

T-PPNH  
614.3  
ZAME.



*"Impulsando la sociedad  
del conocimiento"*

## **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la  
Producción

### **TESIS DE GRADO**

"Estudio de tres casos donde se aplica metodologías de  
Producción más Limpia a la Empresa Novacero  
Aceropaxi C.A."

Tercera Versión del Programa de Postgrado en  
Producción Más Limpia

Previo a la obtención del Título de:

**ESPECIALISTA EN PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**

Presentado por:

Edwin Fernando Zambrano

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO 2004

## AGRADECIMIENTO

Al entregar este documento pongo de manifiesto mi gratitud a las Instituciones que auspiciaron en la realización del III Programa de Producción más Limpia esto es a FIMCP y CEPL.

De manera particular al Ing. Luis Bonilla Tutor del presente Trabajo, al Dr. Alfredo Barriga Coordinador del Programa, José Carlosama y a todos quienes fueron parte de este ciclo, Instructores Nacionales y Extranjeros.

"Gracias por todo".

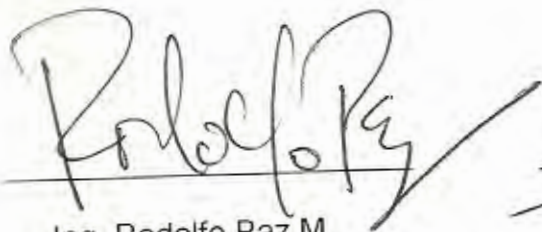
## DEDICATORIA

Nada más maravilloso es el amor de una madre a ella mi reconocimiento por el apoyo y abnegación en todos los órdenes de mi vida.

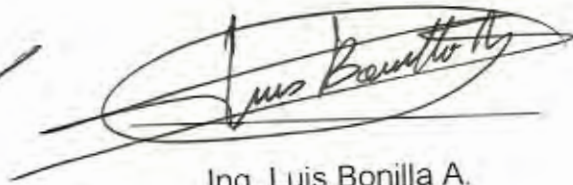
Gracias.



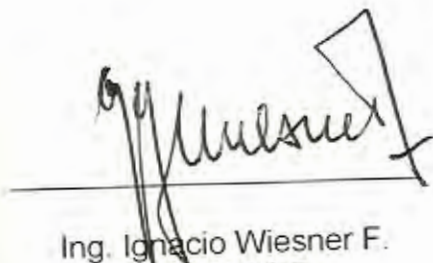
## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



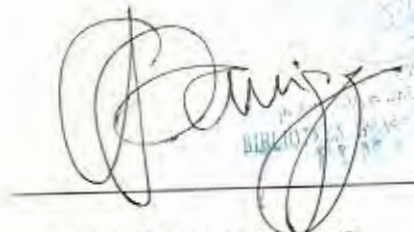
Ing. Rodolfo Paz M.  
DELEGADO POR EL DECANO  
DE LA FIMCP  
PRESIDENTE



Ing. Luis Bonilla A.  
TUTOR



Ing. Ignacio Wiesner F.  
EVALUADOR




Dr. Alfredo Barriga R.  
COORDINADOR DEL POSTGRADO



## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

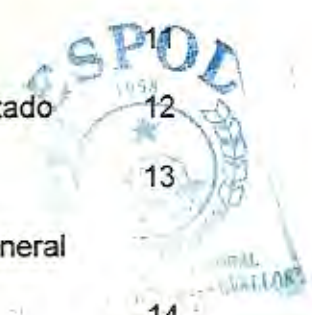
(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Ing. Edwin Fernando Zambrano

## INDICE GENERAL

	Pág.
1. ANTECEDENTES	1
2. JUSTIFICACION	2
3. OBJETIVOS	2
3.1    Objetivos generales	3
3.2    Objetivos específicos	4
4. ALCANCE P+L	5
5. ENFOQUE DE PRODUCCION MÁS LIMPIA	7
6. METODOLOGÍA	8
6.1 Lay out de las Instalaciones	9
6.2 Flujograma del proceso	10
6.3 Fundamentos y descripción del proceso de Galvanizado	12
6.3.1 Poder anticorrosivo del zinc	13
6.4 Capacidad productiva de la Empresa y Esquema general de la misma.	14
6.5 Maquinaria y equipamiento	15
6.6 Secuencia operativa	17
6.7 Preparación Superficial	18
6.7.1 Desengrase	19
6.7.2 Decapado	20



6.7.3	Enjuague	22
6.7.4	Fluxado o Fundente	23
6.7.5	Zincado	25
6.7.6	Enfriamiento	29
6.7.7	Soplado	29
6.8	Cuadro de Resumen de Evaluación de los datos	29
6.9	Planilla de Análisis de facturas Eléctricas Anuales	32
6.10	Balance de masa de entradas y salidas del proceso Productivo	32
6.11	Planilla auxiliar para selección de los Estudios de casos	36
6.12	Matriz de Evaluación de datos	37
6.13	Indicadores	39
6.14	Plan de monitoreo	40
6.15	Matriz de Evaluación de Soluciones	42
6.16	Viabilidad Económica	44
6.17	Evaluación de los aspectos ambientales legales	44
7.	DESARROLLO Y SELECCIÓN DE ESTUDIOS DE CASO	46
7.1	Estudio de Caso 1	47
7.1.1	Descripción de la situación al estudio de caso	47
7.1.2	Descripción del estudio de caso	48
7.1.3	Análisis económico	49
7.2	Estudio de Caso 2	50
7.2.1	Descripción de la situación al estudio de caso	51



7.2.2 Descripción del estudio de caso	52
7.3. Estudio de Caso 3	55
7.3.1 Descripción de la situación al estudio de caso	55
7.3.2 Descripción del estudio de caso	57
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
9.- BIBLIOGRAFIA	63



## 1. ANTECEDENTES

ARMCOPAXI S.A se constituyó el 8 de agosto de 1983, e inició sus operaciones en enero de 1984 dentro de la rama de metalmecánica, a partir *de la compra a un grupo de tres empresas de capital Chileno llamadas EMELCA, ACOPAXI y COMPAC.*

NOVACERO ACEROPAXI nace como producto del cambio de razón social de la compañía ARMCOPAXI el 1 de Marzo de 1994.

NOVACERO ACEROPAXI se dedica a la fabricación y comercialización de los siguientes productos:

ESTILPANEL: Cubiertas y paredes de acero.

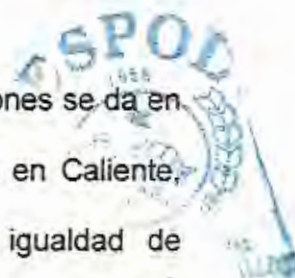
DURATECHO Y ZINCAL: Cubiertas y paredes de acero.

PRESSISO: Perfiles estructurales (canales y correas), tuberías mecánicas, perfiles y barras laminadas en caliente.

IMNOVA: Invernaderos metálicos.

NOVALOSA: Placa de acero colaborante.

La Empresa considerando que el mayor crecimiento de inversiones se da en Guayaquil, en el año 2001, instaló la Planta de Galvanizado en Caliente, para satisfacer la demanda del mercado y competir en igualdad de condiciones con otras industrias similares.



## 1. ANTECEDENTES

ARMCOPAXI S.A se constituyó el 8 de agosto de 1983, e inició sus operaciones en enero de 1984 dentro de la rama de metalmecánica, a partir de la compra a un grupo de tres empresas de capital Chileno llamadas EMELCA, ACO-PAXI y COMPAC.

NOVACERO ACEROPAXI nace como producto del cambio de razón social de la compañía ARM-COPAXI el 1 de Marzo de 1994.

NOVACERO ACEROPAXI se dedica a la fabricación y comercialización de los siguientes productos:

ESTILPANEL: Cubiertas y paredes de acero.

DURATECHO Y ZINCAL: Cubiertas y paredes de acero.

PRESSISO: Perfiles estructurales (canales y correas), tuberías mecánicas, perfiles y barras laminadas en caliente.

IMNOVA: Invernaderos metálicos.

NOVALOSA: Placa de acero colaborante.

La Empresa considerando que el mayor crecimiento de inversiones se da en Guayaquil, en el año 2001, instaló la Planta de Galvanizado en Caliente, para satisfacer la demanda del mercado y competir en igualdad de condiciones con otras industrias similares.



En base a estos antecedentes se escogió a la Empresa NOVACERO ACEROPAXI C.A, que está ubicada en el Guasmo Sur, calle Raúl Clemente Huerta, frente a ANDEC/FUNASA, para la aplicación del Programa de P+L a la planta de Galvanizado en Caliente.

## 2. JUSTIFICACIÓN

La elaboración de esta metodología corresponde a un criterio de NOVACERO ACEROPAXI, para manejar sus operaciones de acuerdo a un Sistema de Gestión Ambiental, con la "prevención de la contaminación en su origen".

Esta Política tiene como **principio global** prevenir y minimizar eficientemente los impactos y riesgos a los seres humanos y al ambiente, garantizando la protección ambiental, el crecimiento económico, el bienestar social y competitividad empresarial, a partir de introducir la dimensión ambiental en los sectores productivos, como un desafío a largo plazo.

Como justificativos se tiene:

- Optimizar el consumo de recursos naturales y materias primas.
- Aumentar la eficiencia energética y utilizar energéticos más limpios.
- Prevenir y minimizar la generación de cargas contaminantes.

- Prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales sobre la población y los ecosistemas.
- Adoptar tecnologías más limpias y prácticas de mejoramiento continuo de la gestión ambiental.
- Minimizar y aprovechar los residuos.

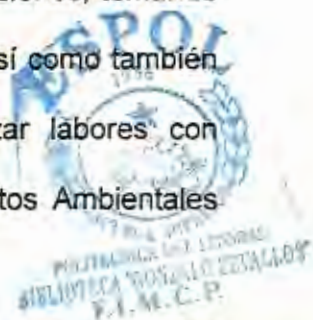
### 3. OBJETIVOS

La metodología de Producción más Limpia es un proceso sistemático, mediante aplicaciones técnicas, se busca mejoras en la parte ambiental y económica. La Empresa presenta a continuación los objetivos del Programa.

#### 3.1 Objetivo General

La Empresa NOVACERO ACEROPAXI en la cual se desarrolló el programa de P+L, dentro de sus objetivos generales se ha propuesto determinar las condiciones ambientales en sus operaciones, tomando como base fundamental la Producción Más Limpia, así como también un Plan de Manejo Ambiental que permita realizar labores con sujeción a lo establecido en las Leyes y Reglamentos Ambientales pertinentes; pretendiendo entre otros aspectos:

- Establecer criterios técnicos-ambientales sobre los que se fijen políticas de manejo ambiental en la planta.



- Formar y fortalecer principios de excelencia en generación e innovación tecnológica bajo conceptos claros y prioridades de la Empresa en bien de nuestro ambiente.
- Construir programas y estrategias de producción más limpia, con actividades y acciones que participen los actores sociales que están involucrados en lo que es oferta, demanda e instrumentos para el cambio, innovación, transferencia de tecnología y lograr un desarrollo limpio.
- Prevenir y minimizar eficientemente los impactos y riesgos a sus trabajadores y al entorno, garantizando la protección ambiental, el crecimiento económico, el bienestar social.

### 3.2 Objetivos Específicos

- Buscar la mejor alternativa para minimizar el arrastre de aceites y grasas en el Desengrase.
- Encontrar la mejor alternativa, sea ésta un cambio tecnológico o mejoramiento del proceso, para reducir el consumo de Ácido Clorhídrico y la generación de estos ácidos agotados.
- Encontrar la mejor alternativa para evitar el arrastre de hierro de la operación del Fundente al Zincado, para reducir la formación de Dross y Cenizas (Residuos no deseados).



