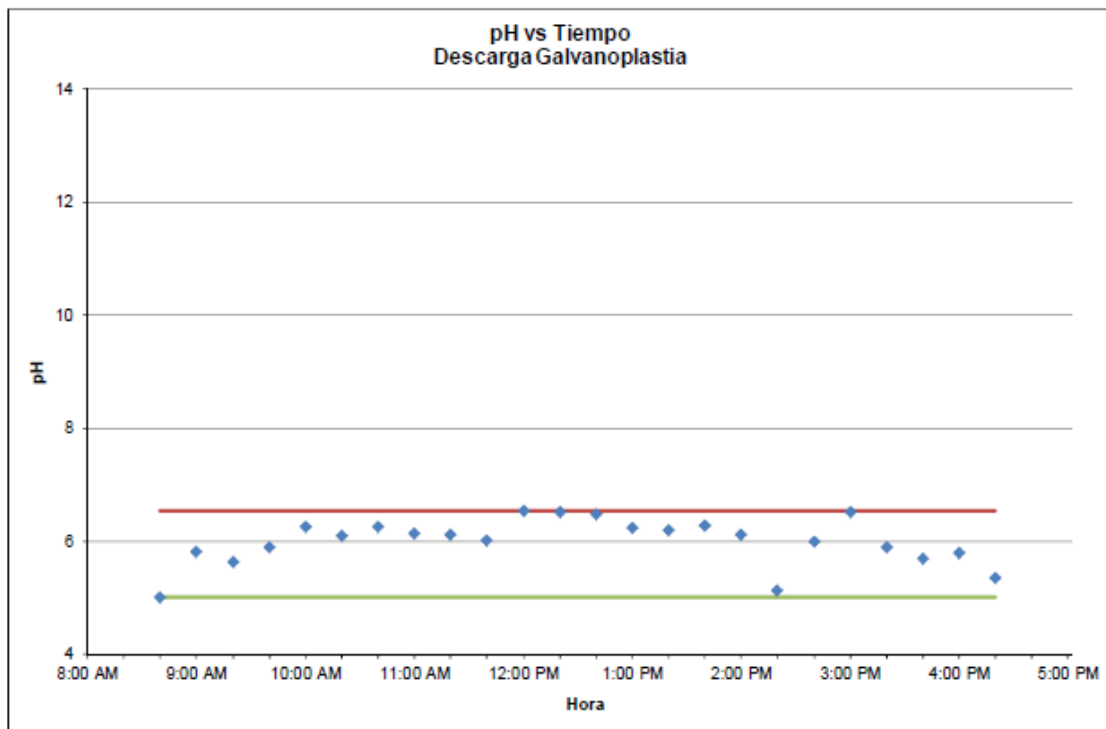


Gráfico 2. Comportamiento del Ph

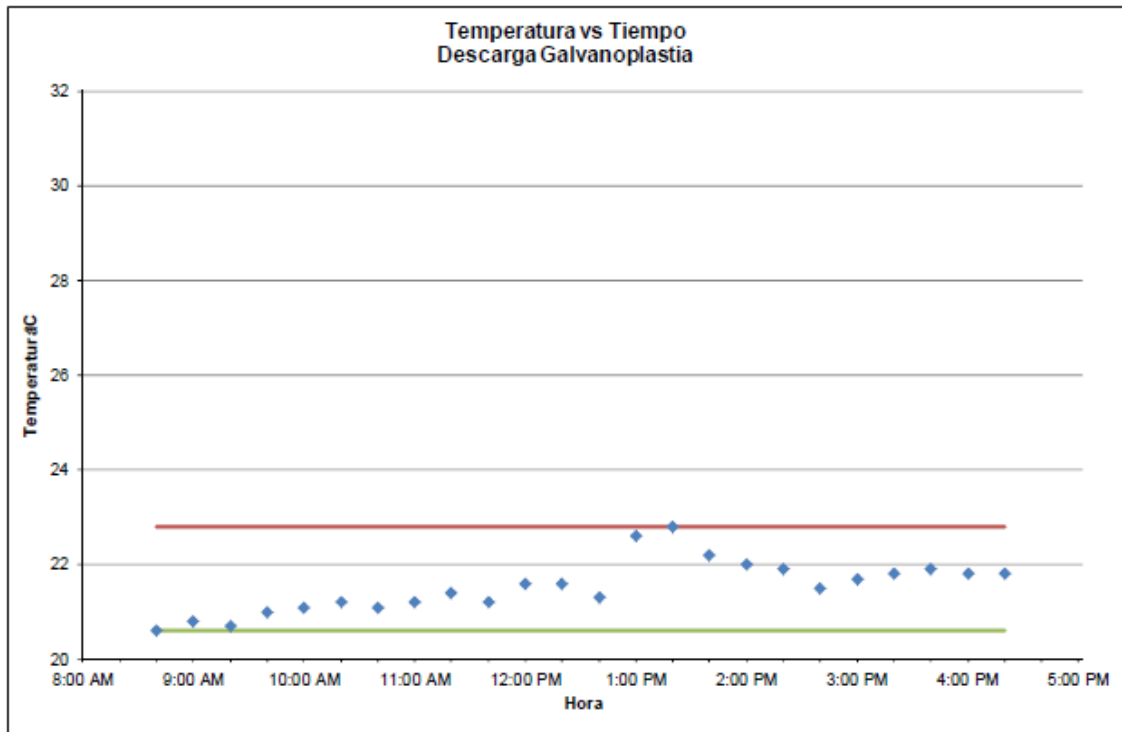


Grafico 3. Comportamiento de la Temperatura

ANALISIS FISICOQUIMICOS

Tabla 5. Resultados Físicoquímicos Descarga Galvanoplastia

Descarga Galvanoplastia		
PARAMETROS	CONCENTRACION	UNIDADES
DBO ₅	90,43	mg O ₂ /L
DQO	189,00	mg O ₂ /L
Sólidos Totales	2389,00	mg /L
Sólidos Suspendidos	41,90	mg SS/L
Sólidos Sedimentables	0,10	mL/L/h
Grasas y aceites	5,00	mg Grasas/L
Zinc	75,067	mg Zn /L

CARGA CONTAMINANTE Y REMOCION DEL SISTEMA

Tabla 6.Carga Contaminante Galvanoplastia

PARAMETROS	CONCENTRACION	UNIDADES	CARGA	UNIDADES
DBO5	90,43	mg O2/L	2,282	Kg/día
DQO	189,00	mg O2/L	4,769	Kg/día
Sólidos Totales	2389,00	mg ST/L	60,285	Kg/día
Sólidos Suspendidos	41,90	mg SS/L	1,057	Kg/día
Grasas y aceites	5,00	mg Grasas/L	0,126	Kg/día
Zinc	75,067	mg Zn /L	1,894	Kg/día
Para realizar el cálculo de la carga contaminante se tomo la concentración obtenida para cada parámetro, el caudal promedio obtenido para cada punto de muestreo y el tiempo de descarga según la jornada laboral de la empresa.				
Caudal	l/s	0,292		
Tiempo de Vertimiento	Horas	24,00		
Fc	Adimensional	0,0864		

ANALISIS DE RESULTADOS

Descarga Galvanoplastia

