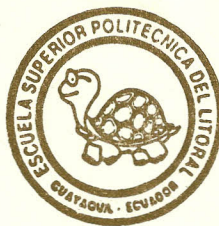


T
671.7
SACm



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Mecánica



"MEJORAS AL PROCESO DE GALVANIZACION POR INMERSION
EN CALIENTE"

INFORME TECNICO

Previo a la Obtención del Título de

INGENIERO MECANICO

Presentado por:

Marco Antonio Sacoto Avila



Guayaquil

-

Ecuador

1991

AGRADECIMIENTO

Al Ingeniero Ernesto Martínez
por la ayuda brindada para la
realización de éste trabajo.

DEDICATORIA

A mis padres

A mis hermanos

A mi esposa

A mi hijo

DECLARACION EXPRESA

Declaro que:

"Este Informe Técnico corresponde a la resolución de un problema práctico relacionado con el perfil profesional de la ingeniería mecánica".

(Reglamento de graduación mediante la elaboración de informe técnico)

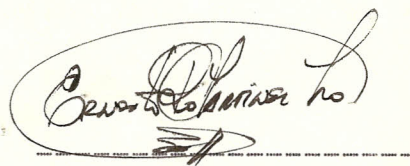


Marco Antonio Sacoto Avila



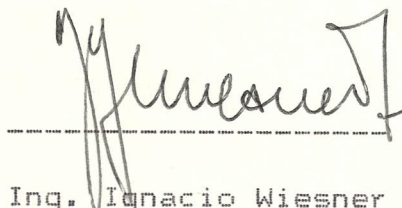
Ing. Nelson Cevallos

DECANO



Ing. Ernesto Martinez

DIRECTOR INFORME



Ing. Ignacio Wiesner

MIEMBRO TRIBUNAL

RESUMEN

El presente trabajo es una recopilación de experiencias que he obtenido en la labor diaria de galvanización, especialmente de tuberías y cañerías; además, de perfiles, estructuras, etc.

En él doy a conocer el procedimiento y control de cada etapa del proceso de galvanización por inmersión en caliente, los cuales se refieren a:

- Preparación de la superficie
- Baño de galvanizado
- Enfriamiento

Para el control y procedimiento de cada etapa del proceso se sigue las recomendaciones técnicas sugeridas por los proveedores de los insumos utilizados.

Para la solución de los problemas más comunes en el proceso de galvanización, analizando sus causas, se emitieron recomendaciones técnicas y prácticas que la experiencia a demostrado dar los resultados más satisfactorios.

La confrontación de los resultados obtenidos por el proceso de galvanización por inmersión en caliente con los valores establecidos en el proyecto de normas INEN MC 06-01-410 e INEN MT0501-404 permiten determinar si los productos se encuentran dentro de las mismas, y de no ser éste el caso, se dan las recomendaciones necesarias para corregirlos.

INDICE GENERAL

RESUMEN

INDICE GENERAL

ANTECEDENTES:

CAPITULO I GALVANIZACION POR INMERSION EN CALIENTE

1.1.- Requisitos generales

1.2.- Descripción del proceso

1.3.- Procedimiento del proceso

CAPITULO II DEFINICION DEL PROBLEMA

2.1.- Descripción general de la planta

2.2.- Ciclo de trabajo

2.3.- Falla principal del proceso

CAPITULO III SOLUCION DEL PROBLEMA

3.1.- Procedimientos y control de las
tinas

3.2.- Normas para mejorar el proceso

CAPITULO IV RESULTADOS

4.1.- Mejoramiento en el acabado de los
productos

4.2.- Evaluación económica

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANTECEDENTES

El principal enemigo del hierro y de las aleaciones ferrosas es la corrosión atmosférica que degrada al metal base hasta destruirlo. A medida que avanza la corrosión, el metal va disminuyendo de sección y perdiendo sus propiedades mecánicas.

Para evitar el ataque del medio circundante (aire, agua, polvo, etc.) y prolongar su vida útil, es necesario recubrir los objetos con una capa protectora.

Al recubrimiento del hierro y sus aleaciones con zinc se lo conoce como galvanización (aunque más específicamente debería llamarse zincado) y constituye el caso más común de recubrimientos metálicos en que éste actúa como elemento (cátodo) de sacrificio, de ahí que a este tipo de recubrimientos se lo denomine Galvánicos.

En IPAC (Industria Procesadora de Acero) se realiza este tipo de recubrimiento y el proceso utilizado se lo denomina Galvanización por inmersión en caliente.

La planta está destinada con bastante frecuencia a la galvanización general, pero en el presente informe nos referiremos especialmente a la galvanización de tuberías y cañerías.

Gran variedad de perfiles pueden ser galvanizados en la planta utilizando el sistema de inmersión y extracción automáticos. Otros, ya sea por su forma, tamaño y/o

peso, sólo pueden galvanizarse manualmente y con el baño de zinc descubierto.

El objetivo de este informe es dar a conocer los procedimientos y controles en cada etapa del proceso para una buena operación de la planta y poder lograr una calidad aceptable de los productos.

Dada las características de la planta se galvanizarán de preferencia elementos que puedan ser procesados mediante los sistemas automáticos que la planta posee.

Cabe hacer notar que el sistema de galvanización manual con baño descubierto resulta muy improductivo en este tipo de planta, resultando justificable sólo en los casos en que la planta no posea una carga de trabajo acorde con su capacidad y luego del balance económico correspondiente. En todo caso, cuando se galvanice en esta forma, se pondrá especial atención a los consumos de zinc y combustibles.

CAPITULO I

GALVANIZACION POR INMERSION EN CALIENTE

1.1 REQUISITOS GENERALES

Para obtener una excelente calidad en galvanización se requiere de ciertos requisitos.

CALIDAD DEL ZINC

Los lingotes de zinc en el baño de inmersión especificadas en la norma ASTM B6-49. El porcentaje más alto de plomo y hierro en el lingote es de 1.6% y 0.08% respectivamente.

Es importante hacer notar que un zinc de alta pureza provoca un desgaste rápido de las paredes de acero del tanque del baño de inmersión, con lo cual, aumentará notablemente el porcentaje de hierro en el baño, que se manifiesta en la formación de concho. Por éste motivo se recomienda el tipo de zinc denominado PRIME WESTERN. (Ver tabla I).

METAL BASE

Para recubrir con zinc por inmersión en caliente son adecuados los materiales férricos sin elementos de aleación, de bajo contenido de carbono, efervescentes o calmados; de alta resistencia y

T A B L A I

NORMA ASTM B6-49

CALIDAD	PORCENTAJE MAXIMO			
	PLOMO	HIERRO	CADMIO	Suma de Plomo Hierro y Cadmio
Especial de alta calidad	0.006	0.005	0.004	0.010
De alta calidad	0.07	0.02	0.07	0.10
De calidad intermedia	0.20	0.03	0.5	0.50
Latón especial	0.60	0.03	0.5	1.0
Seleccionado	0.80	0.04	0.75	1.25
Flor del Oeste (Prime Western)	1.60	0.08		

Norma ASTM B6-49 para los procesos de galvanización por inmersión en caliente.

baja aleación y aceros moldeados, así como las fundiciones gris y maleable.

La composición química del acero de los tubos destinados al galvanizado por inmersión en caliente, debe corresponder a lo especificado en la tabla II.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Para describir el proceso de galvanización en caliente es necesario tener presente los siguientes puntos:

DEFINICIÓN DEL PROCESO

La galvanización en caliente es un procedimiento mediante el cual se proporciona al hierro y al acero un recubrimiento resistente a la oxidación, sumergiéndolos en un baño de zinc fundido a una temperatura entre los 445 y 460 °C, previa limpieza de su superficie y manteniéndolos por un periodo de 20 a 100 segundos, dependiendo del espesor de las piezas introducidas.

Las piezas deberán ser retiradas en el extremo opuesto del tanque galvanizador, a través de una superficie de zinc limpia. Para transportar las piezas que se van a galvanizar ya sea dentro de, a través de, o fuera del zinc fundido, se utilizan

T A B L A II

COMPOSICION QUIMICA

ELEMENTO	% MAXIMO
C	0.30
Si	0.05 *
S	0.05
P	0.05
%S + %P	0.08

* o comprendido entre 0.18 y 0.30%

Composición química de los aceros más óptimos para el recubrimiento de zinc por inmersión en caliente.

alicates de acero, cestas y varios tipos de ganchos. Estos pueden manejarse a mano con una sogá y una garrucha, o con un puente grúa eléctrico.

CARACTERISTICAS DE LOS RECUBRIMIENTOS DE ZINC OBTENIDOS POR GALVANIZACION EN CALIENTE.

Los recubrimientos de zinc obtenidos de ésta manera proporciona una protección excelente contra la corrosión, debido a que el zinc se corroe mucho más lentamente que el acero y además, en su corrosión forma una capa protectora que reduce la velocidad de su ataque.

Por otra parte, los recubrimientos de zinc protegen al acero sacrificándose en su favor, de tal manera, que aunque en algunos puntos del acero quede al descubierto por un defecto o deterioro mecánico del recubrimiento, éste no será atacado aunque esté expuesto a los agentes corrosivos naturales.

La vida de un recubrimiento de zinc obtenido por galvanización en caliente, es proporcional al peso de zinc depositado por unidad de superficie (gr/m^2) y al medio ambiente.

De lo anteriormente se concluye que los recubrimientos de zinc no son eternos y lo que es más, se conoce el consumo aproximado de zinc en las

distintas condiciones climáticas. (Ver tabla III). La apariencia, propiedades y calidad del recubrimiento pueden sufrir cambios significativos de producirse pequeñas diferencias en la composición del baño, temperatura de éste, tiempo de inmersión, velocidad de enfriamiento y subsecuentemente recalentamiento. Del mismo modo, una preparación inadecuada de la superficie es la causa más común de una adhesión pobre.

METALURGIA DE LA GALVANIZACION EN CALIENTE

Cuando la superficie del acero limpia y cubierta con una capa de flujo(*) entra en contacto con el zinc fundido del tanque de galvanización, la película protectora de flujo se funde dejando una superficie limpia que se moja inmediatamente con el zinc. De esta manera, se produce una reacción entre el zinc y el acero, que da lugar a la formación de capas de aleación zinc-hierro. El recubrimiento consiste entonces en una progresión de capas de aleación zinc-hierro unidas metalúrgicamente al acero base.

(*) Capa de flujo, se la obtiene sumergiendo las piezas a galvanizar en un baño de cloruro de amonio-zinc.