- Buscar una alternativa para la minimización de emisiones en forma de gases (ClH, NH<sub>3</sub>).
- Concienciar al personal de la Empresa sobre las mejoras en las prácticas operacionales y el manejo y uso de equipos de protección personal (EPP's).

#### **4. ALCANCE DE PML**

El alcance de este trabajo consistió en la identificación y evaluación de aspectos técnicos ambientales, económicos y de seguridad, que se aplican en la Planta de Galvanizado.

El programa de Producción más Limpia en la planta de Galvanizado en Caliente de la Empresa NOVACERO ACEROPAXI, determinará acciones que se deberá tomar en cuenta, en cuanto a la generación de residuos, tanto sólidos, líquidos y gaseosos, así como también el control de materia prima y auxiliares.

Algunos de los aspectos considerados dentro de este programa tenemos:

- Generación de residuos sólidos (lodos).
- Mejoras en las prácticas operacionales por medio de un plan de concientización.

- Manejo de materia prima e insumos.
- Manejo de los ácidos agotados.
- Generación de emisiones gaseosas en el Zincado.

NOVACERO ACEROPAXI consciente de sus problemas ha comenzado la aplicación de esta metodología de P+L primeramente con SWISS CONTACT obteniendo excelentes resultados en cuanto al ahorro del consumo de agua y energía. Hoy en día el programa va mucho más allá, que se traduce en la generación de menos efluentes, menos residuos sólidos (Dross y Cenizas) controla las emisiones y más adelante tiene proyectado un mejor aprovechamiento del calor.

A partir de los problemas existentes se implementarán tres casos de P+L, como también se dará recomendaciones de otros estudios de casos que pueden ejecutarse, a fin de mejorar los procesos que se llevan cabo, de tal manera que permita asegurar la sostenibilidad de la empresa en cuanto a la baja de sus costos de producción. Para efecto de estas aplicaciones se tomaron como base los datos del año 2003.



## 5. ENFOQUE DE PRODUCCION MÁS LIMPIA

La planta de Galvanizado en Caliente de la Empresa NOVACERO ACEROPAXI C.A, está operando desde el año 2001, contando con una base de datos en cuanto se refiere a consumos de materia prima, insumos y auxiliares, consumos de agua y energía eléctrica, también llevan documentado accidentes que ha sufrido el personal de planta, principalmente por malas prácticas operacionales.

Por medio de un enfoque sistemático del ciclo de vida a la producción se tomó en cuenta lo siguiente:

### **Beneficios Financieros**

- Reducción de costos, por optimización del uso de materia prima (Zinc).
- Ahorro por mejor uso de los recursos (agua, energía, etc.)
- Aumento de las ganancias.

### **Beneficios Operacionales**

- Darle más vida útil a los baños de Desengrase, Decapado y Fluxado.
- Mejora las condiciones de seguridad y salud ocupacional.
- Reducir la generación de los efluentes causados en las diferentes tinajas del proceso de Galvanizado.



## **Implementación**

Desde la Perspectiva del proceso, la generación de los desechos sólidos es inherente a la generación de Dross y Cenizas (Residuos indeseables), en el Zincado. No obstante, esta generación es considerada una pérdida económica y un mal aprovechamiento de los recursos y materia prima empleados, en cuanto a la recuperación de Acido Clorhídrico se considera dos aspectos relacionados al beneficio económico y ambiental.

## **6. METODOLOGIA**

Para la ejecución del Programa de P+L se elaboró un cronograma de actividades, previa la visita de la Planta, estableciéndose los criterios, para luego estructurar el eco-equipo de trabajo, estas actividades de desarrollaron en fases.

### **Fase I**

- Para el diagnóstico sobre las capacidades y necesidades en tecnologías limpias se hizo una revisión de la documentación ambiental existente.
- Inspección del ambiente interno de las instalaciones, revisión de los procesos operativos, identificación de aspectos ambientales

significativos e identificación de las emisiones y desechos que genera la Empresa.

- Inspección del entorno de la Empresa.

## Fase II

- Evaluación de datos de parámetros físico-químicos de los efluentes industriales entregados por la Empresa.
- Evaluaciones de emisiones de fuentes fijas, gases de chimenea y COV's, entregados por la Empresa.
- Evaluación de ruido, en puntos de incidencia mayor y exposición.
- Evaluación de consumos de materia prima y auxiliares.

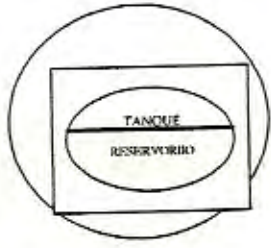
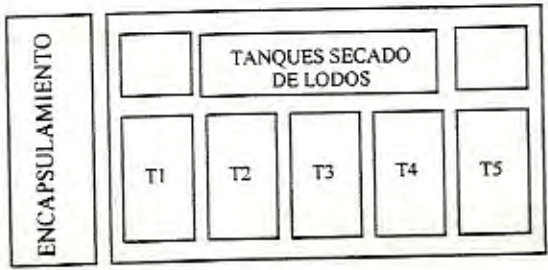
## Fase III

Se procedió a definir un conjunto de factores de diversos tipos que reflejan las posibilidades de desarrollo de la Producción Más Limpia. Estos factores se ordenaron en varias matrices de calificación, los cuales fueron calificados de acuerdo al grado de incidencia.

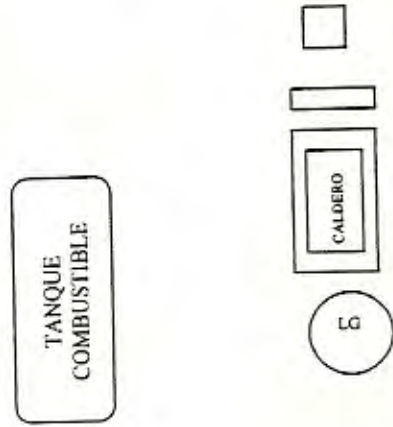
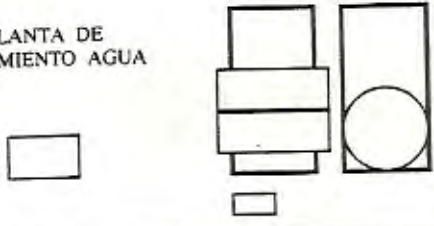
Con la metodología utilizada se obtuvieron resultados referidos al análisis de tendencias y se consideraron tres alternativas apropiadas como estudio de casos, considerando el nivel y precisión de la información existente.

### 6.1. Lay Out del Proceso

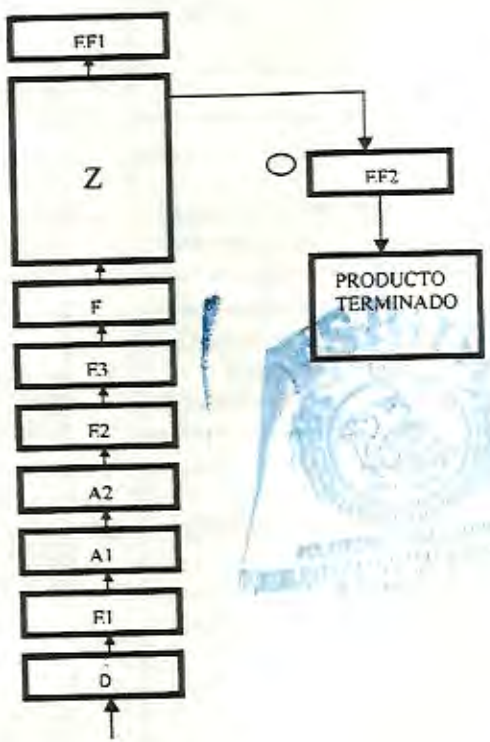




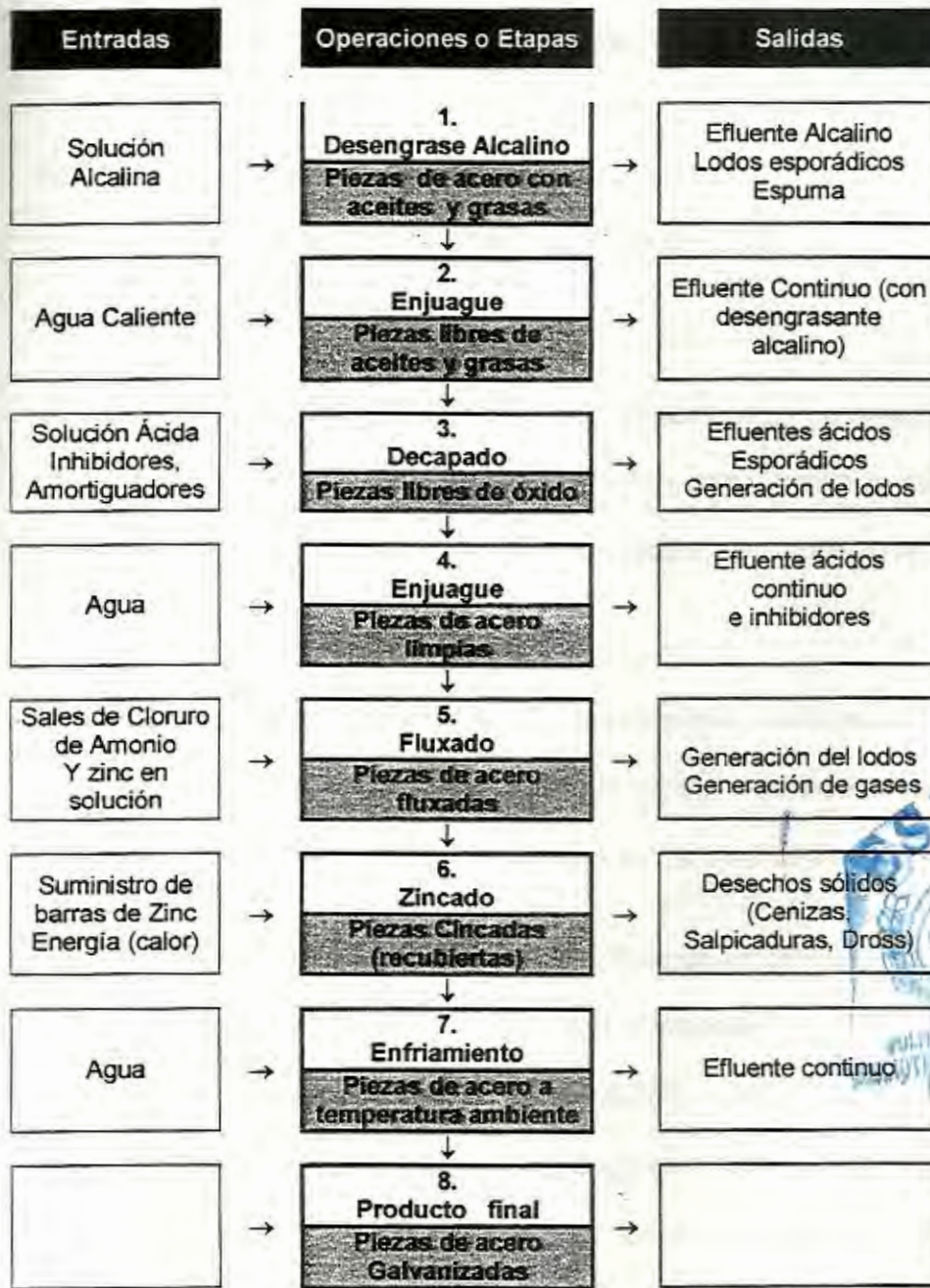
PLANTA DE TRATAMIENTO AGUA



- SIMBOLOGIA**
- A1, A2: DECAPADO
  - D: DESENGRASE
  - E1, E2, E3: ENJUAGUE
  - EF1: ENJUAGUE ENFRIA. TERCEROS
  - EF2: ENJUAGUE ENFRIA. DE TUBOS
  - LG: LAVADOR GASES
  - F: FLUXADO



## 6.2. Flujograma del Proceso



### 6.3 Fundamentos y descripción del proceso de Galvanizado

La industria del acero hasta el momento en el mundo es la que satisface las demandas provenientes de las principales industrias en términos de calidad y economía. Sin embargo a esto hay que sumarle una serie de limitaciones, ya que los aceros comunes no son muy resistentes a la corrosión; estas estructuras no protegidas se corroerán en poco tiempo por la exposición al ambiente.