pH: Los valores de pH encontrados alcanzaron un valor máximo de 6,55 y un mínimo de 5,02 unidades.

Temperatura: La temperatura cambio de acuerdo a la variación de los procesos y el climadurante toda la jornada oscilando entre 20,6 y 22,8 °C con un promedio de 21,5°C.

Caudal: A lo largo de la jornada, el caudal fue variable presentando un valor mínimo de 0,234 l/s y un máximo de 0,325 l/s, con un promedio de 0,292 l/s. El caudal fue controlado con apertura de la compuerta de vaciado del tanque de enjuague la cual se realizaba en forma manual.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5): La concentración en DBO5 fue de 90,43 mg O2/L correspondiente a una carga contaminante de 2,282 kg/día.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): La concentración de DQO en este punto fue 189,00 mg O2/L correspondiente a 4,769 kg/día.

Índice de biodegradabilidad (DBO5/DQO): fue de 0,5 el cual indica que la materia orgánica encontrada era medianamente degradable.

Grasas y/o Aceites: La concentración fue de 5,0 mg grasas/l correspondiente 0,126Kg/día.

Sólidos Totales (ST): Se obtuvo una concentración de sólidos totales de 2389,0 mg ST/L, que corresponde a una carga contaminante de 60,285 Kg/día.