T A B L A I I I

CONSUMO DE ZINC ANUALES

CONSUMO ² (gr/m)	CONDICIONES CLIMATICAS
7 a 15	Campos con aire seco
20 a 30	Campos con aire húmedo
40 a 60	En zonas industriales
60 a 70	En aire salino
60 a 80	En atmósferas químicas

El consumo de zinc en piezas galvanizadas de acuerdo al medio ambiente.

Por encima de estas reacciones existe la capa externa de zinc prácticamente puro que se forma al solidificar el zinc arrastrado del baño.

Si observamos al microscopio un corte transversal podríamos notar que existen cuatro capas (Ver figura No.1).

1.3 PROCEDIMIENTO DEL PROCESO

El procedimiento completo de galvanizado por inmersión en caliente puede dividirse en tres etapas:

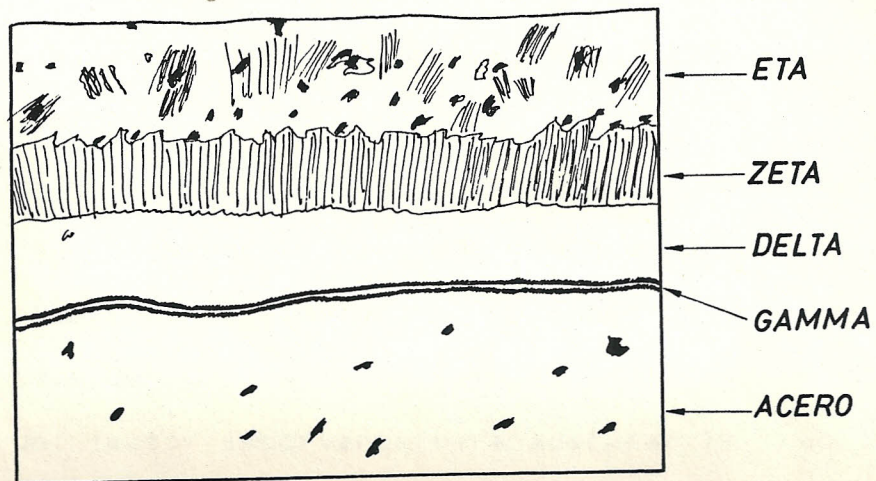
- Preparación de la superficie.
- Baño de galvanizado.
- Enfriamiento.

PREPARACION DE LA SUPERFICIE

En esta etapa, el material primero es desengrasado, decapado en ácido sulfúrico o clorhídrico y luego es sumergido en un baño de cloruro de amonio-zinc (aplicación de fundentes).

Dado que cualquier sal de hierro o partícula presente en la superficie del material forma escorias en el baño de zinc, cada uno de los pasos de desengrasado y decapado va seguido de un enjuague en agua.

SECCION TIPICA DE UN RECUBRIMIENTO DE Zn.



ETA	100 % Zn.
ZETA	94 % Zn. 6 % Fe.
DELTA	90 % Zn. 10 % Fe.
GAMMA	75 % Zn. 25 % Fe.

Fig. No 1

DESENGRASADO

Dado que las grasas, aceites solubles y/o lubricantes y similares dejados sobre el metal como consecuencia de las operaciones mecánicas, impiden la adherencia del zinc, es importante efectuar la operación de desengrasado de la mejor manera posible.

Existe una gran variedad de productos desengrasadores, el más común es el uso de baños alcalinos de limpieza en un rango de temperatura de 65 a 85 ° C.

Un factor importante para acelerar la remoción de la suciedad, especialmente aquellas partículas pequeñas y de tamaños irregulares, es el de usar el método de agitación rápida de la solución limpiadora. Esta agitación puede efectuarse por medio de chorros de vapor o por movimiento de las piezas.

Generalmente, se requiere de 10 a 15 minutos de limpieza para desengrasar con efectividad.

DECAPADO

Las soluciones acuosas de ácidos sulfúrico o clorhídrico se usan generalmente para remover óxidos y cascarilla de las piezas de acero antes de ser galvanizadas. Estas soluciones de decapado

pueden ser de ácido sulfúrico, de 3 a 10% en peso, o ácido clorhídrico, de 5 a 15% en peso.

Para aumentar la efectividad, las soluciones de ácido sulfúrico se usan en el rango de 60 a 80 °C, y las soluciones de ácido clorhídrico generalmente se usan a temperatura ambiente, de 24 a 28 °C, para evitar la excesiva formación de vapores.

Puesto que el decapado excesivo proporciona una superficie áspera y por ende un recubrimiento poco satisfactorio, se recomienda el uso de inhibidores. Cuando se retira las piezas de la solución de decapado, éste trae consigo grandes cantidades de sales de hierro conteniendo ácido interpuesto.

Es importante un lavado cuidadoso para remover éstas subsecuentemente del baño de zinc.

Las sales residuales pueden acumularse en los poros del metal y exudar posteriormente.

APLICACION DE FUNDENTES

Para evitar interferencias en la reacción hierro-zinc es necesario remover las impurezas que quedan en la superficie del metal, aún después del decapado y lavado (óxidos, cloruros, sulfatos, etc.).

Por éste motivo se usan fundentes acuosos de cloruro de amonio-zinc, cuyo método de aplicación

da lugar a dos tipos de galvanizados.

VIA SECA: en el cual el fundente se aplica a las piezas antes de sumergirlas en el baño de zinc, previamente secadas a una temperatura de 100 a 110 °C, (a mayor temperatura se corre el riesgo de estropear el fundente).

VIA HUMEDA: en que el fundente se aplica directamente al baño de zinc, ya sea en toda su superficie o en la porción de ésta en que las piezas serán sumergidas.

También se ha hecho muy común emplear una combinación de ambos métodos, aplicando un baño de fundente a las piezas antes de sumergirlas en el baño de zinc, al cual también se ha agregado fundente. Con esto se logra una mayor protección del baño de zinc, contra el exceso de óxido.

BANO DE GALVANIZADO

El baño de zinc fundido opera a temperaturas usualmente en el rango de 445 a 460 °C. A 480 °C, y más, la velocidad de disolución del hierro y del acero en el zinc es extremadamente rápida, y el efecto de estas temperaturas en las piezas y en el tanque de galvanizado generalmente son perjudiciales.

Siendo la temperatura normal de trabajo 450 °C, es

importante que ésta permanezca constante, para lograr un recubrimiento de buena calidad.

En el galvanizado por inmersión en caliente, el peso del revestimiento se controla por el tiempo de inmersión y por la velocidad de extracción, tal como se ilustra en las figuras No.2 y No.3 respectivamente.

ENFRIAMIENTO

Un enfriamiento por inmersión en agua caliente se recomienda para quitar el exceso de flux, evitando de este modo el efecto corrosivo del flux sobre el zinc. Un enfriamiento por inmersión también evita la formación de los revestimientos grisis, causados por el aumento de la capa de aleación gamma, que ocurre durante un enfriamiento lento.

Para evitar un enfriamiento lento, las piezas deben ser espaciadas adecuadamente después de la inmersión en agua caliente para permitir la libre circulación del aire.