El proceso de Galvanizado es uno de los métodos que se utilizan para mejorar la protección al acero, mediante un recubrimiento sobre la superficie; siendo este tipo la respuesta efectiva a un amplio rango de ambientes corrosivos.

La función de las características para la protección anticorrosiva, a las piezas de acero o hierro fundido se le da un recubrimiento sumergiéndole en un baño de zinc fundido, reduciendo así el mantenimiento.

**Galvanizado por inmersión en caliente.** Este es un proceso en el que se da un tratamiento previo antes de ser sumergida las piezas en un baño de zinc fundido a temperaturas de  $445^{\circ}\text{C}$  –  $460^{\circ}\text{C}$ . El zinc forma una serie de capas sobre la superficie del acero o hierro fundido, la capa más externa del zinc suele ser dúctil no aleado. Además el zinc está

unido metalúrgicamente a la base del metal para formar la capa protectora resistente a la corrosión.

En el presente estudio se analiza el método de Galvanizado en Caliente de NOVACERO ACEROPAXI, ya que esta industria genera una gran cantidad de residuos dentro de los que destacan los lodos y aguas residuales/soluciones. Las estrategias para minimizar la generación de residuos se encuentran, entre otros, el diseño y la aplicación de manuales específicos. En el presente trabajo se evaluaron los factores internos y externos que influyen en el manejo de dichos desechos por parte de la Empresa, tomando como base una Metodología, además experiencias anteriores en Producción más Limpia.

#### 6.3.1 Poder anticorrosivo del zinc

El uso del zinc tiene ciertas ventajas a la hora de utilizar, son su bajo punto de fusión ( $420^{\circ}\text{C}$ ) y el hecho de que el zinc es anódico respecto al acero, o sea, cuando entra en contacto con el hierro fundido o acero en presencia de un electrolito, se corroe con preferencia frente al acero o al hierro.

Con respecto a sus aleaciones el zinc tiene una excelente resistencia a la corrosión en el ambiente. La propiedad de esta resistencia es su ductilidad para formar una capa protectora de óxido de zinc,

hidróxido de zinc y otras sales básicas, dependiendo de la naturaleza del medio. Cuando se han formado las capas protectoras y se ha cubierto por completo la superficie del metal, la velocidad de corrosión del metal se reduce de forma considerable.

En aire seco, en su inicio se forma una película de óxido de zinc por presencia de oxígeno del aire, que pronto se convierte en hidróxido de zinc, carbonato básico de zinc y otras sales básicas de zinc, dióxido de carbono e impurezas químicas presentes en la atmósfera. La solubilidad de los óxidos y carbonatos en agua es muy baja, por lo que la superficie del zinc se corroe lentamente.

El efecto anticorrosivo y la vida útil de las piezas galvanizadas dependen principalmente del espesor de la capa de galvanizado. Esto se indica en  $\mu\text{m}$  o  $\text{g}/\text{m}^2$  de superficie. El factor de conversión entre el espesor de la capa ( $\mu\text{m}$ ) y el peso por  $\text{m}^2$  ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) es 7. Es decir un recubrimiento de zinc con un espesor de capa de  $20 \mu\text{m}$  equivale a un peso de  $140 \text{g}/\text{m}^2$ .

#### **6.4 Capacidad productiva y esquema general de la empresa.**

NOVACERO ACEROPAXI C.A se clasifica como Mediana Empresa en la rama de Metalmecánica y Galvanizado en caliente. Mediante el procedimiento de galvanizado se procesan tuberías, guardavías y

terceros. La producción anual en el 2003 alcanzó las 1950.961 Toneladas, la capacidad de producción de la Empresa es 350 toneladas/mes.

La Empresa se encuentra ubicada en una Zona Industrial (ZI-2). La planta de galvanizado consta de una nave en el que están dispuestos los baños de tratamiento (desengrase, enjuague, decapado, enjuagues y fluxado) el baño de zinc fundido al final, siendo su disposición en función del orden en el que se introducen las piezas en el proceso.

Dentro de esta misma nave hay un espacio donde se almacenan las piezas en espera de ser galvanizadas, existiendo otro en el que están las piezas ya galvanizadas listas para su salida.

#### 6.5 Maquinaria y Equipamiento

En la tabla siguiente se indica las diferentes tinas que dispone la Planta de galvanizado.

Número	Instalación	Medidas	Observaciones
1	Tina de desengrase	7x1.15x1.2 m Altura de llenado 1.1 Contenido: 8.8 m <sup>3</sup>	Recipiente fibra de vidrio. Calentamiento vapor directo
2	Tina de decapado	7x1.15x1.2 m Altura de llenado 1.1 Contenido: 8.8 m <sup>3</sup>	Recipiente fibra de vidrio
1	Tina de fluxado	7x1.15x1.2 m Altura de llenado 1.1 Contenido: 8.8 m <sup>3</sup>	Recipiente fibra de vidrio. Calentamiento vapor directo





3	Tina de Enjuague	7x1.15x1.2 m Altura de llenado 1.1 Contenido: 8.8 m <sup>3</sup>	Recipiente fibra de vidrio
1	Tina de galvanizado	7x1.15x1.2 m Altura de llenado 1.1 Contenido: 8.8 m <sup>3</sup>	Recipiente de acero, recubierto con ladrillos refractarios
1	Tina de enfriamiento	7x1.15x1.2 m Altura de llenado 1.1 Contenido: 8.8 m <sup>3</sup>	Recipiente fibra de vidrio

A parte de las cubas de los correspondientes baños, la empresa cuenta con dos puentes grúas de 6.4 toneladas cada una, en que las piezas a galvanizar son transportadas en sentido perpendicular al orden de los baños, de esta forma se agiliza el traslado del material a través de la planta.

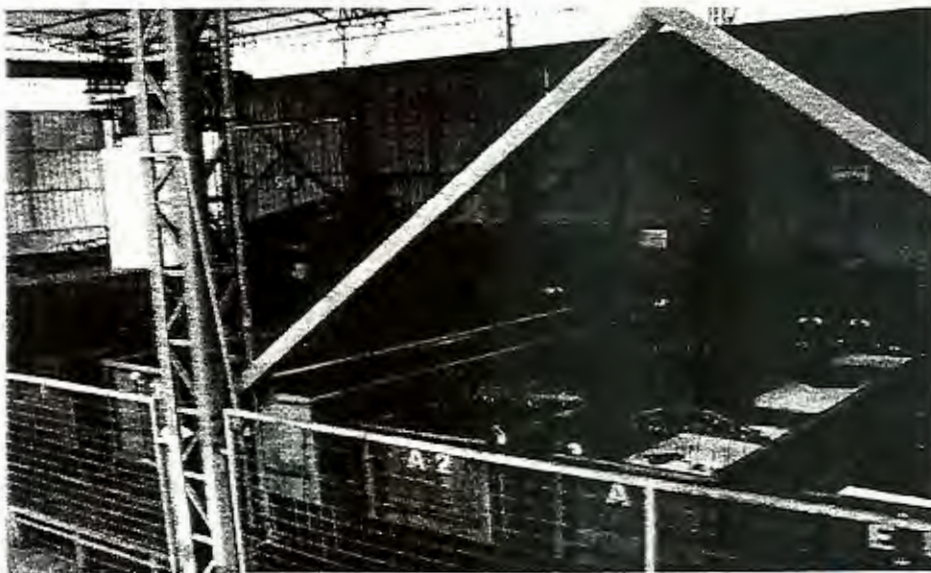


Figura 1.- Disposición de las diferentes tinas

## 6.6 Secuencia Operativa

En la foto se muestra la secuencia del proceso de galvanizado en la empresa. El proceso comienza sujetando las piezas que van a ser galvanizadas a los bastidores que cuelgan de la grúa, mediante la cual son transportados inicialmente al baño de desengrase. Este baño de desengrase es de tipo alcalino y se mantiene a una temperatura de 45 a 60°C. Las piezas a desengrasar permanecen en el baño por espacio de 10 minutos.

A continuación se introduce las piezas a una tina de enjuague para eliminar ciertas impurezas y grasas adheridas por espacio de 2 minutos. Seguido a esto se introduce en la tina de decapado por espacio de 10 a 12 minutos, según el grado de oxidación de la pieza. Los baños de decapado contienen inhibidores y amortiguadores para evitar el ataque a la base del metal por del ácido. Estos baños se mantienen a temperatura ambiente.

Al decapado le sigue el fluxado previo un enjuague, este baño con sales de flux se mantiene a una temperatura de 45 a 70°C y las piezas no permanecen en esta tina un tiempo prolongado, sino que una vez que se han mojado en su totalidad son sacadas.

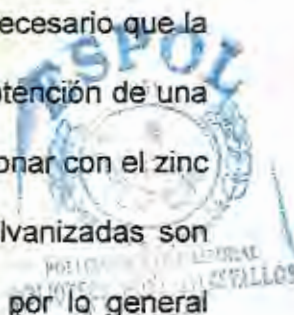
Seguidamente, las piezas humedecidas pasan al baño de zincado que se mantiene a una temperatura de 445 – 460°C. El tiempo de permanencia de las piezas en el baño de zinc fundido, depende del grosor y del tamaño de la pieza, siendo el mínimo posible.

La empresa tiene instalado un sistema de captación sobre el baño de galvanizado, de forma que las emisiones de gases y polvos de dicha operación son aspirados durante el proceso de galvanizado.

Posteriormente al zincado se procede al enfriamiento en un baño de agua para el material de terceros y el soplado para tuberías eliminando así excesos de zinc en la superficie. Tras realizar el control de calidad final de las piezas, se almacenan para ser dispuestas a su destino final.

### 6.7 Preparación Superficial

Para que una pieza esté correctamente galvanizada es necesario que la superficie del hierro o acero se limpie a fondo hasta la obtención de una superficie brillante, de tal forma que el hierro pueda reaccionar con el zinc fundido. Por este motivo, las piezas que han de ser galvanizadas son sometidas a una serie de pre-tratamientos previos que por lo general consisten en: desengrase, decapado, fluxado y zincado.



### 6.7.1 Desengrase

Normalmente es necesario realizar un tratamiento de desengrase alcalino para eliminar los residuos a las superficies metálicas que contienen aceites y grasas procedentes de procesos anteriores.

Un buen desengrase evita el arrastre de aceites y grasas a las fases de tratamiento posterior, facilitando además la valorización de los residuos – subproductos obtenidos.

La composición básica de los baños de desengrase es el hidróxido sódico al que suelen añadirse otras sustancias con propiedades alcalinas como: carbonato sódico, silicato sódico, fosfatos alcalinos, bórax, etc. Así mismo se añaden agentes tensoactivos específicos (jabones), emulsionantes y dispersante que facilitan la limpieza.