Sólidos Suspendidos: La concentración de sólidos suspendidos fue de 41,9 mg SS/L, que corresponde a una carga contaminante de 1,057 kg/día.

Sólidos Sedimentables: Se obtuvo una concentración de sólidos sedimentables de 0,10ml/L-h.

Zinc: Se reportó un valor de 75,067 mg Zn /L para una carga de 1,894 kg/día.

Condiciones organolépticas: En la descarga de galvanoplastia no se realizó inyección de aire al tanque para homogenizar y no se realizó una adecuada agitación del tanque. Se presentó un aumento de sólidos por arrastre en las últimas tres muestras debido al bajo nivel de agua en el tanque de descarga, además se presentaron cambios de color en las muestras. (Ambientales, 2012)

Tabla 7. Resumen cumplimiento de normatividad

Parámetros	Unidades	Valor Encontrado	Valor Decreto 3930 Instalación Existente	Cumplimiento Instalación Existente
pH Min	Unidades pH	5,07	5	SI CUMPLE
pH Max	Unidades pH	8,99	9	SI CUMPLE
Temperatura Máxima	°C	30,40	30	NO CUMPLE
Q Máximo (Encontrado)	l/s	0,72	NA	NA
Q Máximo (Permitido)	l/s	0,53	$Q_{\text{maximo}} < 1,5 * Q_{\text{promedio}}$	NO CUMPLE
DBO5	mg O2/L	86,29	300	SI CUMPLE
DQO	mg O2/L	165,70	800	SI CUMPLE
Grasas y aceites (hexano)	mg/l	0,50	100	SI CUMPLE
Sólidos Suspendidos	mg/l	286,00	400	SI CUMPLE
Sólidos Sedimentables	ml/L-h	26,00	10	NO CUMPLE
Aluminio	mg Al/L	0,550	10,0	SI CUMPLE
Arsénico	mg As/L	0,552	0,5	NO CUMPLE

Cadmio	mg Cd/L	0,006	0,1	SI CUMPLE
Cobre	mg Cu/L	0,078	3,0	SI CUMPLE
Cromo	mg Cr/L	0,088	1,0	SI CUMPLE
Hierro	mg Fe/L	308,917	10,0	NO CUMPLE
Mercurio	mg Hg/L	0,000488	0,02	SI CUMPLE
Níquel	mg Ni/L	0,377	2,0	SI CUMPLE
Plata	mg Ag/L	0,0032	0,5	SI CUMPLE
Plomo	mg Pb/L	0,031	0,5	SI CUMPLE
Zinc	mg Zn/L	77,250	3,0	NO CUMPLE
Cianuro Total	mg CN-/L	0,020	1	SI CUMPLE
Fenoles	mg Fenol/L	0,080	0,2	SI CUMPLE
Fósforo reactivo	mg P- PO4/L	0,030	N.A	N.A.

COMENTARIOS FINALES

- El agua del sistema se utiliza y se descarta al alcantarillado público.
- Los resultados de la caracterización están reportando una concentración acorde con este tipo de aguas residuales industriales.
- Se observa que hay algunos de los parámetros medidos que se encuentran cumpliendo con la normatividad vigente, y otros se encuentran por fuera de los valores establecidos en la norma.
- Se recomienda implementar un sistema de tratamiento para este tipo de aguas.

Como se puede observar en los resultados finales hay parámetros que no cumplen con el Decreto 3930, lo que hace evidente la necesidad de implementar una tecnología limpia que garantice el cumplimiento de estos parámetros y así evitar futuras sanciones.

6. PROPUESTA

Basado en que el intercambio iónico además de recuperar el agua, ácido y remoción del hierro es un sistema de producción más limpia muy completo y que no requiere de mucha inversión se contactó la empresa Dindep Ltda. la cual presento como propuesta el diseño, construcción, suministro y puesta en marcha de una planta de tratamiento de aguas residuales, además de un sistema de intercambio iónico para eliminar hierro, las soluciones de ácido clorhídrico del decapado, el ahorro y uso eficiente del agua y cuya implementación está basada en lo siguiente:

Para el sistema de remoción de Hierro y de las soluciones de decapado por intercambio iónico:

Cuando el Hierro se retira del decapado, se puede re circular y así se evita el neutralizarlos y botarlos, lo que generaría ahorros de agua, soda caustica y acido para reducir el impacto ambiental.