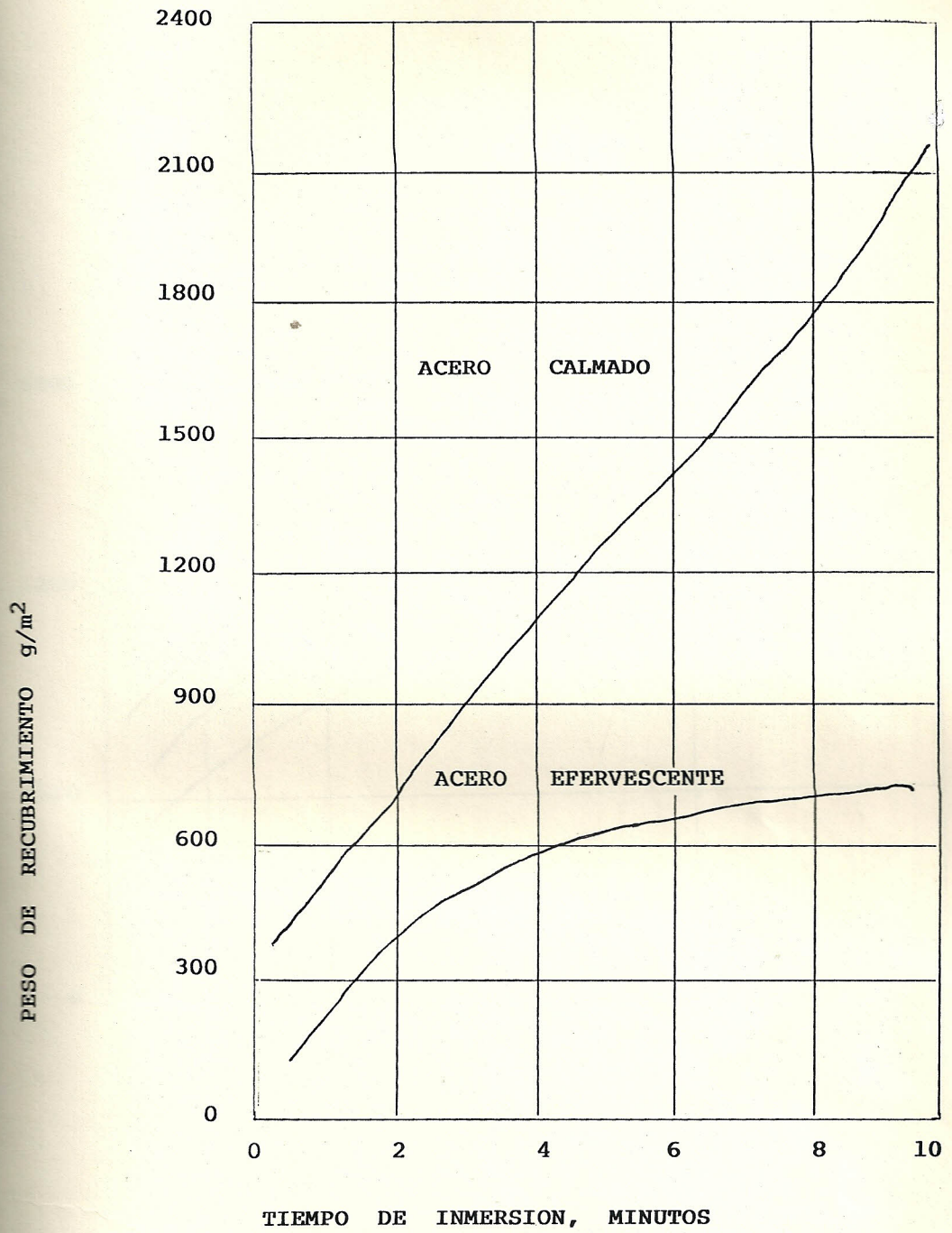


FIGURA No. 2 EFECTO DEL TIEMPO DE INMERSION EN EL PESO DEL REVESTIMIENTO PARA ACEROS CALMADOS Y ACEROS EFERVESCENTES

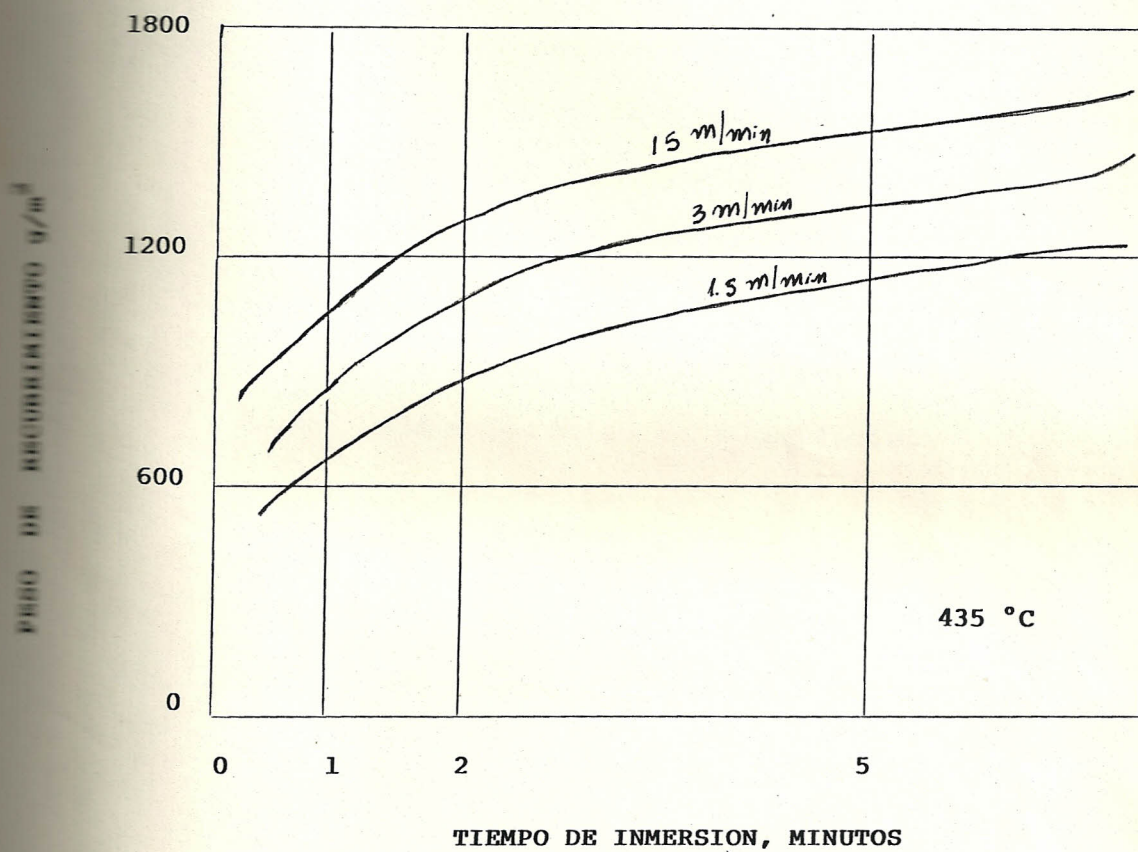


FIGURA No. 3 EFECTO DE LA VELOCIDAD DE EXTRACCION EN EL PESO DEL REVESTIMIENTO

CAPITULO II

DEFINICION DEL PROBLEMA

2.1 DESCRIPCION GENERAL DE LA PLANTA

La planta de galvanizado en IPAC posee los equipos y las instalaciones para una galvanización general, pero se da preferencia a las tuberías y cañerías.

Para una mejor descripción de los equipos e instalaciones (Ver Figura No. 4), la planta se ha dividido en tres zonas:

Zona de recepción y almacenamiento.

Zona de preparación de la superficie.

Zona de galvanización.

ZONA DE RECEPCION Y ALMACENAMIENTO

La recepción, almacenamiento y los movimientos de los insumos y materiales a galvanizar, a través de la planta, se lo realiza con un puente grúa provisto de dos polipastos cada uno con una capacidad de carga de 2.5 ton. de dos velocidades con mandos independientes para una mejor distribución de la carga.

ZONA DE PREPARACION DE LA SUPERFICIE

Los equipos en esta zona consiste en dos tinajas metálicas, una para el desengrasado y otra para el

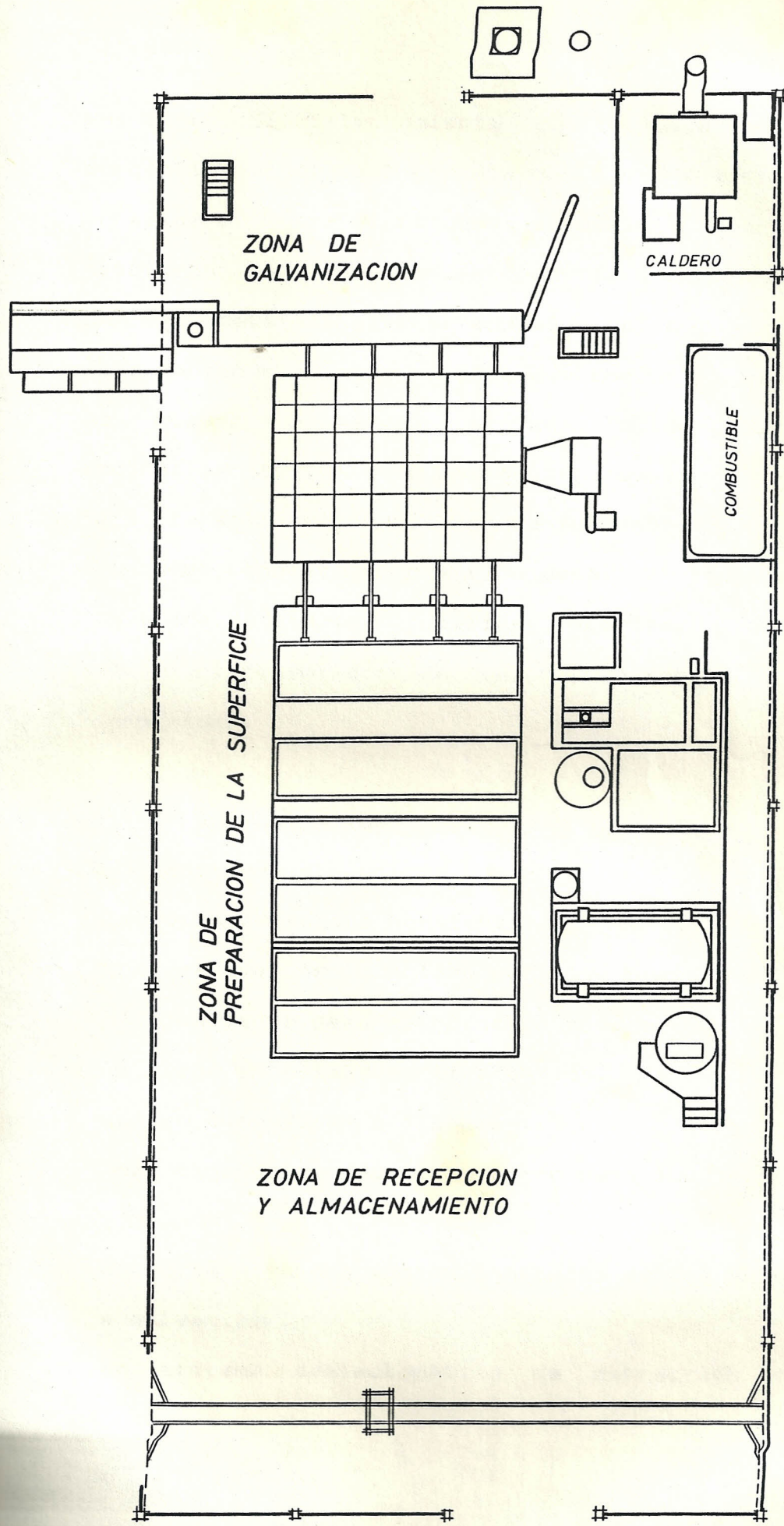


Fig. No. 4 ESQUEMA GENERAL DE LA PLANTA.

enjuague. El calentamiento se lo hace con un serpentín por el cual circula vapor proveniente de un caldero. Para el decapado se utilizan dos tinas metálicas con recubrimiento de fibra de vidrio y una tina metálica para el enjuague del ácido.

Para mantener el agua de enjuague con un PH neutro, la planta posee un sistema automático de neutralización y recirculación del agua.

Para la aplicación del baño de fundente (Sal Flux) el equipo consiste en una tina metálica recubierta con fibra de vidrio, tuberías, acoples, bomba de flux, intercambiador de calor y un regulador de temperatura.

ZONA DE GALVANIZACION

Esta zona consiste en:

- Un horno de secado horizontal.
- Una cámara de mezclado para la generación de aire caliente para el horno de secado.
- Un horno especial de refractarios.
- Cuatro quemadores a diesel.
- Una tina de fundición de acero para fundir el zinc.
- Un sistema automático de inmersión de los tubos a galvanizar.
- Un sistema semiautomático de extracción de

tubos.

- Un sistema semiautomático de control de temperatura.
- Un sistema de control eléctrico.
- Un equipo de succión de gases del baño de zinc.
- Varias herramientas de trabajo como: ganchos, canastillas, espátulas, casetas, boquillas, toberas, etc.
- Además un compresor que suministra aire para la limpieza exterior e interior de los tubos.

2.2 CICLO DE TRABAJO

Al iniciar un ciclo normal de trabajo hay que tener listas las condiciones de operación para la medida del tubo a galvanizar. Tales condiciones se refieren a:

Temperatura del baño de desengrasado.

Temperatura del baño de enjuague y PH.

Temperatura del baño de flux.

PH del agua de enjuague del ácido.

Temperatura del horno de secado.

Temperatura del baño de zinc.

Tiempo de inmersión en el baño de zinc.

Velocidad de extracción.