Los sistemas de desengrase alcalino pueden ajustarse para que se formen emulsiones menos estables de esta manera es posible la separación de aceites y grasas, mediante dispositivos especiales, prolongándose la vida del baño.

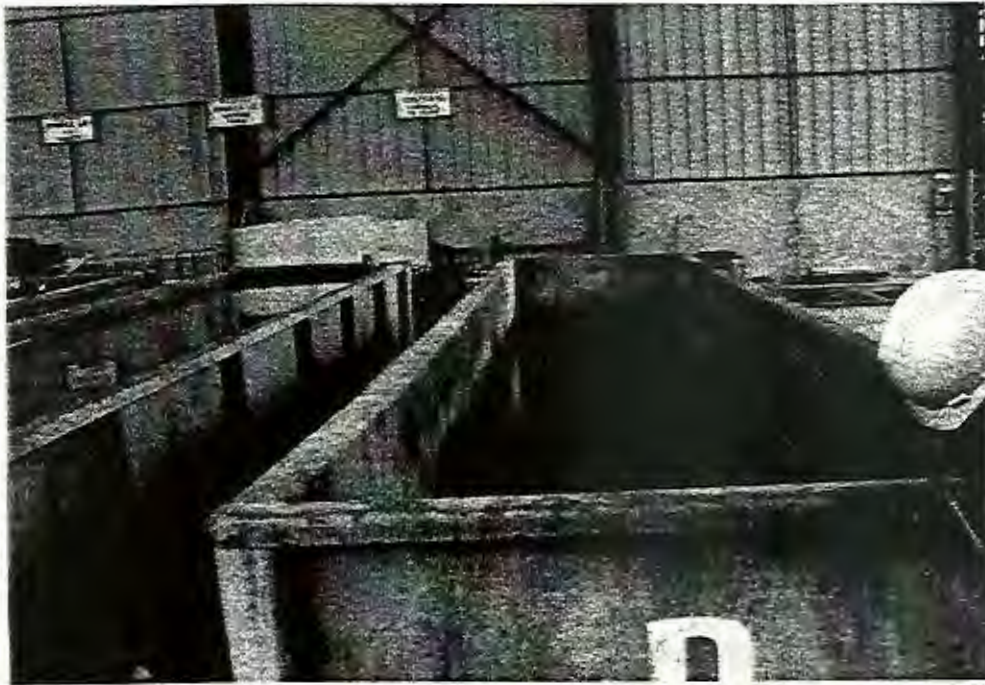


Figura No. 2.- Tina de Desengrase

#### 6.7.2 Decapado

Es el método mediante el cual se elimina el óxido y la cascarilla de la superficie de las piezas utilizando soluciones ácidas. El objetivo del decapado es la eliminación de la cascarilla sin atacar la superficie del acero. Para ello es necesaria la adición de inhibidores y amortiguadores para que no haya ataque al metal base. Los factores más importantes que influyen en el baño del decapado son: concentración del ácido, temperatura del baño y duración del tratamiento.

En el proceso de galvanizado se utiliza el ácido clorhídrico, con una concentración del 14 al 16%. La actividad del baño de decapado va

disminuyendo al aumentar la concentración del hierro, por lo que es necesario realizar adiciones periódicas para mantenerlo. Así mismo es necesario reponer pérdidas producidas tanto por evaporación como por arrastre de las piezas, compensándose estas pérdidas mediante la adición de agua. Este sistema puede mantenerse así hasta que se alcance el límite de solubilidad del cloruro ferroso ( $\text{Cl}_2\text{Fe}$ ) en el propio ácido clorhídrico, por lo menos una vez que se ha llegado a ese límite ya no será posible seguir decapando igualmente si el contenido de hierro de la solución de decapado es superior a los 140-150g/l, el baño de decapado estará agotado siendo necesaria su renovación (aproximadamente 2 meses).

Por otro lado la velocidad de reacción de decapado aumenta en función de la concentración del ácido clorhídrico así a alta concentración de ácido ( $\approx 200\text{g/l}$ ) de decapado es particularmente rápido por lo que suele darse un ataque al material base. Por debajo de los 150g/l el tiempo de decapado es más uniforme y permite una gestión óptima de la acidez del baño.

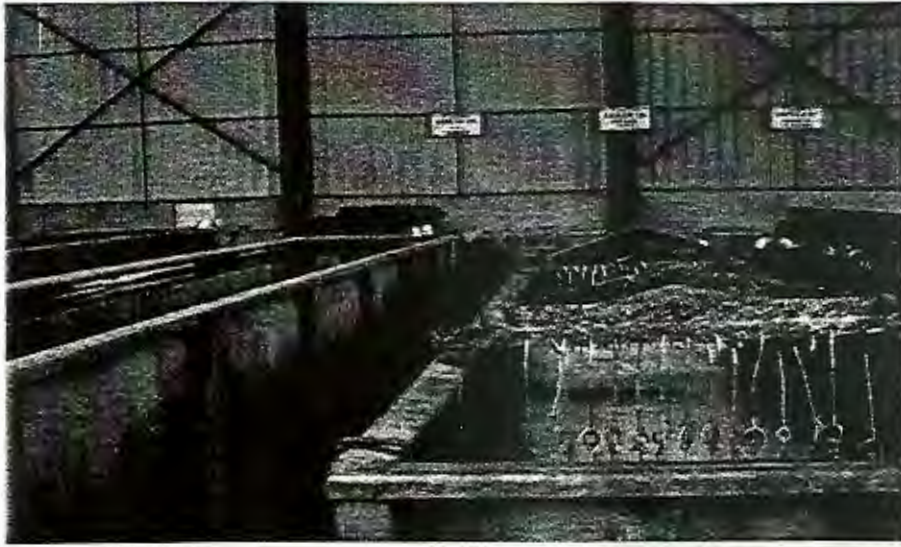
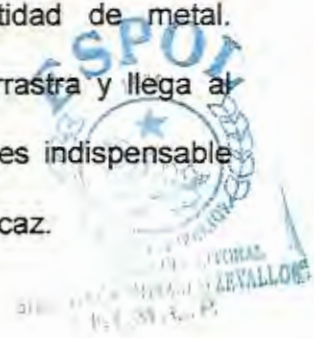


Figura No. 3.- Tina de Decapado

### 6.7.3 Enjuague

Seguido del baño de decapado es necesario realizar una etapa de lavado de las piezas con el fin de evitar que arrastren ácidos y hierro a las etapas posteriores. El arrastre de hierro al baño de zinc fundido provoca la formación de los denominados dross de zinc y cenizas, consumiéndose de esta forma una mayor cantidad de metal. Teóricamente por cada gramo de hierro que se arrastra y llega al baño se forman 20g de dross (matas), por lo que es indispensable que esta etapa de lavado sea lo suficientemente eficaz.



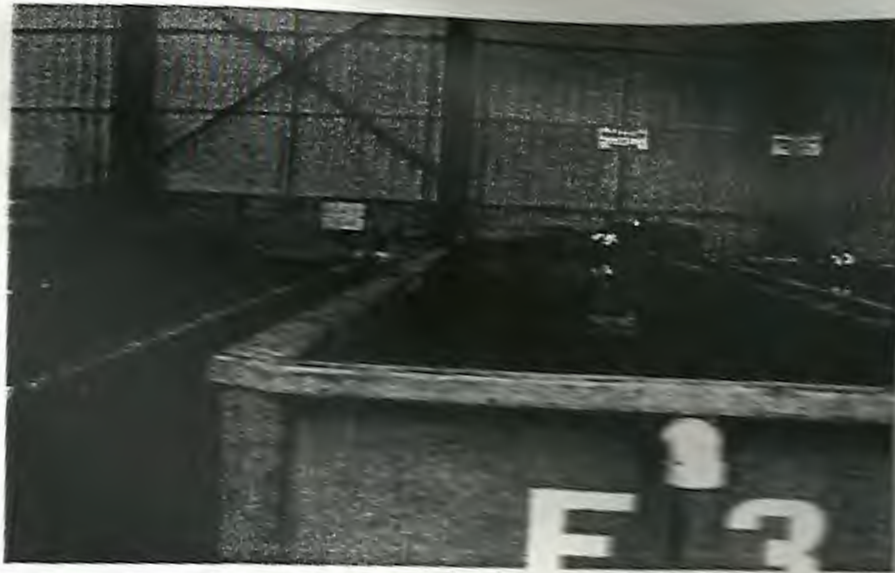


Figura No. 4.- Tina de Enjuague

#### 6.7.4 Fluxado o Fundente

El fluxado o Fundente es necesario para disolver y absorber cualquier resto de impurezas que quedan sobre la superficie metálica y para asegurar que dicha superficie limpia de hierro o acero se ponga en contacto con el zinc fundido. La función de este proceso es la eliminación de las últimas impurezas y mantener limpia hasta que se sumerja en el baño de zinc.

Las sales de flux normalmente contienen cloruro de zinc y cloruro de amonio con una proporción del 60 y 40% respectivamente, siendo la concentración de estas sales en el baño de unos 400g/l.



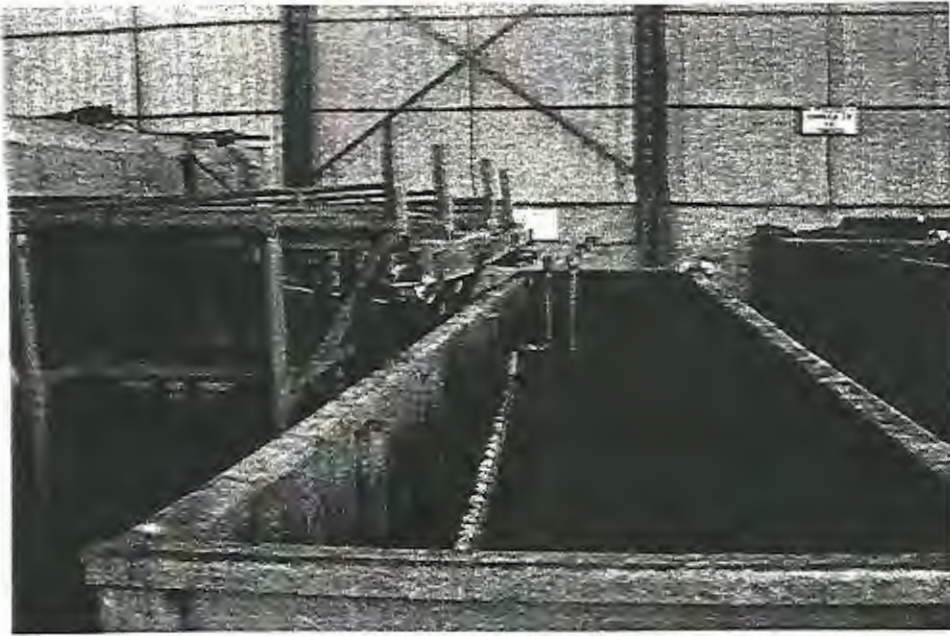
La presencia del cloruro de amonio provoca la formación de humo al sumergir las piezas en el baño de zinc fundido.

El efecto decapante de las sales de flux que contiene cloruro de amonio es debido a la liberación de ácido clorhídrico en el baño de zinc, dicha liberación tiene lugar de manera creciente al descomponerse el cloruro de amonio a temperaturas superiores a 200°C, dependiendo de la composición del flux. En este intervalo de temperatura el equilibrio de la reacción química es la siguiente:



El baño de fluxado suele mantenerse dentro de un rango entre 45 y 70°C. Así mismo el pH del baño debe ajustarse en torno a un valor de 4 - 5 (valor recomendado 4.5) para que por una parte los iones de hierro arrastrado de etapas anteriores puedan precipitarse como hidróxido de hierro, mientras que por otra parte debe mantenerse el poder decapante del baño de fluxado.