El hierro recuperado del decapado como cloruro férrico se puede utilizar como coagulante en el tratamiento de aguas y la posibilidad de comercializarlo.

Antes de realizar la descarga del decapado para ser vertida primero se debe determinar la acidez libre, mediante titulaciones que son las que miden la cantidad de concentración de hierro en la muestra realizada, si la concentración del tanque es menor o igual a 30 g/L el tanque no es apto para un adecuado decapado, así que debe programarse para ser descargado.

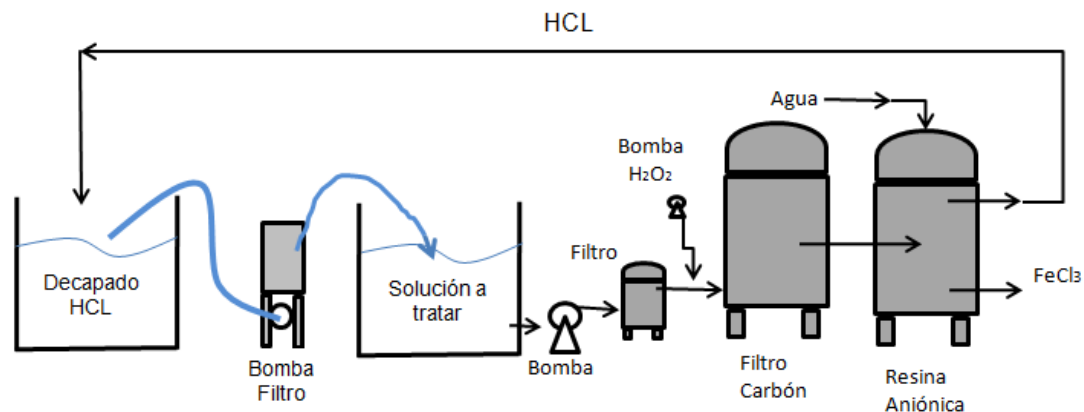


Ilustración 9 Sistema de remoción de hierro de soluciones de decapados por intercambio iónico

La propuesta realizada por Dindep Ltda. consta de las siguientes etapas:

1. Inicialmente se debe realizar un primer filtro para liberar la solución de impurezas solidas por medio de una tela filtrante pero que de igual manera no disminuye la concentración del Hierro.
2. Luego la solución pasa a otro tanque donde se debe pasar nuevamente a otro filtro por medio de una bomba, pero que antes debe tener una concentración de ácido requerida adicionando HCL al 33% para obtener una concentración de ácido al 24% antes de entrar al proceso de intercambio iónico.
3. Luego se agrega a la solución peróxido de Hierro (H_2O_2) al 9% para garantizar la oxidación del hierro a un estado Férrico, es decir oxidado para luego pasarlo al filtro carbón para extraer el hierro y terminar de limpiar la solución.
4. Por último se pasa a la resina aniónica para que se produzca el intercambio iónico y así poder recuperar el cloruro férrico, el cual se puede emplear como coagulante de aguas residuales industriales.

CONCLUSIONES

- Los vertimientos de la industria de galvanoplastia al ser tóxicos y por ende contaminantes para afluentes es muy importante la implementación de tecnologías limpias que contribuyan con la conservación del medio ambiente.
- El no cumplimiento del Decreto 3930 de 2010, puede tener como consecuencia que las entidades ambientales instauren sanciones que afecten considerablemente la economía de las compañía Industrias Ceno S.A.
- Las características de impacto ambiental de la galvanoplastia, la convierten en un sector que aporta mucho en impactos ambientales y cuya prioridad debe ser la implementación de mejoramientos en gestión ambiental y tecnologías más limpias.

RECOMENDACIONES

Basado en toda la información recopilada por medio de consultas bibliográficas e información técnica de la compañía Industrias Ceno S.A. la mejor manera de evitar sanciones por incumplimientos ambientales o daños al alcantarillado, es importante considerar la implementación de una tecnología limpia como lo es el Intercambio Iónico, que tiene grandes beneficios que pueden ser sustentados por la empresa Dindep Ltda. Que tienen todo el conocimiento y herramientas necesarias para que esta implementación sea exitosa, aun sabiendo los ahorros económicos y el gran aporte que se le haría al medio ambiente.

BIBLIOGRAFIA

Ambientales, G. S. (2012). *INFORME DE RESULTADOS*. Medellin.

