

**OPTIMIZACIÓN DE LA ZONA DE LIMPIEZA LÍNEA DE
GALVANIZACIÓN EN CONTINUO ACESCO S.A.**

**LUIS BERTEL
SLAY FLOREZ
ENRIQUE LEAL
JORGE SANJUAN**

**Profesor: YANETH SANDOVAL
Ing. Industrial**

**UNIVERSIDAD SIMON BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BARRANQUILLA**

2007

TABLA DE CONTENIDO

- 1. Formulación del problema**
 - 1.1. Título de la investigación**
 - 1.2. Antecedentes**
 - 1.3. Planteamiento del problema**
- 2. Justificación**
- 3. Objetivos**
 - 3.1. Objetivo general**
 - 3.2. Objetivos específicos**
- 4. Marco teórico**
 - 4.1. Marco histórico**
 - 4.2. Marco conceptual**
 - 4.3. Estado actual**
 - 4.4. Marco legal**
- 5. Metodología**
- 6. Equipos y materiales**
- 7. Cronograma de actividades**
- 8. Análisis de variables**
- 9. Comparación grado de limpieza**
- 10. Establecimiento de criterios para cambios**
- 11. Fase experimental**

- 12. Conclusiones**
- 13. Recomendaciones**
- 14. Bibliografía**

1. FORMULACION DEL PROBLEMA

1.1 TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:

Optimización de la Zona de limpieza Línea de Galvanización en continuo Acesco S.A.

1.2. ANTECEDENTES

El desafío monetario que propone un modelo económico como el de la globalización¹, lleva a las unidades económicas que integran los mercados a tomar decisiones generadoras de cambios al interior de las mismas, dirigidas específicamente a cumplir con las condiciones que impone la apertura de fronteras entre los países, donde quién desee hacer parte del juego tiene que cumplir con los estándares internacionales de calidad y precios competitivos. Para ello las compañías han entendido que deben optimizar sus recursos mediante el uso racional y eficiente de éstos, pues quienes no sigan dichas pautas probablemente estarán destinados a desaparecer. Una ruta útil para conseguir lo planteado consiste en la mejora de procesos productivos que conlleven a un nivel de producción y competitividad elevado con el fin de mantener un excelente índice de rentabilidad.

¹ Pilar Velilla. Una Historia del Galvanizado. En revista Holasa No 20. Mayo 1988

Un sector productivo donde se aplica esta teoría es la industria del acero, específicamente en la producción de acero galvanizado donde el proceso de limpieza previo a la galvanización de acero laminado en frío representa un aspecto crucial puesto que incide en la calidad del producto, ya que la presencia de impurezas en la lamina afecta negativamente las propiedades finales de la misma. Específicamente, en Acerías de Colombia S.A., no se encuentran definidos criterios que en forma clara establezcan el momento de cambiar las soluciones desengrasantes, además no se tiene en cuenta que dichas soluciones aun poseen propiedades intermedias de limpieza y mediante un refuerzo continuarían siendo efectivas, sumado a esto se incurre en un costo adicional de producción que no resulta deseable desde ningún punto de vista. Todo esto se origina en el desconocimiento de los parámetros que definen los limites de limpieza de las soluciones desengrasantes, por ello, se hace necesario modificar de una forma radical la cultura que hasta el momento se maneja en este sentido y establecer la búsqueda de una rutina de trabajo donde se aprovechen al máximo los materiales utilizados en el sistema de desengrase, permitiendo que el proceso sea eficaz y acorde con los niveles de limpieza y calidad requeridos.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con la búsqueda del incremento de la productividad de la línea de Galvanización en continuo, llevo a Acesco S.A. a adquirir nueva tecnología, logrando así grandes cambios en el proceso productivo, es decir se cambiaron equipos para incrementar la

velocidad de producción, pero debido a que la zona de limpieza mecánica y química no se modificó se convirtió en un cuello de botella impidiendo alcanzar la velocidad de producción planeada por la deficiencia en el acabado² que presenta el producto final, por esto se estudiara la propuesta de una adquisición de tanques de cepillos modernos así como la optimización de las soluciones químicas desengrasantes.

2. Defectos como asperezas, puntos sin galvanizar y oleaje en el galvanizado

2. JUSTIFICACION

Debido a la alta competencia que existe en el mercado del acero, específicamente en acero galvanizado, ha llevado a Acesco a realizar cambios en toda la línea de producción del galvanizado, esto con el fin de incrementar su volumen de producción³. Sin embargo el incremento de velocidad de producción no ha sido tan satisfactorio desde el punto de vista de la calidad del producto terminado, por lo que llevo a realizar un estudio preliminar que mostró en donde se originaba el problema era en la zona de limpieza.

Con el desarrollo de esta investigación se busca brindar las pautas necesarias para que Acerías de Colombia S.A. pueda implementar un sistema eficiente de limpieza química y mecánica dentro de su planta para la producción de lámina de acero listas para galvanizar mejorando los siguientes aspectos:

- Motorizar los rodillos de escurrido en el tanque de enjuague para evitar que estos se piquen, evitando así el paso de agua al horno.

- Buscar un sistema que nos permita recircular la solución desengrasante separando los aceites y los lodos para aumentar su efecto limpiador sobre la superficie metálica.

³ CANTILLO, Carlos. Estandarización del proceso de recocido de ACESCO S.A. Barranquilla. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Programa de Ingeniería Mecánica, Universidad del Norte. 1986

Lograr desarrollar o buscar suministro de un desengrasante que no genere espuma y que mantenga por más tiempo sus propiedades.