**Figura No. 5.- Tina de Fluxado o Fundente**

#### **6.7.5 Zincado**

En el zincado se produce las salpicaduras de zinc por la inmediata evaporación del agua que las piezas llevan adheridas y son introducidas en el baño.

La temperatura normal en el zincado es de 445-460°C, siendo al comienzo la velocidad de reacción muy rápida. El espesor principal del recubrimiento se forma durante este periodo inicial por lo que suele ser difícil obtener una capa fina de recubrimiento. Posteriormente la reacción se ralentiza y el espesor del recubrimiento

no aumenta en gran medida. El tiempo de inmersión suele ser entre el secado y zincado 15min.

La velocidad de extracción de la pieza debe ser lenta, de lo contrario puede producirse gotas o grumos en el recubrimiento. Velocidades muy lentas de extracción permiten que el zinc no aleado que queda sobre la superficie reaccione con el sustrato de acero y se formen más compuestos Zn - Fe.

De la misma forma la velocidad de inmersión debe ser lo más rápido posible sin que ocasionen salpicaduras, con objeto de poner al mismo tiempo la pieza y darle un espesor uniforme.

Para eliminar el zinc sobrante tras el galvanizado las tuberías son sometidas a un sistema de soplado de vapor.



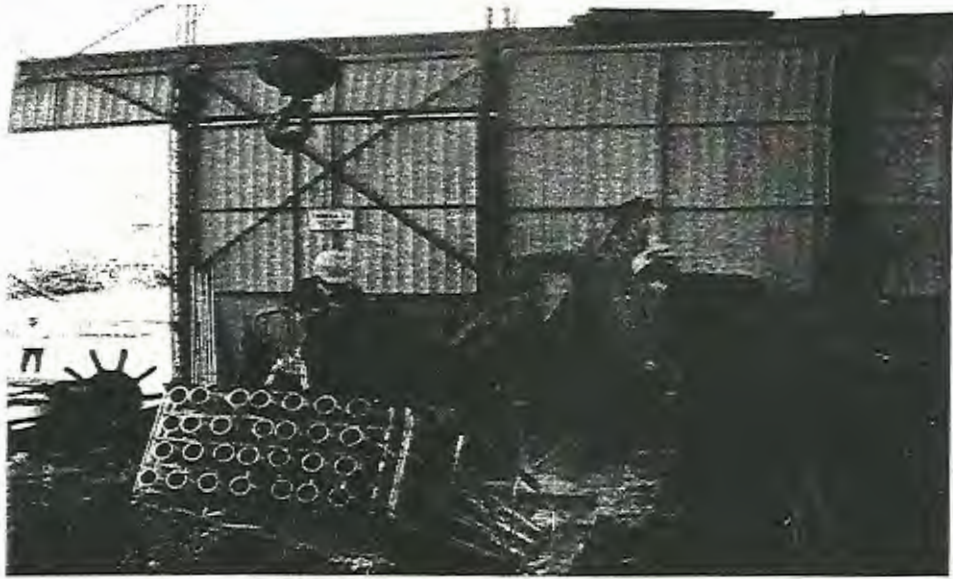


Figura No. 5.- Zincado para Terceros



Figura No. 6.- Zincado con cobertor

POL  
1958  
LA SUPERIOR  
PROTECTORIA DEL LITORAL  
FARMACIA "GONZALO ZEVALLOS"  
S. L. M. C. P.



**Figura No. 7.- Zincado con Cobertor**



**Figura No. 8.- Lavador de gases.**

### 6.7.6 Enfriamiento

Una vez realizado el proceso del zincado las piezas se someten a un enfriamiento en un baño de agua, para evitar que se manchen las superficies por los residuos sobre todo del fluxado.

El enfriamiento con agua también se utiliza cuando se quiere enfriar rápidamente la pieza, evitando que las capas de aleación continúen creciendo sobre la superficie reactiva del acero una vez que las piezas han sido extraídas del baño. Es de especial interés para piezas grandes que acumulan importante cantidades de calor.

### 6.7.7 Soplado

Este procedimiento es utilizado para eliminar de las tuberías el exceso de zinc que contienen en su superficie, se lo hace con vapor directo.

### 6.8.- Planilla de Resumen de Evaluación de Datos

Con los datos obtenidos en la planilla de aspectos ambientales del Manual dos, así como los datos obtenidos en las visitas a la Empresa, se completa el siguiente Cuadro con el fin de encontrar las oportunidades de manera preliminar para el desarrollo de casos en Producción más Limpia.



En la Planilla siguiente se encuentra evaluada la selección de oportunidades, las cuales serán mejoradas, utilizando nuevos criterios, los que sirven como base para establecer prioridades y la identificación de alternativas válidas para una posible implantación de oportunidades de P+L.

APD



**6.8.1 Cuadro de resumen de Evaluación de datos para establecimiento de prioridades.**

Nº	Área de la Empresa	Oportunidades o problemas	Plan de acción, estrategias u opciones	Barreras y necesidades	Motivo de la elección	Prioridad*
1.	Nave de Galvanizado	Almacenamiento de tubos	Menor tiempo de almacenamiento	Espacio y se corroe fácilmente	Generación lodos	0
2.	Tina de Desengrase	Generación de grasas	Tubos menos oxidados y libres de grasa	Mayor consumo de desengrasante	Menos grasa	1
3.	Enjuague	Consumo de agua	Bajar el consumo de agua	Menos almacenamiento	Menos Lodos	2
4.	Cuba de Decapado	Alto consumo de ácido	Bajar el consumo	Tubos con altos contenidos de Óxidos, herrumbre	Menos lodos	3
5.	Cuba de Fluxado	Generación gases Lodos	Optimización de consumo productos químicos	Menos contaminantes	Bajar costos	4
6.	Cuba de Zincado	Generación de gases dross y cenizas	Optimización de consumo productos químicos	Menos contaminantes	Bajar costos	5
7.	Caldero	Consumo de combustible	Mantenimiento continuo	Operación diaria	Bajar consumo	6





### 6.9. Planillas de Análisis de Facturas Eléctricas Anuales

Esta planilla se utiliza para saber el consumo de energía eléctrica a lo largo del año, de esta manera conocer:

- El consumo energético; constante o variable.
- El factor de potencia, sea este mayor, menor o igual a 0.92.
- La demanda mensual.
- Impuestos.
- Consumo específico; consumo en Kw-h por peso de producción en toneladas.

Por medio de estos factores se puede observar en que mes el consumo específico, es mayor, si existe un mal dimensionamiento de equipos. Esta planilla se encuentra en el Manual 2 de Diagnóstico Ambiental del Proceso y Gestión de Residuos.

### 6.10. Balance de masa de entradas y salidas del Proyecto Productivo.

En la tabla siguiente se muestra el Balance de Materia de las entradas y salidas del proceso productivo fase por fase. Para realizar este balance se tomó como base el diagrama de bloques del proceso, estos valores fueron definidos al año 2003.



Este balance de masas, está separado por medio de varias columnas a las materias primas, insumos y auxiliares, agua y energía consumida en la entrada, por otra parte a la salida se detalla en diferentes cuadros a los efluentes líquidos, residuos sólidos y emisiones gaseosas. En cada fase del proceso se genera un subproducto y se lo cuantifica por medio del peso o volúmenes totales.

Al final de este balance de masas está la sumatoria de todas las entradas y salidas de los productos. El balance se considera como una herramienta importante para visualizar las cantidades de materiales presentes en cada fase, en la cual se está produciendo mayores consumos de materia prima, agua, energía y salidas de residuos sólidos, líquidos y emisiones.

### 6.10.1 Balance de masa de entradas y salidas del proceso productivo

Período y referencia de realización de la evaluación:

Datos obtenidos del período 2003

ENTRADAS			PROCESO PRODUCTIVO	SALIDAS		
Materias primas, insumos y auxiliares	Agua	Energía	Etapas	Efluentes Líquidos	Residuos Sólidos	Emisiones Atmosféricas
-Ganchos, cadenas -Piezas de acero oxidadas (1950,961 Ton/Año)			1. Carga Piezas de acero oxidadas			
-Desengrasante Alcalino 975.5 Kg/año	208.7 m <sup>3</sup> /año	2702908607 BTU/año	2. Desengrase Piezas con grasa y aceite	Cada 3 años	1200 Kg/año	
	1508 m <sup>3</sup> /año		3. Enjuague 1,2,3 Piezas lavadas	1508 m <sup>3</sup> /año	Lodos 31.56 m <sup>3</sup> /año	
-CIH al 32% 55636.30 Kg/año Inhibidor 36 Kg/año Amortiguador 36 Kg/año	57.93 m <sup>3</sup> /año		4. Decapado Piezas de acero tratado	106.23 m <sup>3</sup> /año	3.828 m <sup>3</sup> /año	
-Sales de flux 5794.48 Kg/año -Agua Oxigenada 120 Kg/año		2702908607 BTU/año	5. Fluxado Piezas tratadas	No genera	Hidróxido férrico 31,215 m <sup>3</sup> /año	
-Zinc 186.677 Kg/año		44607.63 BTU/año	6. Zincado Piezas Galvanizadas		-Dross 24264.5 Kg/año -Cenizas 26618.1 Kg/año -Salpicaduras 93.64 Kg/año	

7.

2702908607  
961.1 m<sup>3</sup>/año BTU/año

Enfriamiento  
Producción 961.1 m<sup>3</sup>/año

**SUBTOTAL**

249275.28 Kg/año  
2707.12m<sup>3</sup>/año  
8108770428  
BTU/año

2575.33 m<sup>3</sup>/año  
52176.24 Kg/año



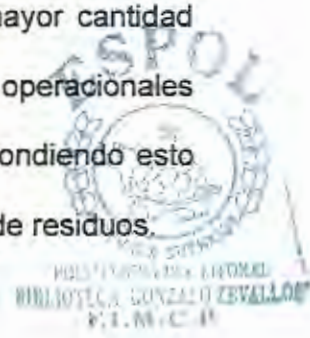
4135

### 6.11 Planilla Auxiliar para la Selección de Estudios de Casos.

Conociendo en detalle las entradas y salidas de materiales, incluyendo las tuberías y materiales de terceros para ser galvanizados, la generación de residuos, con estos datos se puede usar esta planilla para encontrar que tipo de soluciones se puede dar a los casos que se elijen.

Lo primero que se hace en esta planilla es la categorización de los subproductos, desechos, residuos, efluentes y emisiones. Con esta información se determinan las alternativas para la minimización de las salidas, siendo estas, buenas prácticas operacionales, de proceso y tecnología, de cambio de producto, cambio de materias primas o de reciclado y tratamiento.

De acuerdo al análisis que se hizo a la Planta de Galvanizado en Caliente de la Empresa NOVACERO ACEROPAXI la mayor cantidad de soluciones, se da en alternativas de buenas prácticas operacionales y, las otras soluciones al reciclado y tratamiento correspondiendo esto al re-uso y reciclaje interno y al tratamiento y disposición de residuos.



### 6.12 Matriz de Evaluación de Datos.

En la planilla adjunta se describe las oportunidades o problemas, las acciones a ser adoptadas, las barreras y necesidades y en que etapa del proceso está ubicado cada uno de las oportunidades a ser implementadas. En el caso de NOVACERO ACEROPAXI se encontraron 4 oportunidades de producción más limpia. Para el establecimiento de la elección de alternativas se evalúa cada una de estas y se valora diferentes factores, tales como; la viabilidad económica, afectación a la Salud Ocupacional y ambiental, facilidad de corregir cualquier imperfección en cuanto se refiere a cambios tecnológicos, consumos de materias primas.