LTDA., D. (2013). *PROGRAMA DE USO EFICIENTE Y RACIONAL DL AGUA*. Medellin.

Nelly Bibiana Morales Posada, G. E. (Junio de 2010). Recuperado el 12 de Abril de 2013, de http://www.umng.edu.co/documents/63968/74763/Vol20_1art_3.pdf

Quesada, C. (s.f.). Recuperado el 16 de Abril de 2013, de <http://es.scribd.com/doc/10935123/precipitacion-quimica>

Quiminet. (12 de Enero de 2012). *Quiminet*. Recuperado el Mayo de 1 de 2013, de <http://www.quiminet.com/articulos/descubra-para-que-sirven-las-resinas-de-intercambio-ionico-2663450.htm>

Roa, I. F. (Octubre de 2007). Recuperado el 12 de Abril de 2013, de <http://www.emagister.com/curso-agua-desalacion-2-4/electrodialisis>

RODAS. (s.f.). Recuperado el 14 de Abril de 2013, de http://rodas.us.es/file/23a16560-123f-bec5-ec5b-44a3042a281d/2/laboratotio_quimica_organica_SCORM.zip/pagina_16.htm

ANEXO A

DECRETO 3930 DE 2010

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL DECRETO NÚMERO 3930 (23 DIC 2010)

"Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo 11 del Título VI-Parte 11I- Libro 11 del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones"

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA

En ejercicio de sus atribuciones constitucionales y legales, en especial las conferidas en el numeral 11 del artículo 189 de la Constitución Política, el artículo 134 del Decreto -Ley 2811 de 1974, el artículo 2, los numerales 2, 10, 11 Y 24 del artículo 5 y el párrafo 3 del artículo 33 de la Ley 99 de 1993, y

CONSIDERANDO:

Que la Constitución Política de Colombia en sus artículos 79 y 80 establece que es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación ambiental para garantizar el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano y planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución; debiendo prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Que corresponde al Estado garantizar la calidad del agua para consumo humano y, en general, para las demás actividades en que su uso es necesario. Así mismo, regular entre otros aspectos, la clasificación de las aguas, señalar las que deben ser objeto de protección y control especial, fijar su destinación y posibilidades de aprovechamiento, estableciendo la calidad de las mismas y ejerciendo control sobre los vertimientos que se introduzcan en las aguas superficiales o subterráneas, interiores o marinas, a fin de que éstas no se conviertan en focos de contaminación que pongan en riesgo los ciclos biológicos, el normal desarrollo de las especies y la capacidad oxigenante y reguladora de los cuerpos de agua.

Que el Decreto 1594 de 1984 en su momento reglamentó la prevención y control de la contaminación, no obstante mediante sentencia del Consejo de Estado de agosto 14 de 1992, se declararon nulos varios de sus artículos en función de los

conflictos de competencias previstas en los mismos, fraccionando, desarticulando y limitando su aplicación, en la medida en que por la simple referencia de estos artículos a la sigla EMAR, los mismos fueron sacados del ordenamiento jurídico restando eficiencia y efectividad en la aplicación de este decreto.

Que posteriormente se expidió la Ley 99 de 1993 por la cual se creó el Ministerio del Medio Ambiente (hoy Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial), se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.

Que el artículo 2 de la citada ley, establece que el Ministerio es el organismo rector de la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables y el medio ambiente de la Nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible.

Que el párrafo 2 del artículo 5 de la citada ley, establece que le corresponde al Ministerio ejercer las demás funciones que en materia de protección del medio ambiente y los recursos naturales renovables, venían desempeñando el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, INDERENA, el Ministerio de Agricultura (hoy Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural), el Ministerio de Salud (hoy Ministerio de la Protección Social), el Ministerio de Minas y Energía y el Departamento Nacional de Planeación.

Que de acuerdo al artículo 30 de la citada ley, las Corporaciones Autónomas Regionales tendrán por objeto la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como dar cumplimiento y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento, conforme a las regulaciones, pautas y directrices expedidas por el Ministerio.