Presión de soplado exterior.

Tiempo de soplado interior.

Temperatura de la tina de enfriamiento.

En el diagrama siguiente se esquematiza un ciclo normal de trabajo de la planta.

2.3 FALLA PRINCIPAL DEL PROCESO

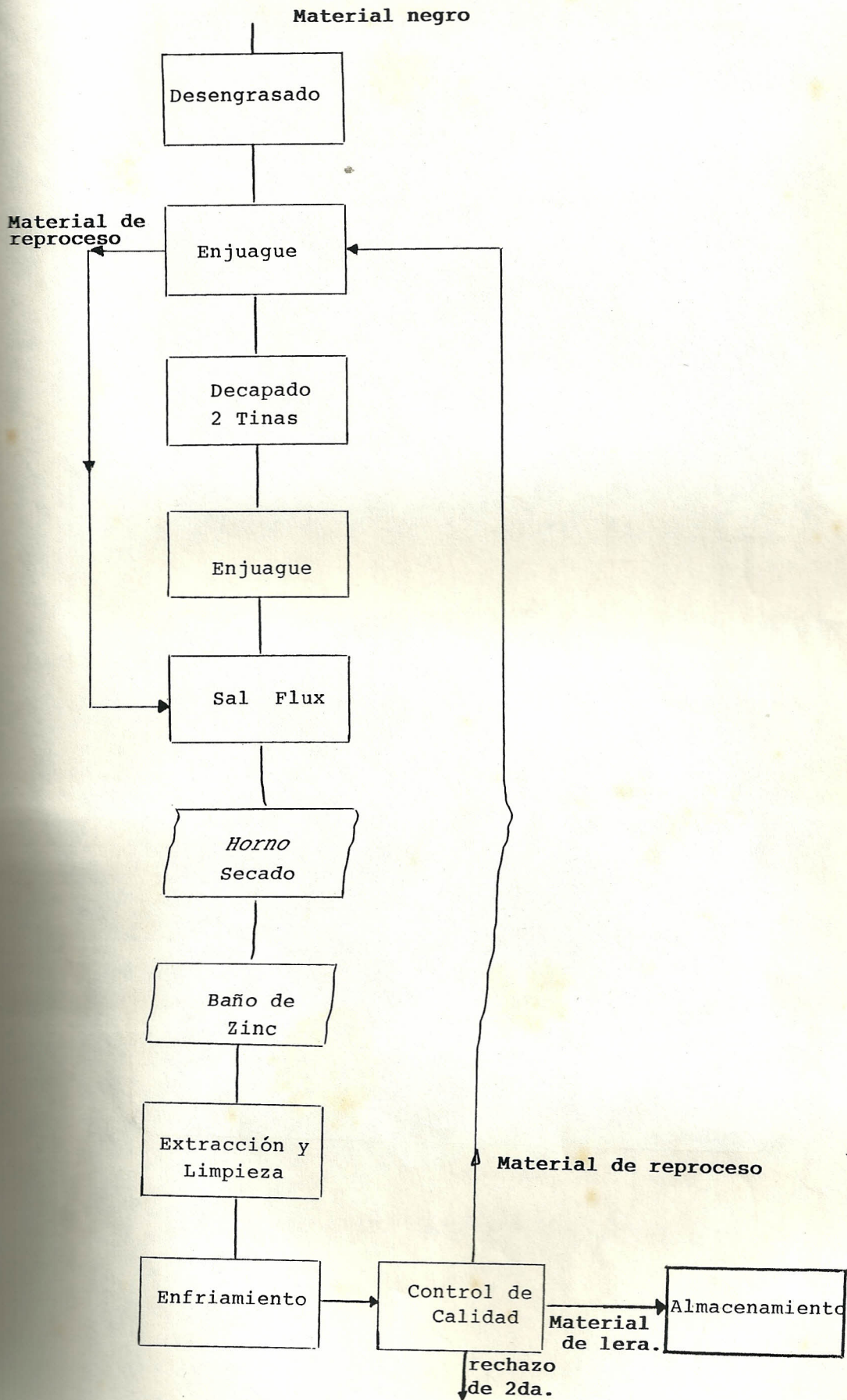
Si se ha observado correctamente el control del proceso de recubrimiento con zinc, los productos deben tener las características adecuadas de acabado superficial, sin embargo, existen algunas características, que aunque no alteran la resistencia del material a los factores climáticos, tienen mucho que ver con su aceptación comercial. El mal acabado es el principal problema del proceso y se presenta de las siguientes formas:

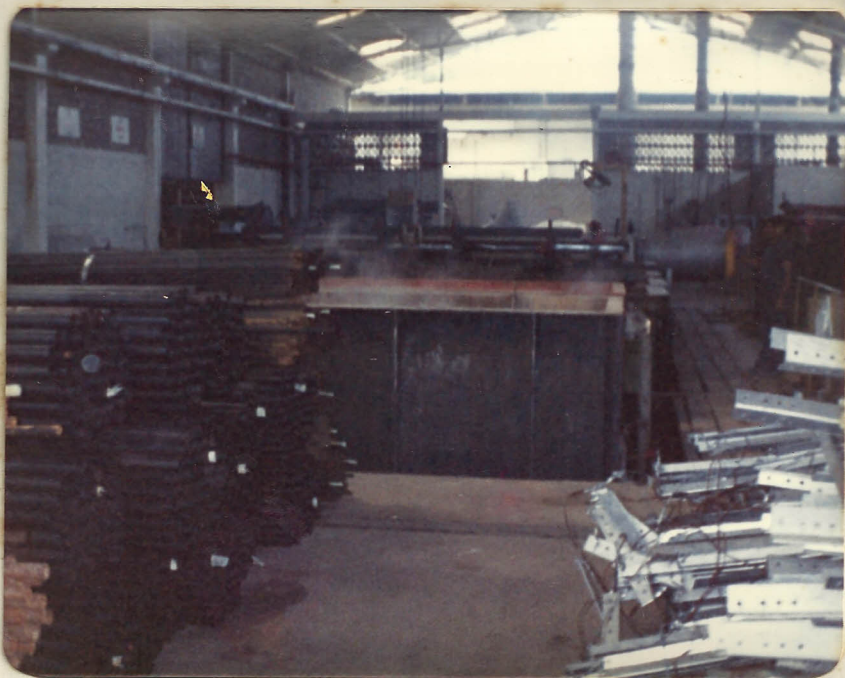
1. Exceso de zinc, capa de recubrimiento mayor de lo normal.
2. Escurrido irregular, superficie del material con terrones y gotas.
3. Recubrimientos gris oscuro.
4. Falta de adherencia, zonas del material sin recubrimiento.
5. Manchas blancas.
6. Granitos, partículas de concho en el recubrimiento.

Todos éstos defectos generan productos que deben ser reprocesados. Por tal motivo, el consumo de zinc y combustible aumenta.