Para la obtención de valores de los aspectos, se multiplica la calificación del aspecto por un factor intrínseco de ponderación y luego se suma cada uno de los aspectos. En los cuadros siguientes se explican la valoración para la calificación y el factor de ponderación.

Calificación		Factor de Ponderación	
1	Bajo	1	Bajo
2	Medio	1.5	Medio
3	Alto	2	Alto

Aspectos a evaluar y su factor de ponderación

Humana	Económica	Ambiental	Sostenibilidad	Probabilidad de corrección
2	1.5	1.5	1.5	1

**6.12.1.- Matriz de Evaluación de datos.**

Etapa del proceso o área de la Empresa	Oportunidad o problema	Acciones a ser adoptadas	Barreras y /o necesidades
DESENGRASE	Minimizar el arrastre de aceites y grasas	Implementar separador de grasa y aceite	Dar más vida útil al baño
DECAPADO	Evacuación de ácidos agotados	Implementar un sistema de recuperación de ácido por resinas de intercambio	Compra, Importación de producto Regenerador de ácido
FLUXADO	Clarificación de solución de flux	Implementar filtración periódica para eliminar contaminantes	Menos generación de dross en el zincado
CALENTAMIENTO	Pérdida de calor	Implementar un sistema de aislamiento térmico en las tinas de calentamiento	Menos consumo de vapor de caldero

### 6.13.- Indicadores

Nombre del Indicador Ambiental	Objetivo del Indicador	Construcción del indicador	Antes del Programa de P+L		Expectativa para después de implementar el Programa de P+L	
			Valor	Unidad	Valor	Unidad
Consumo de Desengrasante por piezas de acero	Bajar consumo	<u>Consumo de desengrasante en kg</u> Producto final en Ton.	0.5	kg/Ton	0.45	kg/ton
Consumo de CIH por total de piezas de acero Galvanizadas	Bajar consumo	<u>Consumo de Ácido Clorhídrico en Kg</u> Producto final en Ton.	28.51	kg/ton	25.15	kg/ton
Consumo de sales de flux	Bajar consumo	<u>Consumo de sales Flux en Kg.</u> Producto final en Ton.	0.6	Kg/ton	0.54	Kg/ton
Consumo de Zinc por producto de piezas Galvanizadas	Estandarizar consumo	<u>Consumo de Zinc en kg</u> Producto final en Ton.	95.68	kg/ton	90	kg/ton
Generación de residuos sólidos (cenizas) por piezas de acero	Minimizar la formación de cenizas	<u>Cenizas en kg</u> Producto final en Ton.	13.64	kg/ton	11	kg/ton
Generación de residuos sólidos (Dross) por piezas de acero	Minimizar la formación de Cross	<u>Dross en Kg</u> Producto final en Ton	12.43	Kg/ton	11	Kg/ton
Costos asociados a residuos sólidos (cenizas)	Reducir la formación de cenizas	<u>Total de costos en US\$</u> Producto final en Ton.	260	US\$/ton	260	US\$/ton
Costos asociados a residuos (Dross)	Reducir la formación de Dross	<u>Total costo en US\$</u> Producto final en Ton.	600	US\$/t	600	US\$/ton

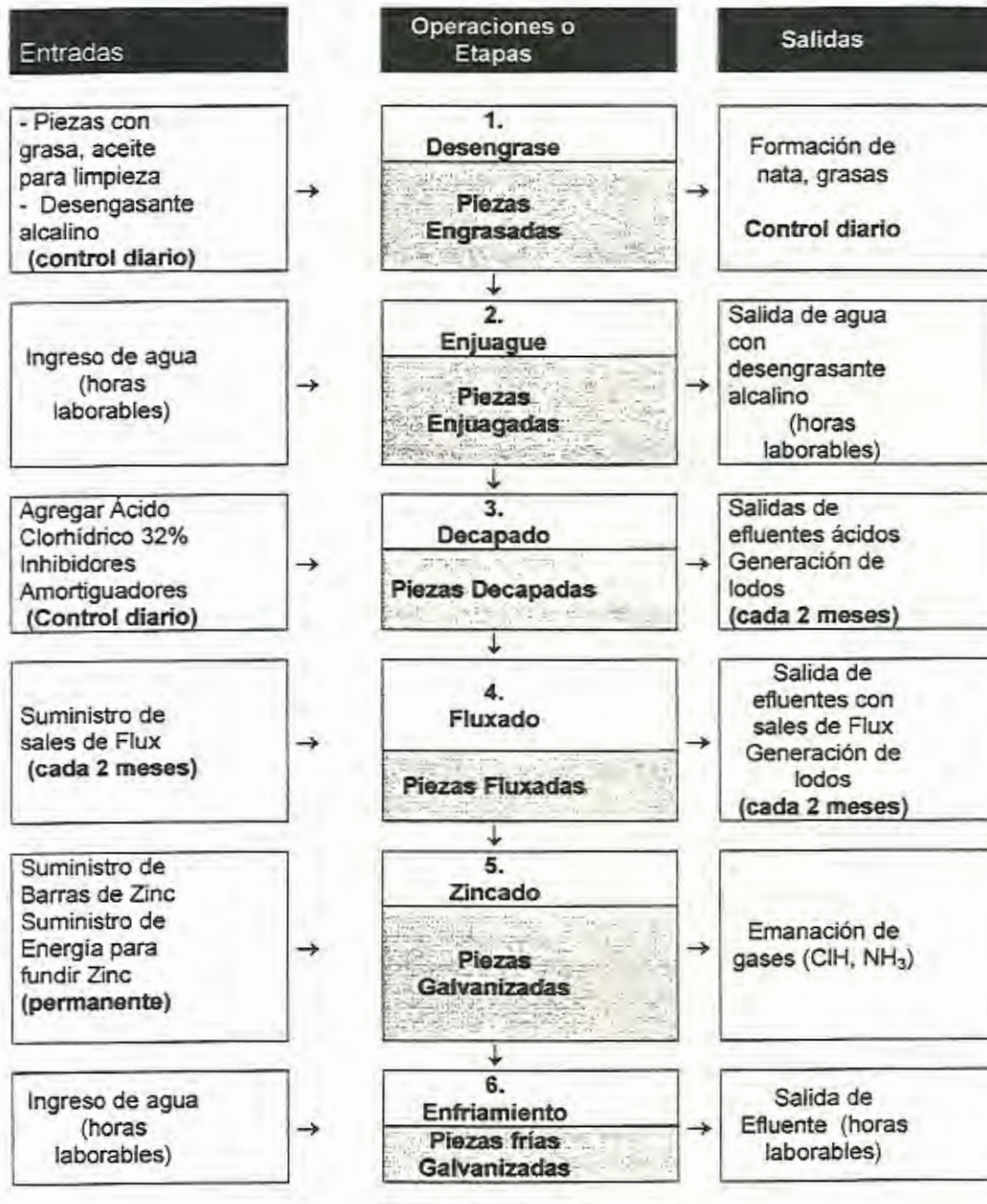




#### **6.14 Plan de Monitoreo**

Una vez identificado los estudios de caso, se procede a monitorear los mismos como se aprecia en la siguiente tabla, estableciendo una frecuencia y un periodo de monitoreo para caso. Estos indicadores son elementos evaluativos que son representados de forma resumida por la cantidad de informaciones ambientales, obteniéndose resultados de fácil lectura. Por medio de esta elección de los indicadores se escogerá e implementará los estudios de casos.

## 6.14.1.- Planilla de Plan de Monitoreo



### 6.15.- Matriz de Evaluación de Soluciones

Uno de los recursos naturales más comúnmente empleados en el mundo es el acero. Se suple la mayor parte del consumo proveniente de las principales Industrias en términos de calidades técnicas y económicas. Pero como es obvio existe limitaciones, ya que los aceros comunes no son muy resistentes a la corrosión; inclusive algunas estructuras de acero no protegidas aparecerán cubiertas de óxido en poco tiempo de exposición a la humedad ambiental.

La Galvanización es uno de los métodos que se utilizan para proteger y darle más vida al metal, mediante un pequeño recubrimiento sobre la superficie.

Este proceso de Galvanizado describe la formación de un recubrimiento de Zinc, sobre piezas de acero o hierro fundido, sumergiendo en un baño de Zinc fundido. Alcanzando este proceso una importancia especial ya que garantiza y reduce las necesidades de mantenimiento.

Pero esta industria es una fuente permanente de contaminación tanto de residuos sólidos, líquidos y gaseosos. En los efluentes la presencia de metales pesados, los lodos considerados como residuos peligrosos y la emanación de vapores tóxicos de las diferentes etapas del

proceso. Por otra parte los altos consumos de agua, un recurso importante para la vida; desperdicios de materia prima; poca control en algunas partes del proceso, aumentan los costos de producción.

Por todo esto tiene una aplicación importante las estrategias de Producción más Limpia con el seguimiento de Manuales específicos, evaluando factores internos y externos que influyen en los procesos. Estos factores se apoyan en sistemas ambientales de la Empresa, proporcionando técnicas concretas para acceder a la información y que permita definir un proceso, tomar decisiones, apoyar la implementación de los cambios necesarios y verificar los resultados. Dentro de estas herramientas se encuentra el análisis del ciclo de vida, los Ecobalances, los indicadores ambientales y los Sistemas de Gestión Ambiental.



ESTUDIO DE CASO	NOMBRE DEL ESTUDIO	MOTIVO DE ELECCIÓN
1	Implementar separador de grasas y aceites	Darle más vida útil al baño de Desengrase
2	Implementar un sistema de recuperación de ácido por resinas de intercambio	Bajar el consumo de Ácido Clorhídrico en el Decapado
3	Implementar filtración periódica para eliminar contaminantes en el Fluxado	Minimizar la formación de Dross y cenizas en el Zincado

#### 6.16 Viabilidad Económica

Después de haber identificado, analizado las alternativas para la implantación de los casos de P+L, mediante la matriz de evaluación de datos, toda Empresa o Empresario necesita saber en que tiempo recupera su inversión, su beneficio económico y ambiental de cada uno. En el Manual cinco se desarrollan las Planillas de Excel donde se demuestra que los casos escogidos tienen un tiempo de inversión justificables, evaluándose a fin de evitar multas y hasta clausura de instalaciones.

#### 6.17.- Evaluación de los aspectos ambientales legales.

En el Manual tres se detalla la forma en la cual se evaluaron los aspectos Legales en que la Empresa NOVACERO ACEROPAXI,

debe cumplir con las normativas tanto local como Nacional. Producción más Limpia busca evitar soluciones de contaminación al final del proceso.

Del Texto Unificado de la Legislación Ambiental se analizaron:

Del libro VI Anexo 1:

- **Normas de descarga de efluentes** al sistema de alcantarillado público.
- Criterios de calidad para aguas de uso industrial

**En cuanto se refiere a Emisiones Atmosféricas**

#### **Libro VI Anexo 3**

- Altura mínima de la chimenea: Recomendado por prácticas de Ingeniería (14 metros)
- Valores máximos permisibles de emisión.
- Del cumplimiento con la Normativa de emisiones máximas permitida
- De la frecuencia de la medición de emisiones al aire desde fuentes fijas de combustión.
- Métodos de muestreo y de análisis utilizados

**Manejo de Desechos Industriales (Lodos).**

### Libro VI Cap. 3

- **De la generación:** Lodos de Procesos o de Plantas de Tratamiento de Efluentes y otros residuos pastosos
- Lodos provenientes de las diferentes fases del proceso (Desengrase, Enjuagues, Decapado, Fluxado), y de la planta de Tratamiento de Aguas Residuales.
- Del manejo de los Desechos Peligrosos
- De los Tratamiento
- Del transporte
- De la disposición final

## 7. DESARROLLO Y SELECCIÓN DE ESTUDIOS DE CASOS

De las 6 operaciones identificadas dentro del proceso de Galvanizado, se definieron la selección de 3 alternativas, como resultado de la metodología seguida en P+L; considerándose la generación de lodos peligrosos y residuos no deseados, efluentes que son descargados hacia la Planta de Neutralización y posterior a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, la emanación de gases de las cubas y que no están debidamente protegidos el personal de operaciones.