Que según lo dispuesto en los numerales 10 y 12 del artículo 31 de la citada ley, le compete a las corporaciones autónomas regionales, fijar en el área de su jurisdicción, los límites permisibles de descarga, transporte o depósito de sustancias, productos, compuestos o cualquier otra materia que puedan afectar el ambiente o los recursos naturales renovables y prohibir, restringir o regular la fabricación, distribución, uso, disposición o vertimiento de sustancias causantes de degradación ambiental. Estas limitaciones y regulaciones en ningún caso podrán ser menos estrictas que las definidas por el Ministerio del Medio Ambiente (hoy Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial); y ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua y el suelo, lo cual comprenderá el vertimiento o incorporación de sustancias o residuos líquidos, sólidos y gaseosos, a las aguas en cualquiera de sus formas o a los

suelos. Estas funciones comprenden la expedición de las respectivas licencias ambientales, permisos y concesiones.

Que las autoridades ambientales de los grandes centros urbanos de que trata el artículo 66 de la ley 99 de 1993 y los establecimientos públicos a los que se refiere el artículo 13 de la ley 768 de 2002, cumplen las mismas funciones que las corporaciones autónomas regionales en el área de su jurisdicción.

Que la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico prevé la necesidad de ajustar y actualizar el marco jurídico vigente.

Que se requiere desarrollar integralmente la figura del Ordenamiento de Recurso Hídrico como instrumento de planificación por excelencia, ajustar el procedimiento de otorgamiento de los permisos de vertimiento y los planes de cumplimiento, establecer el procedimiento para la reglamentación de los vertimientos y reorganizar el registro de vertimientos, previstos en el Decreto 1594 de 1984.

Que así mismo, es necesaria la revisión de los actuales usos del agua y ampliar, si es el caso, los parámetros y valores para fijar la destinación del recurso hídrico facilitando la gestión de las autoridades ambientales, con el fin de actualizar por parte del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, los criterios de calidad que debe cumplir el recurso hídrico para los diferentes usos del mismo y las normas de vertimiento para garantizar dichos criterios de calidad.

Que así mismo se prevé que los criterios de calidad y normas de vertimiento pueden ser ajustados por la autoridad ambiental competente, en ejercicio del principio de rigor subsidiario de que tratan los artículos 31-10 y 63 de la Ley 99 de 1993, de acuerdo con las condiciones regionales y locales respectivas.

Que en consideración a los cambios normativos y a la nueva institucionalidad se requiere actualizar y armonizar el marco jurídico en materia de prevención y control de la contaminación.

Que en mérito de lo expuesto,

DECRETA:

CAPITULO I Disposiciones generales

Artículo 1. *Objeto.* El presente decreto establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados.

Parágrafo. Cuando quiera que en este decreto se haga referencia al suelo, se entenderá que éste debe estar asociado a un acuífero.

Artículo 2. *Ámbito de aplicación.* El presente decreto aplica a las autoridades ambientales competentes definidas en el artículo 3 del presente decreto, a los generadores de vertimientos y a los prestadores del servicio público domiciliario de alcantarillado.

CAPITULO II Definiciones

Artículo 3. *Definiciones.* Para todos los efectos de aplicación e interpretación del presente decreto, se tendrán en cuenta las siguientes definiciones:

- 1. Acuífero.** Unidad de roca o sedimento, capaz de almacenar y transmitir agua.
- 2. Aguas continentales.** Cuerpos de agua que se encuentran en tierra firme, sin influencia marina. Se localizan en las tierras emergidas, ya sea en forma de aguas superficiales o aguas subterráneas.
- 3. Aguas costeras o interiores.** Son las aguas superficiales situadas entre las líneas de base recta de conformidad con el Decreto 1436 de 1984 que sirve para medir la anchura del mar territorial y la línea de la más baja marea promedio. Comprende las contenidas en las lagunas costeras, humedales costeros, estuarios, ciénagas y las zonas húmedas próximas a la costa que, verificando los criterios de tamaño y profundidad presenten una influencia marina que determine las características de las comunidades biológicas presentes en ella, debido a su carácter salino o hipersalino. Esta influencia dependerá del grado de conexión con el mar, que podrá variar desde una influencia mareal a una comunicación ocasional.
- 4. Aguas marinas.** Las contenidas en la zona económica exclusiva, mar territorial y aguas interiores con su lecho y subsuelo de acuerdo con la normatividad vigente en la materia. Para los efectos de este decreto las aguas marinas se subdividen en aguas costeras y oceánicas.
- 5. Aguas meteóricas.** Aguas que están en la atmósfera.
- 6. Aguas oceánicas.** Las comprendidas entre las líneas de base recta y los límites de la zona económica exclusiva, de conformidad con el derecho internacional.
- 7. Aguas servidas.** Residuos líquidos provenientes del uso doméstico, comercial e industrial.