D I A G R A M A

CICLO NORMAL DE TRABAJO DE LA PLANTA





VISTA GENERAL DE LA PLANTA



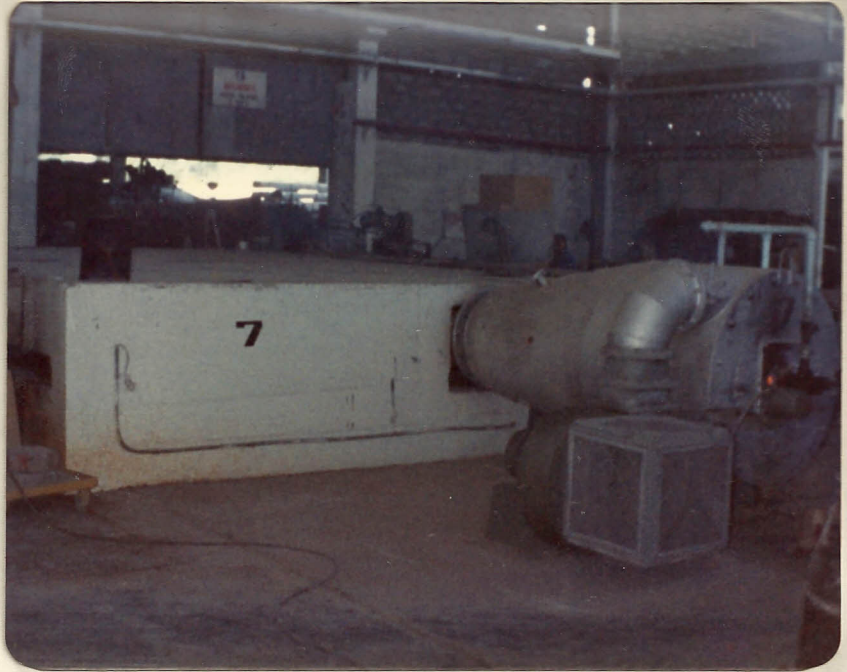
DESENGRASADO Y ENJUAGUE



ENJAGUE Y *DECAPADO* DEL FLUX



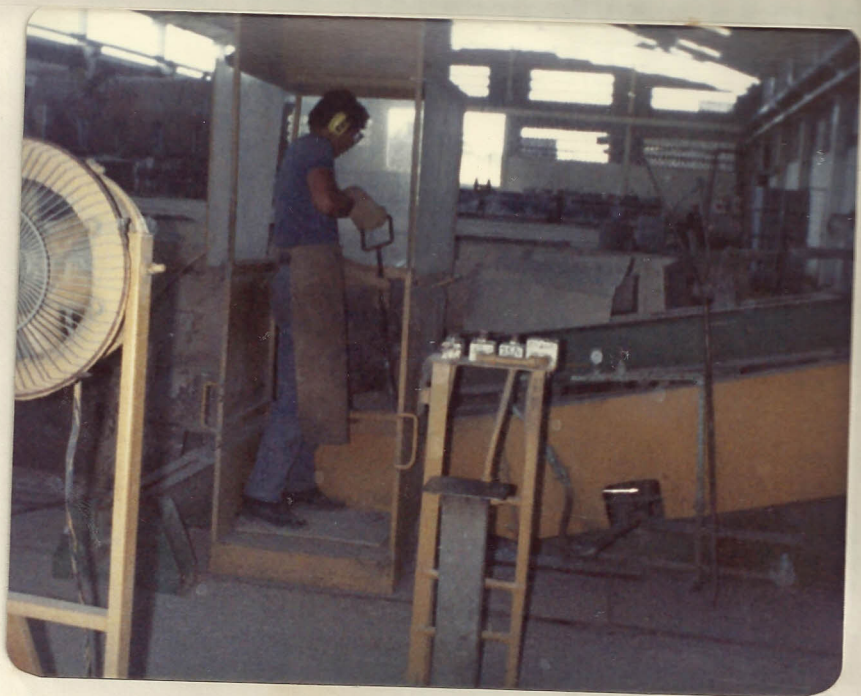
ENJUAGUE Y APLICACION DEL FLUX



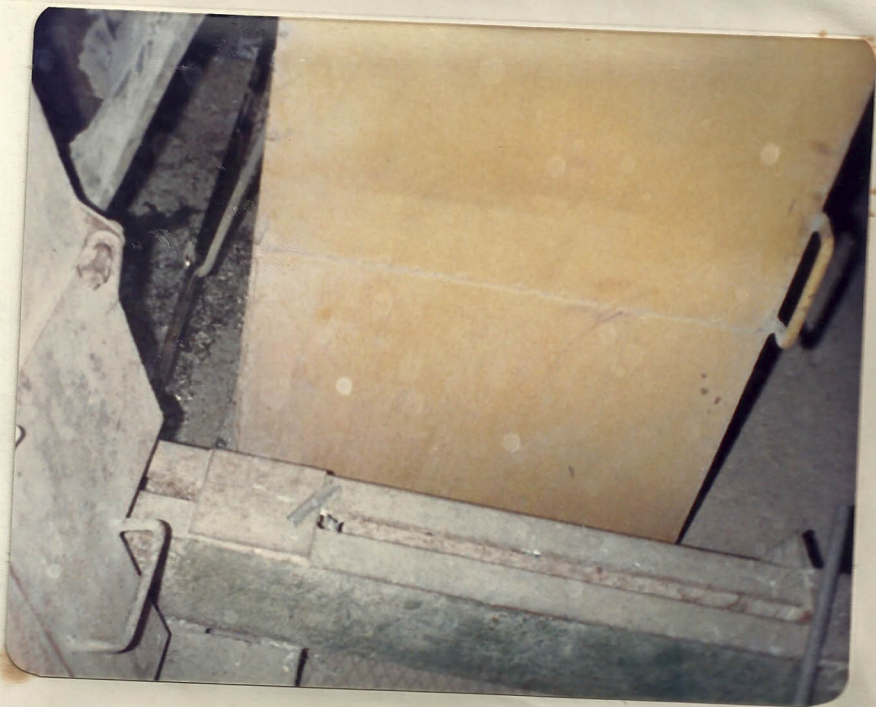
HORNO DE SECADO



INMERSION AL BAÑO DE ZINC



ZONA DE GALVANIZADO



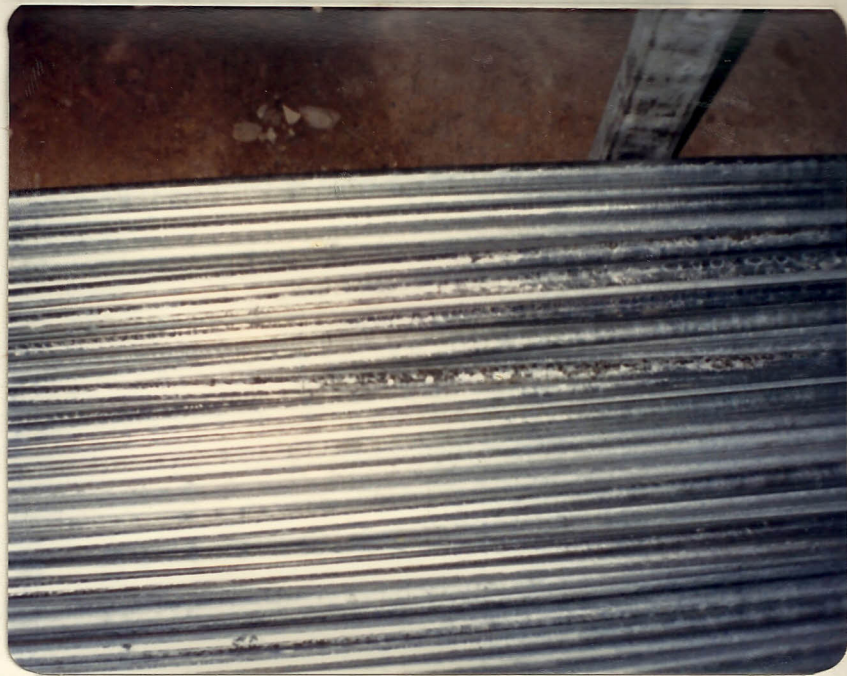
EXTRACCION



LIMPIEZA EXTERIOR



LIMPIEZA INTERIOR

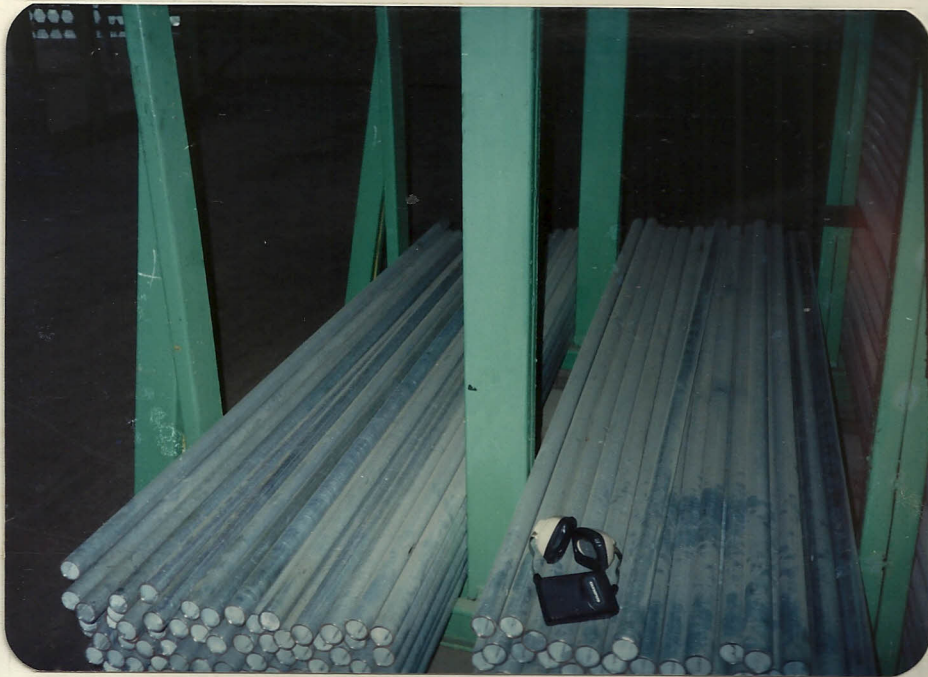


CONTROL DE CALIDAD



ESCURRIDO IRREGULAR

DE ADHERENCIA



RECUBRIMIENTO GRIS



FALTA DE ADHERENCIA



MANCHAS BLANCAS



GRANITOS DEL PRIMERA



MANCHAS BLANCAS



PRODUCTO DE PRIMERA

CAPITULO III

SOLUCION DEL PROBLEMA

3.1 PROCEDIMIENTOS Y CONTROL DE LAS TINAS

Para una buena operación de la planta es de significativa importancia los procedimientos en la preparación y control de las tinas, ya que una mala preparación ó un control no adecuado generan una serie de problemas en el acabado de los materiales galvanizados.

Los procedimientos y controles que se deben tener en cada etapa del proceso son:

BANO DESENGRASADOR

El insumo utilizado para el baño desengrasador es del tipo alcalino llamado Devosol (ph:13-13.9), producto comercial de la firma Karnbach.

Preparación del baño:

- Devosol 50 kg/m³ de agua.
- Agente humectante suprit 2.5 lt.

Controles que deben realizarse en el baño:

- Concentración del 3% al 5% de Devosol en agua, control mensual.
- PH mínimo 12.5, control quincenal.
- Temperatura 85 ° C.
- Recarga acumulada 300 kg., nivel del baño 1.3m.

Procedimiento para el análisis del baño:

1. Se toma 50 ml. del baño y se coloca en un

erlenmeyer de 250 ml.

2. Se agregan de 5 a 6 gotas de naranja de metilo y se agita.
3. Utilizando una bureta graduada de 50 ml., se agrega ácido clorhídrico a 1N agitando constantemente hasta que la solución cambie a color rosado.
4. Se determina la cantidad de ácido clorhídrico gastado de la bureta y éste valor se multiplica por la fracción $0.51/5$, dando el resultado la concentración de Devosol. Si la concentración es cercana al mínimo (3%), se añade 100 kg. de Devosol para recuperar la concentración.

BAND DE ACIDO CLORHIDRICO

El ácido clorhídrico comercial, se expende en concentraciones que varían entre el 32 al 36%, a estas concentraciones, la velocidad de ataque del ácido es muy violenta, y una vez destruida la capa de óxido pasa de inmediato a destruir el metal base, por este motivo, se utilizan concentraciones menores recomendándose como óptimo el 16% y por debajo del 4% su actividad es nula.

PREPARACION DEL BANDO

Los insumos que se utilizan son los siguientes:

Acido clorhídrico 3750 kg.

3
Agua 5.7 m .
3
Stop 8 lt. (0.008 m).
3
Suprit 12 lt. (0.012 m).
3
Acidol 18 lt. (0.018 m).

Controles que deben realizarse en el baño:

Temperatura de operación de 20 a 40 ° C, control diario.

Concentración de 50 a 160 gr/lt. de ácido en la solución. Control quincenal

Concentración máxima de hierro en la solución 100 gr/lt. Control quincenal

Nivel del baño 0.85 m.

Procedimiento para el análisis del baño:

1. Se determina la densidad en ° Bè del ácido.
2. Se toma una muestra de ácido y colocar 10 ml. en una probeta graduada de 100 ml. (previamente filtrado) agregar 4 a 5 gotas de anaranjado de metilo.
3. Se agrega sosa cáustica (hidróxido de sodio Na OH) normal N/1, hasta que el precipitado que se forma no se disuelva con agitación ligera.
4. El valor consumido en ml. de hidróxido de sodio se multiplica por 3,33 y nos da la concentración del ácido clorhídrico en gr/lt.
5. Con el valor encontrado para la concentración del HCL y la densidad del baño (° Bè), medida

directamente con un densímetro graduado en
grados $Bé$ a temperatura ambiente se obtiene
mediante un nomograma KEBO (Figura No. 5) la
concentración de hierro.