## **7.1 Estudio de Caso 1**

Para la elección de esta alternativa se consideró algunos aspectos importantes, entre los cuales; darle más vida útil al baño de desengrase; minimizar el arrastre de aceites y grasas, evitando la neutralización paulatina del baño de decapado, debido a que llegan pequeñas cantidades de solución desengrasante impregnadas en las superficies metálicas, cabe indicar que este baño se cambia cada 3 años aproximadamente.

### **7.1.1 Descripción de la situación anterior al estudio de caso**

En el inicio del proceso de Galvanizado se realiza un tratamiento de Desengrase alcalino, esto es para eliminar los residuos de aceite y grasas que proceden del proceso de fabricación anterior (conformado).

Una buena operación de desengrase evita el arrastre de estos aceites y grasas a las fases posteriores de tratamiento. El desengrase de las superficies metálicas, consiste básicamente en una operación de limpieza de las mismas, eliminando todo tipo de grasas que pudiera presentar el metal en su superficie.



El objetivo es siempre prolongar la vida de los baños, retirando de forma periódica, los aceites y grasas no emulsionadas, ya que estos flotan en la superficie y son retirados mecánicamente.

Este residuo extraído contiene, los aceites y grasas adherido a las piezas, la solución del baño de desengrase y otras partículas como óxidos, polvos cascarillas.

### **7.1.2 Descripción del Estudio de Caso**

#### **Sistema para remoción de grasas y aceites**

Este sistema transfiere la solución de desengrase a través de un vertedero hacia un tanque auxiliar; en el cual se separan las grasas y aceites de la solución. Las grasas y aceites se pueden drenar sencillamente a través de un tubo. Por último, para completar el ciclo, una bomba regresa la solución del tanque de separación hacia el tanque de desengrase.

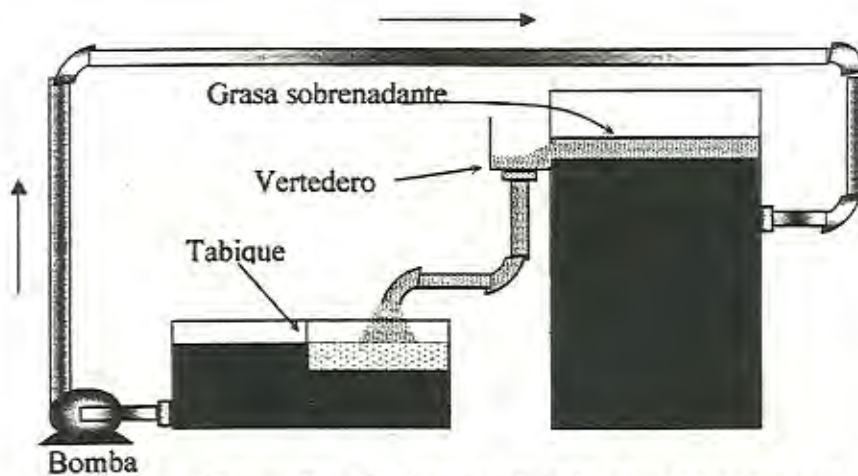
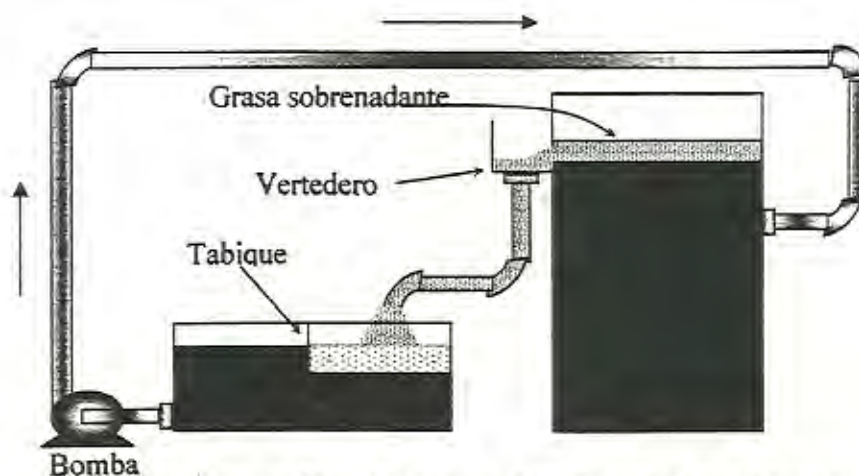


Figura No. 8.- Separador de aceites y grasas

### 7.1.3 Análisis Económico

La Empresa ha venido realizando importantes medidas de optimización en el proceso productivo, dirigido a minimizar el impacto medioambiental, incrementar la calidad del producto final y reducir los costos de producción.

El caso que se analiza en esta parte del proceso, se relaciona al mejoramiento de la recuperación de las grasas y aceites, en la operación del desengrase. Se estima este valor que tendrá un incremento del 10% al recuperado actualmente.



**Figura No. 8.- Separador de aceites y grasas**

### 7.1.3 Análisis Económico

La Empresa ha venido realizando importantes medidas de optimización en el proceso productivo, dirigido a minimizar el impacto medioambiental, incrementar la calidad del producto final y reducir los costos de producción.

El caso que se analiza en esta parte del proceso, se relaciona al mejoramiento de la recuperación de las grasas y aceites, en la operación del desengrase. Se estima este valor que tendrá un incremento del 10% al recuperado actualmente.

## CONCLUSIONES

La inversión estimada en la instalación de este sistema es de 700 dólares americanos, distribuidos de la siguiente manera:

Caja separadora de grasas y aceites con sus acoples	\$ 400,00
Bomba para retorno de solución clarificada	\$ 300,00

### 7.2 Estudio de Caso 2

Los baños de decapado agotados constituyen actualmente en las Empresas de Galvanizado en caliente el mayor problema de eliminación, de modo particular lo es en Novacero Aceropaxi. En términos de valoración para el proceso de decapado debe reducirse al mínimo posible la presencia de sustancias orgánicas (aceites y grasas arrastradas, desengrasantes decapantes, inhibidores de decapado, etc.). Debido a esta valoración los baños son eliminados para ser tratados físico-químicamente.

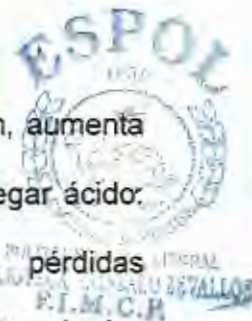
### 7.2.1 Descripción de la situación anterior al estudio de caso.

El proceso de decapado es un método mediante el cual se elimina de las superficies metálicas los óxidos y cascarilla, requiriendo para esto la utilización de soluciones ácidas. El objetivo de este proceso es la eliminación de la cascarilla, sin atacar la superficie del acero, para ello es necesario la adición de un inhibidor que proteja la base del metal. Los aspectos que son tomados en cuenta y que influyen para el mantenimiento de los baños de decapado son: Tiempo de sumergimiento de las piezas, concentración del ácido.

Dentro de la fase de decapado, la concentración en peso del Ácido Clorhídrico en solución es del 16%, lo que equivale a un consumo de 170 gr/lit de ácido.

A medida que el baño de decapado baja su concentración, aumenta la presencia del hierro, por lo que se hace necesario agregar ácido.

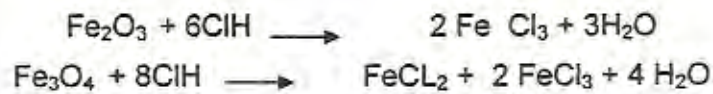
De la misma manera es importante reponer las pérdidas ocasionadas, tanto por la evaporación como por arrastre de los materiales. Este sistema se mantiene así hasta cuando alcanza el límite de solubilidad del Cloruro Ferroso ( $\text{Cl}_2 \text{Fe}$ ) en el ácido clorhídrico, por lo que una vez que ha llegado a su límite ya no es posible seguir decapando. Igualmente el contenido de hierro de la



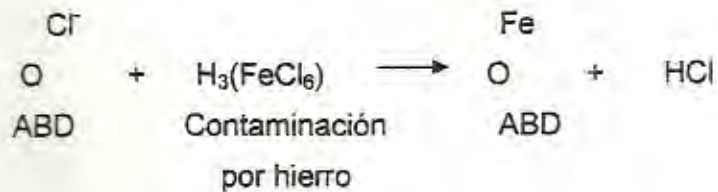
solución de decapado es sobre los 150 gr/lt, siendo necesaria el cambio del baño.

### 7.2.2 Descripción del Estudio de Caso

Dentro del proceso de decapado, al disolverse la cascarilla u óxido con el Ácido Clorhídrico, se forma Cloruro de Hierro (II) y Cloruro de hierro (III), según las siguientes reacciones químicas:



El hierro forma un complejo aniónico muy fuerte ( $\text{FeCl}_6$ ) al ser disuelto en ácido clorhídrico concentrado. Si el ClH se contamina con hierro, uno puede utilizar un anión de base fuerte (ABF), en forma de cloruro para eliminarlo. Debido a que la especie compleja solamente existe en ClH fuerte, al lavar la resina usada con agua pura el hierro se convierte nuevamente en un catión trivalente, eliminándose de la resina.

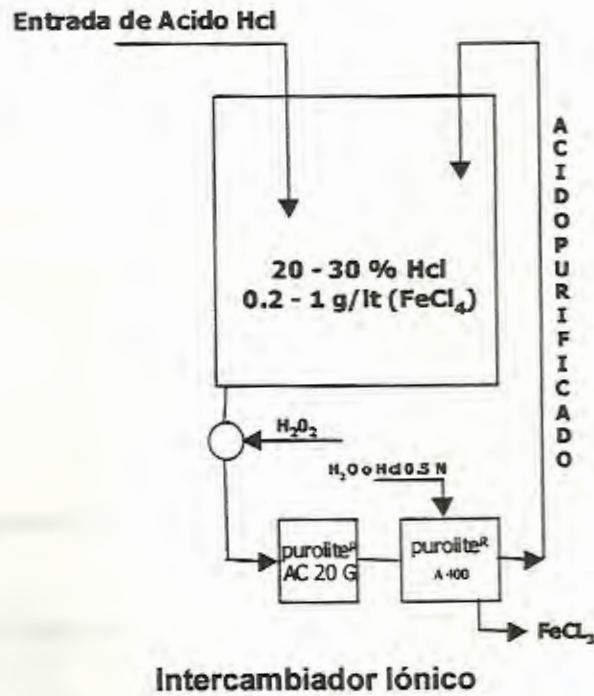


Se ha comprobado que cualquier resina aniónica sirve para este proceso.

Actúa en el CIH en concentraciones de 20- 25% y hasta concentraciones de hierro de 16 a 25 Gr/Lt.

El flujo está en el rango 2 a 3 gal/min/ft<sup>3</sup>, con una altura mínima de 30 pulgadas de resina.