8. Autoridades Ambientales Competentes. Se entiende por autoridad ambiental competente, de acuerdo a sus respectivas competencias las siguientes:

- a) Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- b) Las Corporaciones Autónomas Regionales y las de Desarrollo Sostenible.
- c) Los municipios, distritos y áreas metropolitanas cuya población dentro de superímetro urbano sea igualo superior a un millón de habitantes.
- d) Las autoridades ambientales de que trata el artículo 13 de la Ley 768 de 2002.

9. Bioensayo acuático. Procedimiento por el cual las respuestas de organismos acuáticos se *usan* para detectar o medir la presencia o efectos de una o más sustancias, elementos, compuestos, desechos o factores ambientales solos o en combinación.

10. Capacidad de asimilación y dilución. Capacidad de un cuerpo de agua para aceptar y degradar sustancias, elementos o formas de energía, a través de procesos naturales, físicos químicos o biológicos sin que se afecten los criterios de calidad e impidan los usos asignados.

11. Carga contaminante. Es el producto de la concentración másica promedio de una sustancia por el caudal volumétrico promedio del líquido que la contiene determinado en el mismo sitio; en un vertimiento se expresa en kilogramos por día (Kg/d).

12. Cauce natural. Faja de terreno que ocupan las aguas de una corriente al alcanzar sus niveles máximos por efecto de las crecientes ordinarias.

13. Cauces artificiales. Conductos descubiertos, construidos por el ser humano para diversos fines, en los cuales discurre agua de forma permanente o intermitente.

14. Caudal ambiental. Volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas abajo de la fuente de la cual dependen tales ecosistemas.

15. Concentración de una sustancia, elemento o compuesto en un líquido. La relación existente entre su masa y el volumen del líquido que lo contiene.

16. Cuerpo de agua. Sistema de origen natural o artificial localizado, sobre la superficie terrestre, conformado por elementos físicos-bióticos y masas o volúmenes de agua, contenidas o en movimiento.

17. CL_{50}^{96} . Es la concentración de una sustancia, elemento o compuesto, que solo o en combinación, produce la muerte al cincuenta por ciento (50%) de los organismos sometidos a bioensayos en un período de noventa y seis (96) horas.
18. **Lodo.** Suspensión de un sólido en un líquido proveniente de tratamiento de aguas, residuos líquidos u otros similares.
19. **Muestra puntual.** Es la muestra individual representativa en un determinado momento.
20. **Muestra compuesta.** Es la mezcla de varias muestras puntuales de una misma fuente, tomadas a intervalos programados y por periodos determinados, las cuales pueden tener volúmenes iguales o ser proporcionales al caudal durante el periodo de muestras.
21. **Muestra integrada.** La muestra integrada es aquella que se forma por la mezcla de muestras puntuales tomadas de diferentes puntos simultáneamente, o lo más cerca posible. Un ejemplo de este tipo de muestra ocurre en un río o corriente que varía en composición de acuerdo con el ancho y la profundidad.
22. **Norma de vertimiento.** Conjunto de parámetros y valores que debe cumplir el vertimiento en el momento de la descarga.
23. **Objetivo de calidad.** Conjunto de parámetros que se utilizan para definir la idoneidad del recurso hídrico para un determinado uso.
24. **Parámetro.** Variable que, en una familia de elementos, sirve para identificar cada uno de ellos mediante su valor numérico.
25. **Punto de control del vertimiento.** Lugar técnicamente definido y acondicionado para la toma de muestras de las aguas residuales de los usuarios de la autoridad ambiental o de los suscriptores y/o usuarios del prestador del servicio público domiciliario de alcantarillado, localizado entre el sistema de tratamiento y el punto de descarga.
26. **Punto de descarga.** Sitio o lugar donde se realiza un vertimiento al cuerpo de agua, al alcantarillado o al suelo.
27. **Recurso hídrico.** Aguas superficiales, subterráneas, meteóricas y marinas.
28. **Rehusó del agua.** Utilización de los efluentes líquidos previo cumplimiento del criterio de calidad.