Si la concentración del ácido HCL es mayor a los 50
gr/lt. y la concentración de hierro en la solución
es menor a los 100 gr/lt. el baño puede recuperar
concentración añadiéndole de 250 a 500 kg. de ácido
HCL, y prolongar su utilización.

Pero si la concentración del ácido HCL es menor a
50 gr/lt., y la del hierro es mayor a los 100
gr/lt., el baño está completamente inservible.

Ejemplo para determinar la concentración de HCL y
del hierro:

Hidróxido de sodio (NaOH) = 19.5 ml.

Concentración del ácido = $19.5 \times 3.33 \rightarrow 64.93$ gr/lt.

Densidad = 20 $Bé$

Con los valores de concentración del ácido y la
densidad en $Bé$ se encuentra en el nomograma KEBO
que la concentración de hierro en el baño es de 65
gr/lt., valor que nos indica que el baño de ácido
puede recuperar concentración.

BANO DE FLUX

En la preparación del baño de flux, el fundente es
añadido a la tina con agua, agitando mecánicamente.

NOMOGRAMA KEBO PARA DETERMINAR HIERRO Y CONTENIDO DE
 ACIDO DEPENDIENDO DEL PESO ESPECIFICO EN SOLUCIONES
 DE ACIDO CLORHIDRICO

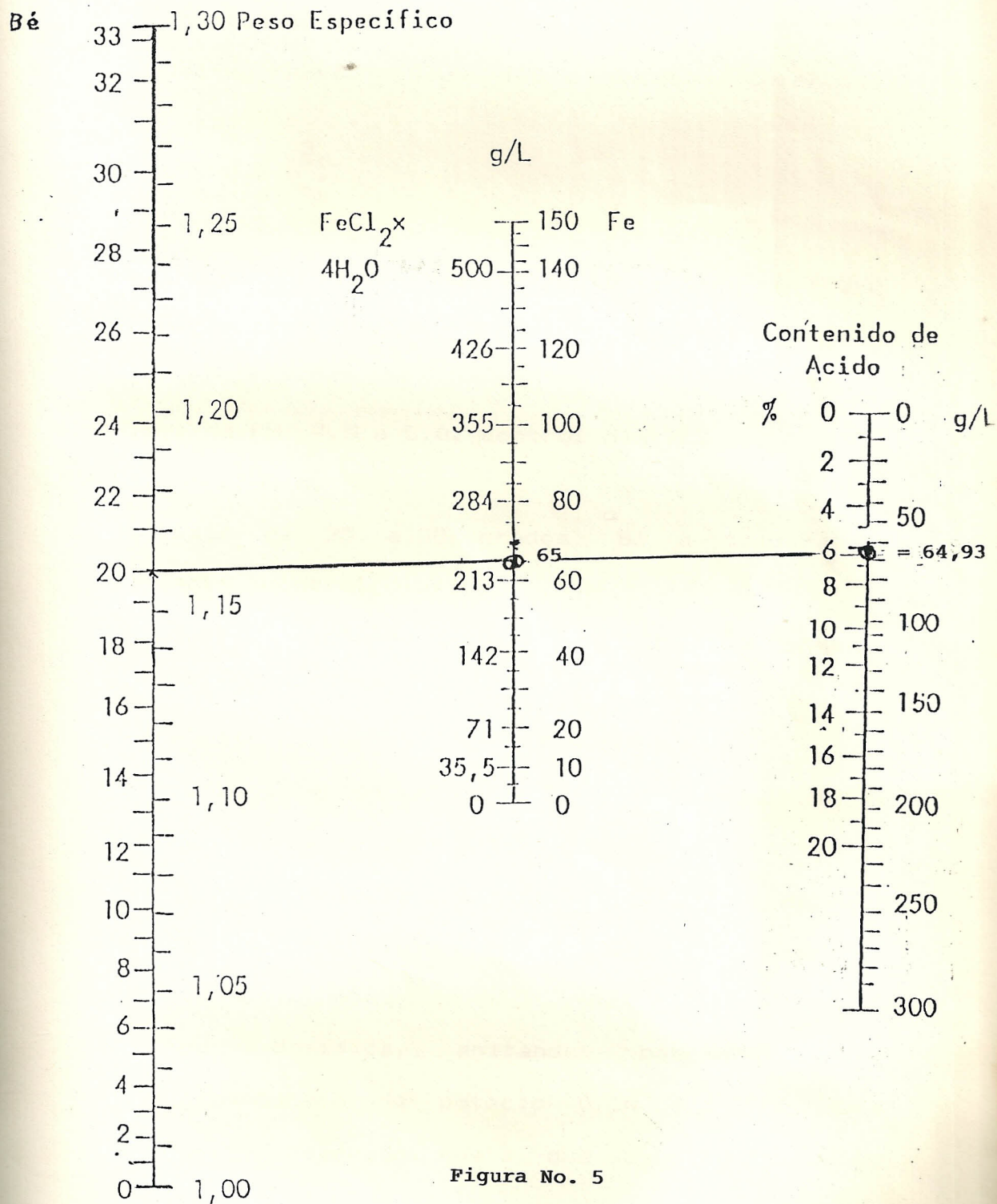


Figura No. 5

Preparación del baño:

Para obtener una solución con una concentración de 30^o Bé a temperatura ambiente, se necesitan los siguientes insumos:

Fundente KÁWEBE Flux 13G/L (Nombre comercial)
2660 kg.

Agua : 3,6 m³.

Suprit : 2,5 lt.

Controles que deben realizarse en el baño de flux:

Temperatura de operación : 55 a 60^o C, control diario.

Nivel de PH: 4.5 a 5.0, control diario.

Nivel: 0.55 m.

Densidad de 25 a 30 grados^o Bé a temperatura ambiente, control diario.

Concentración máxima de hierro = 3 gr/lt., control quincenal.

Procedimiento de análisis del baño:

1. Se toman en un erlenmeyer 50 ml. de la muestra fría y previamente filtrada.
2. Se agregan 100 ml. de agua destilada y agitar.
3. Se agregan 5ml. de ácido fosfórico concentrado, con una pipeta.
4. Se dosifica, agitando permanentemente, permanganato de potasio 0.1N mediante una bureta graduada, hasta que la solución cambie

a color rosado, manteniéndose por unos 20 sg.

5. La cantidad de permanganato gastado se multiplica por la fracción $1,117/10$ dando el resultado la concentración de hierro.

Tratamiento del Flux

Se agregarán a la tina de flux unos 35 lt. (aprox.) de hidróxido de amonio (NH_4OH), ó amoniaco líquido, al 25% de concentración, bien repartidos por toda la superficie se deja reposar durante 12 horas.

Vaciar y lavar cuidadosamente la tina de enjuague del decapado.

Trasladar el flux con una bomba apropiada (acero inoxidable o similar), a la tina de enjuague que ya está limpia. Se dejará un residuo de flux de unos 10 a 15 cm.

Sacar todo el residuo y lavar muy bien la tina de flux.

Volver el flux a su tina original.

Agregar agua hasta unos 8 a 10 cm. menos del nivel habitual de trabajo.

Agregar unos 600 kgs. de flux nuevo.

Luego de unas 8 a 10 horas de agregado el flux nuevo, proceder a medir densidad y PH. La densidad apropiada es de $25 \frac{g}{cc}$. El índice de PH deberá mantenerse entre 4.5 y 5.

Si la densidad estuviera bajo el valor señalado se

agregará más flux nuevo.

Un valor bajo del índice de PH, es decir, mayor acidéz, redundará en un mayor ataque del acero y por consiguiente en un rápido aumento del porcentaje de hierro en la solución, el cual contamina el baño.

La manipulación de amoniaco líquido es altamente peligrosa, por este motivo, se recomienda extremar las medidas de precaución y protección personal.

BANOS DE ENJUAGUES

El control de los baños de enjuagues se remite al control de los valores de PH, de modo que:

Enjuague del desengrasador: PH máximo 9.0

Enjuague del decapado: PH mínimo 4.5.

BANO DE GALVANIZADO

El procedimiento que se recomienda para el arranque de un tanque de galvanización es el de equipar el fondo del tanque con una capa de plomo de aproximadamente 100 a 150 mm. consiguiendo con ésto que el fondo del tanque tenga un reducido desgaste. Los lingotes de zinc se los apila bien juntos, los unos contra los otros, hasta donde sea posible haciendo lo necesario para que los lingotes queden a los costados del tanque y vayan recostados de

lado. Esto asegura un mejor contacto de los lingotes de zinc con las paredes del tanque, así como también causa que las capas superiores vayan cayendo tan pronto como las capas inferiores se vayan derritiendo. Después de haber llenado el tanque los lingotes de zinc bien apretados, los espacios que queden entre los lingotes pueden llenarse con agua. Esto asegura un calentamiento parejo o uniforme de todo el tanque hasta los 100 ° C. De ahí en adelante, se deberá aplicar calor externo muy lentamente de acuerdo a la figura No.6. La temperatura de galvanización está entre los 437 ° a 450 ° C, aproximadamente.

Una pequeña cantidad de aluminio aproximadamente 0,005% reduce considerablemente la velocidad de oxidación del zinc fundido, disminuyendo las pérdidas de zinc. Además, proporciona un aspecto brillante al material. Se deberá agregar al baño pequeños lingotes de 1.5 kg., solo en la zona de extracción de los tubos y en la menor cantidad que sea posible para obtener un recubrimiento brillante.

En la práctica suele agregarse entre 3 y 4.5 kg. por turno de trabajo.