La regeneración se realiza con agua de 3 a 5 volúmenes.



**Resumen de Datos****Costo del cambio**

Equipo de Intercambio Iónico	USD \$ 1500,00
------------------------------	----------------

**Costo operacional antes de la P+L****Costo mano de obra**

1 Operador, considerado en un año	USD \$ 1200,00
-----------------------------------	----------------

**Costo operacional después de la P+L****Intercambiador iónico**

Costo mano de obra al año:	USD \$ 1200,00
----------------------------	----------------

**Costo de Energía Eléctrica;**

Bomba ½ HP (745/1000) Kw x2 Hrs/día x52 sema./año X 0.12 =	USD \$ 23,24
--	--------------

Mantenimiento:	USD \$ 75,00
----------------	--------------

<b>Total</b>	<b>USD \$ 1298.24</b>
--------------	-----------------------

**Beneficio económico**

Por la reducción del consumo de CIH y los costos de tratamiento de ácidos agotados

Consumo anual de CIH	kg./año 55636
----------------------	---------------

Costo del CIH por Kg.	USD \$ 1.75
-----------------------	-------------

Costo total del CIH	USD \$ 97363
---------------------	--------------



Costo total del CIH con agua	USD\$ 100433,53
Consumo anual de CIH con el cambio (-10%)	Kg./año 5563,6
Costo del CIH por Kg.	USD \$ 9736,3
Efluente o ácidos agotados	m <sup>3</sup> /año 107
Costo de tratamiento de efluente por año	USD \$ 214-
<b>Beneficio anual</b>	<b>USD \$ 90401,99</b>

### 7.3. Estudio de Caso 3

Dentro de las alternativas estudiadas en esta fase del proceso Fluxado, se analizaron varios detalles de como eliminar el arrastre de decapado y hierro, estabilizar la dosificación del flux de acuerdo al consumo, controlar la temperatura del baño; todo esto evitará que se incremente la formación de Dross (Matas) y cenizas en el Zincado.

Para esto se propone la implementación de un sistema de filtro para eliminar el contenido de hierro cada vez que supere una concentración determinada.

#### 7.3.1 Descripción de la situación anterior al estudio de caso

Después del Decapado le sigue el Fluxado, no existiendo un lavado intermedio, este baño se mantiene a una temperatura de 45 y 70 °C y

las piezas no permanecen en este baño un tiempo prolongado, sino que una vez que han mojado en su totalidad son sacadas.

El Fluxado se hace necesario para disolver y absorber cualquier resto de impurezas que queden sobre la superficie metálica y asegurar que la superficie limpia del hierro o acero se ponga en contacto con el zinc fundido. Las sales de flux contienen Cloruro de Zinc ( $\text{Cl}_2\text{Zn}$ ) y Cloruro de Amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), en una proporción del 60% y 40% respectivamente, y el contenido de estas sales en el baño de unos 400 gr/lit. La presencia de  $\text{ClNH}_4$  provoca la formación de humo al sumergir las piezas en el baño de Zinc fundido. El efecto es debido a que el Cloruro de Amonio libera ácido clorhídrico, dicha liberación es de manera creciente al descomponerse el cloruro de amonio a temperaturas superiores a los 200 °C. Este efecto se acentúa más entre 250 – 300 °C, dependiendo de la composición de la sal de flux. La reacción química de descomposición es la siguiente:

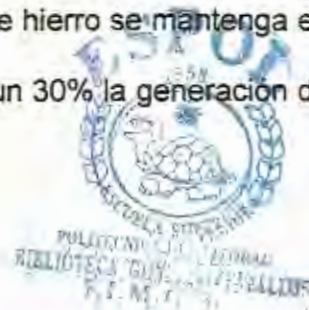


En el baño de Fluxado el pH está ajustado a un valor de 4 – 5 (valor recomendado 4,5), para que una parte, los iones de hierro arrastrados de etapas anteriores puedan precipitarse como hidróxido de hierro; de esta forma se descarta la posibilidad de que arrastren iones de hierro al baño de zinc fundido y evitar la formación de Dross, producto no

deseado. Pero en la práctica no funciona así, el pH no es controlado eficientemente y los iones de hierro son arrastrados al baño de zinc y se forma en cantidades apreciables de Dross y cenizas.

### 7.3.2 Descripción del Estudio de Caso

La regeneración del baño de Flux, compuesta principalmente de una mezcla de  $\text{Cl}_2 \text{ Zn}$  y  $\text{ClNH}_4$ , se ajustará primeramente el pH a un intervalo de 3 – 5. Seguido se precipita el  $\text{Fe}^{++}$  (hierro dos) como hidróxido férrico o hierro tres ( $\text{Fe}^{+++}$ ), mediante la adición de Agua Oxigenada ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Una vez precipitado el lodo se evacuará por bombeo a un filtro, donde adquirirá mayor consistencia y la solución clarificada se devolverá al baño de Fluxado. Además las emisiones producidas por las sales de flux, dependen de la composición de estas que se incorporan al baño de zinc. La reducción del contenido de dichas sales en el baño, disminuye la cantidad de emisiones. Esta disminución tiene un límite, a partir del cual baja la calidad de recubrimiento, esta sería que tenga una concentración de sales de 300 – 350 g/l. El sistema propuesto estará completamente automatizado, permitiendo que el contenido de hierro se mantenga en menos de 0.3 gr/lit, esto permitirá reducir en un 30% la generación de Dross en el Zincado.



La instalación de este equipo de regeneración, además posibilitará:

- Mantener las condiciones de trabajo, lo que conlleva a que el producto tenga problemas de calidad.
- Tratar el lodo residual de hidróxido férrico, generado en el filtro.

### Resumen de datos para la evaluación económica

#### Costo del cambio

Implementar filtración periódica para eliminar contaminantes en el fluxado.

USD \$ 1200,00

#### Costo operacional antes de la P+L

Costo de mano de obra

1 Operador, considerado en un año; USD \$ 1200,00

#### Costo operacional después de la P+L

Costo de Energía eléctrica

Bomba ½ HP (745/1000) Kw x2 Hrs/día x52 sema./año X 0.12 =USD \$ 23.24

Mantenimiento: USD \$ 75,00

1 Operador, considerado en un año USD \$ 1200,00

**Total USD \$ 1298.24**

#### Beneficio económico

Por la reducción de la generación de cenizas y dross (matas), la empresa dejará de perder un 30%, desglosado de la siguiente manera:

Generación anual de Dross (matas de zinc) (año 2003)	Kg. 24264
Precio de venta de Dross la tonelada	USD \$ 550,00
Precio venta total de Dross	USD \$ 13345,20
Generación anual de Ceniza (año 2003)	Kg. 26618
Precio de venta de ceniza la tonelada	USD \$ 260,00
Precio venta total de Cenizas	USD \$ 6920,68
Total de ventas Dross – Cenizas	USD \$ 20265,88
Reduciendo la pérdida del 30% en residuos	USD\$ 14186,12
<b>Total ahorro anual</b>	<b>USD \$ 5352.93</b>

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Dentro de sus instalaciones NOVACEROACEROPAXI C.A realiza dos procesos productivos diferentes que corresponde a la planta de Conformado, donde se moldea en frío los diferentes productos que salen al mercado; en esta planta los impactos que se generan al entorno natural son de baja magnitud, los mayores impactos son internos y que afectan principalmente a los trabajadores, esto es los impactos sonoros.

El otro proceso corresponde a la planta de Galvanizado y que es objeto de estudio para la aplicación de la metodología de P+L, donde primeramente se identificaron impactos por descargas de gases de combustión, emisiones de vapores ácidos y alcalinos de las cubas de Decapado y Desengrase y emisiones en el área del secado de las piezas

antes de ser ingresadas al zincado. Otro problema son los ácidos agotados o efluentes en el sistema que van a la Planta de tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Por los diferentes procesos físico-químicos que se realizan, se produce una cantidad considerable de lodos clasificados como tóxicos y peligrosos, por tener concentraciones de metales pesados fuera de límites permisibles para su disposición final.

Dentro de esta identificación para la aplicación de P+L se logró determinar tres casos a ser aplicados, que corresponden a tres fases del proceso esto es Desengrase, Decapado y Fluxado.

Para la consecución e implementación del programa de P+L evaluadas durante la fase de estudio de tres alternativas se pone de manifiesto que, tienen importancia dentro del ámbito ambiental y económico para la Empresa Novacero Aceropaxi. Partiendo que la Empresa no tiene que hacer grandes inversiones para la ejecución así:

1. En el primer caso la construcción en sus talleres de un separador de grasas y aceites para el desengrase, lo cual dará más vida útil a la solución desengrasante y menos arrastre de estas grasas y aceites; tendrá un costo aproximado de 700 dólares.
2. En el segundo caso se hará la recuperación de los ácidos agotados del decapado por resinas de intercambio iónico. Se considera el costo de la mano de obra como la cuarta parte de lo

que ganaría un trabajador al año, antes y después de la implementación del Programa de P+L. Por otra parte la Empresa con esta recuperación de ácidos agotados, dejaría de consumir alrededor de 55636 Kg. al año de CIH, lo cual se transforma en efluente, y por ende se deben tomar en cuenta los costos ambientales y los costos de tratamiento.

3. En el tercer caso se implementará filtración periódica para eliminar contaminantes (arrastre de hierro) al zincado, que forman compuestos indeseados (Dross y cenizas). De la misma manera que el caso anterior se considera la mano de obra, como la cuarta parte de lo que un operador gana al año esto es 1200 dólares.

Con esta implantación la Empresa NOVACERO ACEROPAXI va dejar de generar un 30% menos de estos compuestos indeseados, ya que el arrastre de hierro se reduce y estos residuos son vendidos a las fundidoras debido a la alta concentración de zinc así; el Dross contiene un 94% de zinc y 6% de Hierro, las cenizas entre 30-33% de zinc. Por lo tanto la Empresa tendrá un ahorro anual de 5352 dólares.

Adicional a esto se propone algunas medidas de mejoramiento que le servirán de directriz:

- Realizar el mantenimiento preventivo completo de los equipos, incluyendo el control de la composición de los baños y, no realizar operaciones innecesarias, incluyendo accidentales.
- Realizar un control de la concentración de las soluciones y, mantener la mínima necesaria.
- Aumentar el tiempo de escurrimiento de las piezas en las diferentes fases del proceso.
- Realizar el control agua y ahorrar energía.
- Establecer el balance de materiales en el proceso de tratamiento de aguas residuales, y controlar el despilfarro de los productos químicos.
- Mejorar el entorno laboral.



## BIBLIOGRAFIA

**Manual de Minimización de la Contaminación Industrial por la Promoción de Tecnologías de Producción Más Limpias.**

Departamento Técnico Administrativo MEDIO AMBIENTE

Bogotá D.C septiembre de 2000.

**Concepto de Manejo de Residuos Peligrosos e Industriales para el Giro de la Galvanoplastia.**

Comisión Ambiental Metropolitana,

México D.F, septiembre de 1998.

**Manual de Orientaciones Básicas para la Minimización de Efluentes y Residuos en Industria Galvánica.**

SENAI, Brasil.

**Libro Blanco para la Minimización de Residuos y Emisiones. Galvanizado en Caliente.**

IHOBE. Sociedad Pública y Gestión Ambiental. Gobierno Vasco.

64

**Manual de Minimización de Residuos y Emisiones Industriales para las  
Industrias Transformadoras de los metales del Sector Metal.**

CEPYME / ARAGON, España.

**Giro de Galvanoplastia**

Centro Mexicano para La producción más Limpia

México D.F agosto 2000.