29. Soluciones individuales de saneamiento. Sistemas de recolección y tratamiento de aguas residuales implementados en el sitio de origen.

30. Toxicidad. La propiedad que tiene una sustancia, elemento.

31. Toxicidad aguda. La propiedad de una sustancia, elemento, compuesto, desecho, o factor ambiental, de causar efecto letal u otro efecto nocivo en cuatro (4) días o menos a los organismos utilizados para el bioensayo acuático.

32. Toxicidad crónica. La propiedad de una sustancia, elemento, compuesto, desecho o factor ambiental, de causar cambios en el apetito, crecimiento, metabolismo, reproducción, movilidad o la muerte o producir mutaciones después de cuatro (4) días a los organismos utilizados por el bioensayo acuático.

33. Usuario de la autoridad ambiental competente. Toda persona natural o jurídica de derecho público o privado, que cuente con permiso de vertimientos, plan de cumplimiento o plan de saneamiento y manejo de vertimientos para la disposición de sus vertimientos a las aguas superficiales, marinas o al suelo.

34. Usuario y/o suscriptor de una Empresa Prestadora del Servicio Público de Alcantarillado. Toda persona natural o jurídica de derecho público o privado, que realice vertimientos al sistema de alcantarillado público.

35. Vertimiento. Descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido.

36. Vertimiento puntual. El que se realiza a partir de un medio de conducción, del cual se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo de agua, al alcantarillado o al suelo.

37. Vertimiento no puntual. Aquel en el cual no se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo de agua o al suelo, tal es el caso de vertimientos provenientes de escorrentía, aplicación de agroquímicos u otros similares.

38. Zona de mezcla. Área técnicamente determinada a partir del sitio de vertimiento, indispensable para que se produzca mezcla homogénea de éste con el cuerpo receptor; en la zona de mezcla se permite sobrepasar los criterios de calidad de agua para el uso asignado, siempre y cuando se cumplan las normas de vertimiento.

...

CAPITULO VI

De los vertimientos

Artículo 28. Fijación de la norma de vertimiento. El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial fijará los parámetros y los límites máximos permisibles de los vertimientos a las aguas superficiales, marinas, a los sistemas de alcantarillado público y al suelo.

El Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial dentro de los dos (2) meses, contados a partir de la fecha de publicación de este decreto, expedirá las normas de vertimientos puntuales a aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.

Igualmente, el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial deberá establecer las normas de vertimientos al suelo y aguas marinas, dentro de los veinticuatro (24) meses, contados a partir de la fecha de publicación de este decreto.

Artículo 29. Rigor subsidiario de la norma de vertimiento. La autoridad ambiental competente con fundamento en el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico, podrá fijar valores más restrictivos a la norma de vertimiento que deben cumplir los vertimientos al cuerpo de agua o al suelo.

Así mismo, la autoridad ambiental competente podrá exigir valores más restrictivos en el vertimiento, a aquellos generadores que aún cumpliendo con la norma de vertimiento, ocasionen concentraciones en el cuerpo receptor, que excedan los criterios de calidad para el uso o usos asignados al recurso. Para tal efecto, deberá realizar el estudio técnico que lo justifique.

Parágrafo. En el cuerpo de agua y/o tramo del mismo o en acuíferos en donde se asignen usos múltiples, los límites a que hace referencia el presente artículo, se establecerán teniendo en cuenta los valores más restrictivos de cada uno de los parámetros fijados para cada uso.

Artículo 62. Del Plan de Reconversión a Tecnologías Limpias en Gestión de Vertimientos. Mecanismo que promueve la reconversión tecnológica de los procesos productivos de los generadores de vertimientos que desarrollan actividades industriales, comerciales o de servicios, y que además de dar cumplimiento a la norma de vertimiento, debe dar cumplimiento a los siguientes objetivos:

1. Reducir y minimizar la carga contaminante por unidad de producción, antes del sistema de tratamiento o antes de ser mezclada con aguas residuales domésticas.

2. Reutilizar o reciclar subproductos o materias primas, por unidad de producción o incorporar a los procesos de producción materiales reciclados, relacionados con la generación de vertimientos.

Parágrafo. El Plan de Reversión a Tecnologías Limpias en Gestión de Vertimientos es parte integral del permiso de vertimientos y en consecuencia el mismo deberá ser modificado incluyendo el Plan.