El nivel mínimo de operación es de 1.40 m., debajo de este nivel se dificulta la galvanización de las

Temperatura en °C

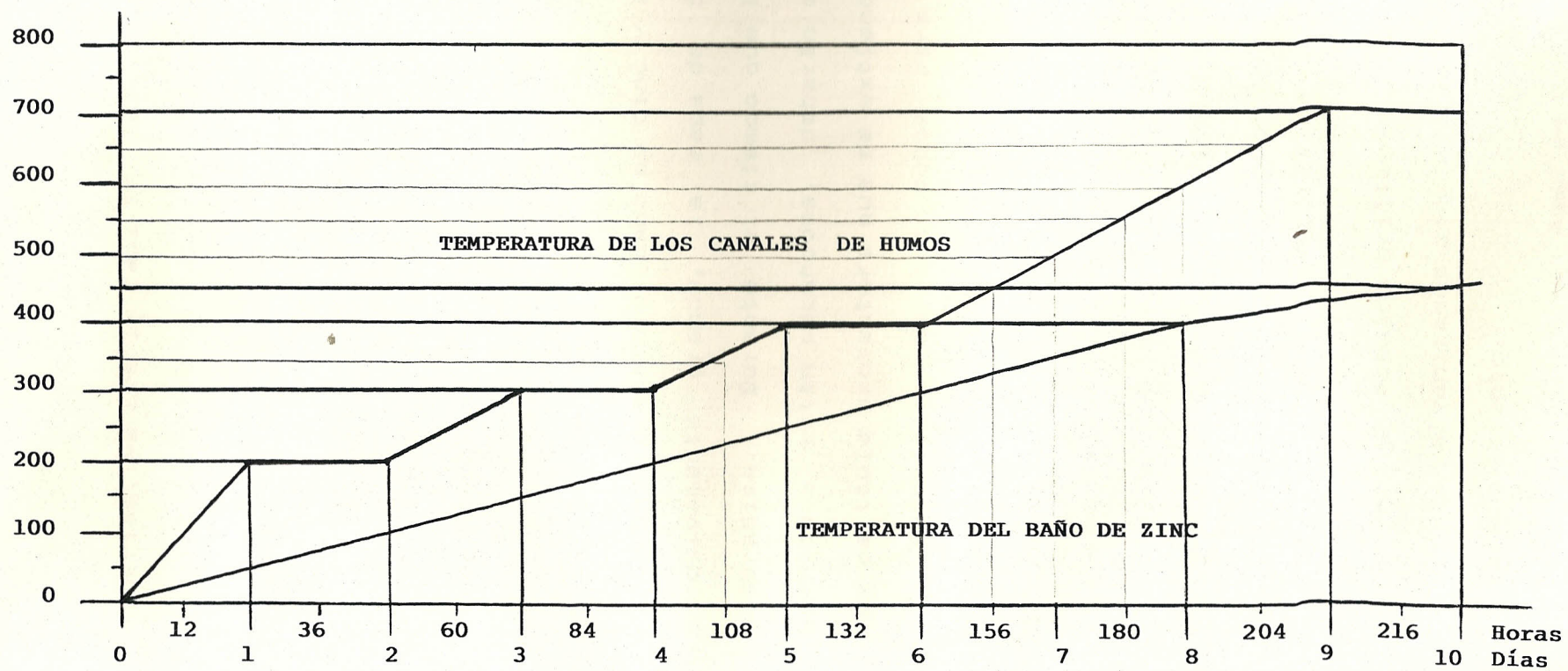


FIGURA No. 6

tuberías, ya que la capa de flujo se quema antes de que las tuberías se sumerjan en el baño de zinc.

BANO ENFRIADOR

Las tuberías galvanizadas por inmersión en caliente son retiradas del baño de zinc fundido a la temperatura de 450 °C. No es recomendable enfriar en agua hasta que su temperatura haya caído alrededor de los 400 °C. Si la diferencia de temperatura entre el baño de zinc y la del agua es excesivamente grande, la capa de zinc se hará quebradiza. Durante el tiempo que los productos enfriados están secándose, deberán ser permitidas una película protectora que se extienda sobre toda la superficie de los tubos para prevenir la formación de corrosión blanca.

El insumo utilizado para el baño, es el producto de la firma Karnbach, llamado Glasit.

El Glasit fue especialmente desarrollado para proteger el recubrimiento contra el resquebrajamiento y la corrosión blanca. Sirve como un agente enfriador y refrigerante, ayuda a preservar un acabado brillante y permite que los productos galvanizados permanezcan inalterables por el almacenamiento.

El Glasit se diluye con agua en una proporción de 2

a 4 kg. por 1.000 lt. de agua.

El control que se tiene del baño es el de verificar diariamente, antes de la galvanización, la temperatura que debe ser aproximada a los 90 ° C.

El recargue del baño con Glasit se lo realiza con unos 20 kg. cada mes, dependiendo si la planta galvaniza normalmente ó cuando la película protectora ya no es observada en los productos galvanizados.

Los detalles de todos éstos controles se los puede observar en la tabla IV.

3.2 NORMAS PARA MEJOR EL PROCESO

Suponiendo que el material está bien preparado y que la calidad del zinc es la adecuada, la calidad del recubrimiento va a depender fundamentalmente de las siguientes normas:

Tamaño de paquetes (Número de tubos por paquetes).

Tiempo de inmersión (Velocidad de rotación del mecanismo propulsor de la estrella que introduce los tubos al baño de zinc).

Velocidad de extracción (Velocidad de los rodillos magnéticos No.1 y No.2).

Limpieza exterior e interior (Presión de soplado exterior con aire comprimido y tiempo de soplado interior con vapor recalentado y aire comprimido).

T A B L A IV

C O N T R O L E S

BAÑO	T°C	PH	d°Be	HCL gr/li	Fe gr/l	Concent. %	AL %	Pb %	Fe %	Cd %	Zn %
Desengrase	x	0				*					
Enjuague	x	x									
Decapado	x		0	0	0						
Enjuague	x	x									
Flux	x	x	x		0						
Zinc	●						*	*	*	*	*
Enfriador	x										

● Permanente

X Diario

0 Quincenal

* Mensual

Resumen de los controles en cada etapa del proceso de galvanización por inmersión en caliente.

Temperatura del baño de zinc.

Es importante que antes de extraer el material del baño de zinc se separen las cenizas de la zona de extracción, ya que éstas pueden quedar en el recubrimiento.

En la instalación de que se dispone, es fácil regular la aplicación de éstas normas para cada medida de tubos y en la siguientes tablas de calibración se dan dichos valores (Tablas V y VI).

T A B L A V

CALIBRACION PARA EL GALVANIZADO DE
CANERIA Y TUBOS EXTRUCTURALES

∅ Canería
∅ Tubo

Productos	Tamaño de paquete (Nº tubos)	Temp.de Zinc (°C)	Tiempo de inmersión (Sg.)	Velocidad de Extracción		Presión de Soplado exterior (kg/cm ²)	Tiempo de sopla- do interior(sg).
				Rodi. MAG Nº 1 (RPM)	Rodi. MAG Nº 2 (RPM)		
∅ ½ pulg.	150	445	135	45	55	1.0 a 1.5	1.6
∅ ¾ "	150	448	140	45	55	1.5 a 2.0	2.0
∅ 1 "	125	448	145	40	55	2.0 a 2.5	2.8
∅ 1 ¼"	100	450	145	38	48	2.0 a 2.5	3.2
∅ 1 ½ "	90	450	150	35	45	2.5 a 3.0	4.0
∅ 2"	70	452	150	30	40	2.5 a 3.0	4.8
∅ 1"	150	450	140	40	50	1.5 a 2.0	1.8
∅ 1 ¼"	125	450	145	40	50	2.0 a 2.5	2.4
∅ 1 ½"	100	452	145	38	48	2.0 a 2.5	2.8
∅ 2"	90	452	150	35	45	2.5 a 3.0	3.2
∅ 2½"	70	455	150	30	57	2.5 a 3.0	3.5
∅ 31.8 m.m	150	450	140	40	48	2.0 a 2.5	2.4
∅ 48.1 m.m	100	450	145	35	55	2.0 a 2.5	3.2
∅ 42.2 m.m	100	450	150	35	55	2.5 a 3.0	3.0
∅ 60.3 m.m	70	452	150	30	55	2.5 a 3.0	3.2

T A B L A VI

EQUIVALENCIA DE VELOCIDAD
CON RESPECTO AL TIEMPO

Posición de carátula del motor de la Estrella	Tiempo inmersión (Sg.)
100	130
95	135
90	140
85	145
80	150
75	170
70	190
65	210
60	230
55	260
50	285
45	312
40	340

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 MEJORAMIENTO EN EL ACABADO DE LOS PRODUCTOS

Con la aplicación de las normas y con el control de cada etapa del proceso, los resultados obtenidos son satisfactorios, ya que los productos presentan un recubrimiento coherente, homogéneo, sin incrustaciones, sin manchas negras, blancas o de óxido, sin rajaduras ni ampolladuras.

Sin embargo, existen ciertos factores que no pueden ser detallados en una tabla específica para cada medida de tubos y que causan un mal acabado.

Por tal motivo, se elaboró una tabla general en donde se puede observar los problemas más comunes del galvanizado, sus causas y recomendaciones para solucionarlos (Tabla VII).

4.2 EVALUACION ECONOMICA

Una evaluación detallada de los resultados obtenidos al aplicar las normas y controles en el proceso de galvanización no es posible realizarla, ya que la planta no posee los equipos para determinar con exactitud ciertos factores que influyen decididamente en los consumos de zinc y diesel especialmente, tales como:

T A B L A VII

PROBLEMAS MAS COMUNES DEL GALVANIZADO, SUS CAUSAS Y
RECOMENDACIONES PARA SOLUCIONARLOS

P R O B L E M A S	C A U S A S	RECOMENDACIONES
<hr/>		
1. <u>Exceso de Zinc</u>		
	a) Superficie del material demasiado rugosa por de- capado excesivo.	a) Disminuir el tiempo de permanencia en la tina de decapado. Em- plear inhibidor.
	b) Temperatura del baño de zinc demasiado alta.	b) Reducir la temperatu- ra del baño de zinc.
	c) Demasiado tiempo de per- manencia en el baño	c) Disminuir el tiempo de permanencia del material en el baño.
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>		
2. <u>Escurrido Irregular</u> (Terrones y Gotas)		
	a) Artículos en contacto - durante la extracción.	a) Mantener separados los artículos.
	b) Extracción demasiado rá- pida.	b) Sacar el material más lentamente.
	c) Baño de Zinc demasiado frío.	c) Aumentar la tempera- tura del baño.
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>		
3. <u>Recubrimiento Gris</u> <u>Oscuro</u>		
	a) Composición del acero (mucho Si, P ó C.)	a) Típico de los aceros con alto Si y fundi- ciones.
	b) Enfriamiento lento des- pués de la galvanización	b) Evitar el apilamien- to en caliente. En- friar en agua.
	c) Desprendimiento de hidró- geno durante la solidifi- cación del recubrimiento	c) Evitar el decapado - excesivo, utilizar inhibidor.
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>		

P R O B L E M A S	C A U S A S	R E C O M E N D A C I O N E S
4. Falta de Adherencia (zonas desnudas)	<p>a) Residuos de grasa o aceite.</p> <p>b) Residuos de óxido.</p> <p>c) Baño de zinc con exceso de aluminio.</p> <p>d) Defectos de laminación en el acero base</p> <p>e) Impurezas en la superficie del material.</p> <p>f) Porcentaje del Cadmio demasiado alto en el baño de zinc.</p> <p>g) Enfriamiento lento después de la galvanización.</p>	<p>a) Revisar el proceso de limpieza.(desengrasador)</p> <p>b) Revisar la operación de decapado.</p> <p>c) Regular las adiciones - del Al.(0,006% máx.).</p> <p>d) Comprobar la calidad del acero suministrado.</p> <p>e) Revisar el estado del fundente (Sal Flux), y la operación de secado</p> <p>f) Cambiar la calidad del lingote de zinc por uno de mayor pureza.</p> <p>g) Evitar el apilamiento en caliente, enfriar más rápidamente.</p>
5. Manchas Blancas	<p>a) Almacenamiento de artículos en forma compacta en condiciones de humedad.</p> <p>b) Empaquetado de artículos húmedos después de enfriamiento en agua.</p>	<p>a) Almacenamiento y expedición en seco, con buena ventilación, separar las piezas.</p> <p>b) Enfriar en agua muy caliente. Utilizar jabón blando, petróleo ó Glast sobre la superficie del agua.</p>
6. Granitos	<p>a) Partículas de matas o cluidas.</p>	<p>a) Evitar la agitación de la capa de matas y controlar el arrastre de las sales de decapado.</p>

- La determinación del espesor de recubrimiento interior de los tubos.
- La determinación exacta del espesor de recubrimiento exterior de los tubos.
- La cantidad de zinc en el recubrimiento de los tubos.
- La determinación exacta de los residuos del proceso.

Por tales motivos la evaluación se la hace considerando los valores promedios y comparándolos con valores promedios de años anteriores. (Observar Tabla VIII y Tabla IX).

Para encontrar el peso aproximado del recubrimiento se utiliza la siguiente ecuación:

$$PR = CZ - PRP$$

PR = Peso del Recubrimiento (kg.).

CZ = Consumo de Zinc (kg.).

PRP = Peso de los Residuos del Proceso (kg.).

Ejemplo: Tomamos valores del año 1988.

$$PR = 137.135 - 69.536$$

$$PR = 67.599 \text{ kg. (1988).}$$

De la misma manera se determina los valores de PR, para los años 1989 y 1990.

Para calcular el porcentaje del residuo del proceso (% R), se utiliza la siguiente ecuación:

$$\% R = (\text{Peso del Residuo} / \text{Consumo de Zinc}) * 100$$

TABLA VIII
CUADRO COMPARATIVO DE CONSUMOS Y RENDIMIENTOS

AÑO	CONSUMO		Nº PRODUCTOS	Nº PRODUCTOS	PRODUCCION TON.	RENDIMIENTO <small>Kg. consumo / Ton. producc.</small>	
	Zn. (Kg)	Diesel (Gal)	GALVANIZADOS	REPROCESADOS		ZINC.	DIESEL
1988	137135	69308	110069	22014	1239	110	60
1989	165133	75927	120685	21723	1286	128	59
1990	159263	66768	112526	16879	1060	150	63

TABLA IX
RESIDUOS DEL PROCESO

AÑO	CENIZAS Kg.	RESIDUOS DEL SOPLADO Kg.	CONCHO Kg.	TOTAL DE RESIDUOS DEL PROCESO Kg.	% RESIDUOS (% R)
1988	43259	12347	13930	69536	50,7
1989	44528	12815	14447	71790	43,5
1990	39679	10564	11918	62161	39,0

Observando la Tabla VIII y comparando los valores de rendimiento y peso del recubrimiento del año 1990, podemos decir que el consumo de zinc por tonelada de producción es mayor con respecto a los otros años, a pesar de que la producción es menor, esto se debe a varios factores:

- Tuberías con mayor área de recubrimiento.
- Tuberías con espesores más pequeños.
- Tuberías con menor peso.

Además observamos que el valor del porcentaje de residuos del proceso del año 1990 es menor a los años anteriores. Esto nos indica que se disminuyó la formación de cenizas, la formación de concho y la cantidad de residuo de soplado.

Por consecuencia mejoró los espesores de los recubrimientos y los productos de reproceso se dieron en menor cantidad.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos con el empleo de las normas y controles en el proceso de galvanización en caliente, podemos concluir que:

1. La vida útil de los baños es mayor.
2. La formación de cenizas es menor.
3. La formación de concho es menor.
4. La cantidad de productos para ser reprocesados es menor.
5. El desperdicio de zinc es menor.
6. El espesor del recubrimiento de los productos galvanizados está dentro de las normas.

RECOMENDACIONES

Dado que la planta de galvanizado por inmersión en caliente de IPAC realiza con bastante frecuencia galvanización general, se estima conveniente hacer incapié en algunos aspectos básicos que deberán tener presente:

1. Extracción de cenizas.- Se evitará, cuanto sea posible, la extracción de cenizas del baño a menos que éstas se encuentren en cantidades que dificulten la operación. Sin embargo, debido a que las cenizas pueden quedar incluidas (mezcladas con el zinc) en el

recubrimiento. Estas serán desplazadas y/o extraídas de la zona de extracción de los tubos antes de cada paquete.

2. **Enfriamiento y almacenamiento.**- Se tratará de que el enfriamiento final se efectúe en agua lo más caliente posible, de manera que ésta se evapore rápidamente, después que los tubos salen del tanque.

Posteriormente, los paquetes de tubos serán almacenados tan separados como se pueda permitir una buena ventilación.

3. **Control de espesores de recubrimiento.**- Dicho control se efectuará según los siguientes puntos:

- a) Efectuar mediciones cada paquete, escoger un tubo que visualmente presente un buen acabado superficial.

- b) Tomar 10 medidas a 50 cm. de la punta, 10 medidas de la mitad y 10 medidas a 50 cm. de la cola del tubo aproximadamente.

- c) Calcular el promedio para la punta, mitad y cola.

- d) Los valores promedios deberán encontrarse entre los 45 micrones como mínimo y los 70 micrones como máximo.

4. **Escurrido.**- En los casos en que no sea posible utilizar el sistema de extracción automático y consecuentemente, el sistema de limpieza por aire y vapor. Los artículos se extraerán del baño de zinc

tan lentamente como sea posible, y así mismo, tratando de acercarse a la posición vertical, de modo que se produzca un escurrido natural (por gravedad) del exceso de zinc.

5. **Materiales diferentes.**- Dado que los tiempos de decapado varían según los materiales y un decapado desigual perjudicaría la uniformidad y aspecto del recubrimiento, se evitará, en lo posible, el empleo de aceros viejos y nuevos, o aceros laminados y fundiciones en el mismo conjunto.

6. **Piezas de fundición.**- La calidad de las piezas de fundición galvanizadas depende en gran medida del diseño, acabado superficial y preparación para la galvanización. Generalmente, antes de la limpieza previa en los baños de desengrase, decapado, etc., es necesario proceder al granallado.

Se tendrán en cuenta, además los siguientes puntos:

a) Utilizar aristas con radios de curvatura grandes.

b) Evitar ángulos muy marcados.

c) Las piezas de fundición con partes mecanizadas deben someterse a chorros de granalla antes de ser galvanizadas.

d) Una sección de espesor uniforme reducirá toda tendencia a la fractura durante la galvanización.

7. **Deformación.**- Para reducir al mínimo el alabeo y deformación que ocurren a la temperatura de

galvanización, las dimensiones de los ensamblados, se limitarán, en lo posible a aquellas que permitan efectuar la galvanización en una sola inmersión. Las piezas deben fabricarse cuidadosamente de modo que no se produzcan tensiones locales al unirlos. Lo ideal es que sean del mismo espesor y con secciones simétricas.

Se recomienda un tratamiento térmico a baja temperatura para disminuir tensiones de soldaduras.

8. Elementos con secciones cerradas o cavidades herméticas.- Nunca deben incluirse entre el material que se va galvanizar tales elementos. Una picadura de la soldadura permitirá que la solución de decapado se infiltre en la cavidad. Luego, durante la inmersión en el baño de zinc, el vapor generado no podrá escapar rápidamente, desarrollándose una presión elevada, con el consiguiente peligro de explosión, pudiendo ocasionar accidentes graves.

En consecuencia, antes éstos casos, se dispondrá la confección de orificios apropiados para la salida de los gases que puedan quedar retenidos durante el desarrollo del proceso de galvanización.

9. Recomendaciones para galvanizar perfiles.- Gran variedad de perfiles pueden ser galvanizados en la planta utilizando el sistema de inmersión y extracción automáticos. Otros, ya sea por su forma,

tamaño y/o peso, sólo pueden galvanizarse manualmente y con el baño descubierto.

a) Galvanizado por inmersión y extracción automático.

Peso máximo aceptable por elemento 75 kg.

Perfiles que pueden galvanizarse normalmente en la planta son: ángulos, canales, costaneras, rectángulos y cuadrados.

En términos generales, se ubicarán las condiciones de galvanización por asimilación a un tipo de cañería que tenga relación aproximada de área/peso. Para el soplado exterior pueden utilizarse las mismas boquillas circulares que se destinan a las cañerías o preferentemente, boquillas especialmente fabricadas según la forma del perfil a limpiar.

Para el soplado interior, en los perfiles cerrados, no es necesario boquillas especiales, siendo eficaces las de formas cónicas que posee la planta.

Luego del soplado interior, los perfiles se enfriarán en agua caliente (en lo posible conteniendo Glasit u otro producto similar), tal como se lo hace con las cañerías.

b) Galvanizado manual con baño descubierto

Elementos tales como barras, platinas, pernos, perfiles de más de 120 mm. de ancho e infinidad de

otros artículos que no puedan ser galvanizados por inmersión y extracción automático, se pueden procesar manualmente, con el baño descubierto, es decir, sin su campana protectora.

En estos casos, en que los elementos tampoco puedan pasar por el horno de secado, se recomienda secar el flux depositando el paquete de perfiles a lado de la cuba de zinc, entre ésta y el horno de secado. De este modo, los elementos pueden ser secados en gran medida, disminuyendo así el peligro de explosiones durante la inmersión.

B I B L I O G R A F I A

1. Manual de Galvanización de Tuberías por LOECO-Industrieanlagen KG (Alemania).
2. Cartas Técnicas de los Insumos por Dr. Karnbach, Weinberger & Blume, K.-G. (Alemania).
3. Manual de Tecnología de Zaclon, Inc., Cleveland, Ohio.
4. Cartas de Consultas de IPAC (Industria Procesadora de Acero).
5. Metals Handbook, Octava Edición.
6. Manual del Ingeniero Mecánico por Marks.