- Mejorar el sistema de accionamiento y control de los cepillos en los tanques de limpieza mecánica.

- Lograr una mejor hermeticidad en todos los tanques de la zona de limpieza.

Finalmente como estudiantes este trabajo contribuye a adquirir y profundizar los conocimientos en procesos de producción de aceros, aplicación de recubrimiento, técnicas de investigación y diseño de experimentos, al igual que fomenta un espíritu científico de investigación.

3. OBJETIVOS

3.1. GENERAL:

Garantizar la eficacia del proceso de limpieza mediante el desarrollo de un estudio de las soluciones desengrasantes utilizadas en la línea de galvanización en continuo de Acerías de Colombia S.A.

3.2. ESPECÍFICOS:

- ❖ Analizar el comportamiento de las variables de los baños desengrasantes para definir aquellas que tienen mayor relación con su actividad de limpieza.

- ❖ Comparar el grado de limpieza cualitativo de la lámina.

- ❖ Establecer los criterios para el cambio o refuerzo de las soluciones de los tanques de desengrase.

4. MARCO TEÓRICO

El tema de la limpieza de metales antes del recubrimiento por galvanización reviste una gran importancia a nivel mundial debido a que incluso las mas finas películas de grasa y aceite que puedan quedar sobre la lamina contaminan el baño e impiden un buen galvanizado, dando lugar a recubrimientos poco uniformes y de pobre adherencia, pudiendo llegar a impedir totalmente la formación de la película; por esta razón es necesario realizar antes del galvanizado un desengrase tan perfecto como sea posible.

Cuando la superficie del metal a limpiar contiene gran cantidad de películas de óxidos y grasas o aceites se hace necesario un enérgico desengrase alcalino o por emulsión, seguido de un decapado, luego un enjuague en agua fría corriente y posteriormente otro de agua caliente. El desengrase⁴ con soluciones alcalinas es el mas empleado pues mediante el mismo se consiguen buenos resultados y en condiciones económicas mas ventajosas que las permitidas por los demás procedimientos.

⁴ Enciclopedia tecnología Química. México, 1961 Tomo VIII. Pág. 140 -146

Los detergentes⁵ para el desengrase con soluciones alcalinas suelen ser de composición muy sencilla, teniendo como componentes mezclas de productos alcalinos fácilmente hidrolizables, tales como, por ejemplo, soda cáustica, carbonato sódico, fosfatos sódicos y silicato o metasilicato sódico, a las que se adiciona habitualmente tensoactivo para disminuir la tensión superficial y un complejante mineral u orgánico con el fin de poder emplear agua corriente. Debido a que algunos de los productos químicos que se emplean para la preparación de los desengrasantes tienden a formar sobre las piezas una película que no es eliminada por los enjuagues posteriores y que origina la formación de recubrimientos de estructura basta y de cristales gruesos, es recomendable utilizar los desengrasantes a la menor concentración posible y si es posible sin soda cáustica ni elevadas concentraciones en productos orgánicos, los cuales producen a veces un efecto similar. Después del desengrasante y con el fin de reducir al máximo la acción de la película antes citada, se procede a enjuagar en agua fría corriente, seguido de otro en agua caliente.

⁵ Enciclopedia tecnología Química. México, 1961 Tomo VIII. Pág. 150 -161

El desengrase con soluciones alcalinas se realiza siempre en caliente y a temperaturas entre 60 y 70 °C. Con objeto de acelerar la operación se puede trabajar con agitación, ya sea de la solución o de las piezas, pudiéndose emplear estos desengrasantes con gran facilidad tanto en operaciones manuales como en automáticas.

Poseen la ventaja de no ser tóxicos ni producir vapores que lo sean; no obstante se deberá tener cuidado con las salpicaduras de los mismos, lavándolas cuanto antes con agua corriente. Un desengrase presenta muchos problemas para ser depurado por vía físico-química ya que los aceites, grasas y tensoactivos inhiben y perjudican la floculación/precipitación de otros tóxicos, fundamentalmente metales pesados.

Ahora bien, los métodos utilizados para comprobar la limpieza de la superficie de metales no han sido desarrollados hasta el punto requerido para predecir la calidad del recubrimiento en cualquier superficie determinada. En último análisis estas pruebas deberán ser hechas en el artículo recubierto. Sin embargo, la mayoría de las pruebas son destructivas y en su mayor parte no son cuantitativas. De una mala limpieza resulta una adherencia pobre. La porosidad⁶ gruesa y la resistencia a la corrosión ofrecen métodos para determinar el efecto de la limpieza del metal base en el recubrimiento terminado.

⁶ MGGANNON Ed. Harold E. The Making, Shaping and Treating of Steel 9 ed. Pittsburgh: United States Steel Corporation 1971. The manufacture of the tin plate Capítulo 35

Lo que se necesita es una prueba no destructiva que se pueda aplicar al trabajo en proceso y que determinará si un recubrimiento resultará satisfactorio cuando la superficie probada sea colocada en la operación de recubrimiento.

Los dos tipos de prueba que pueden hacerse y sus subdivisiones son: en el primer tipo, se hace el intento de predecir las características de la superficie del metal limpio basándose en las características físicas y químicas de la solución limpiadora.

Estas se consideran pruebas indirectas. En el segundo tipo, pruebas directas, se examina la superficie misma del metal para determinar la efectividad de la limpieza.

Las pruebas indirectas consisten en métodos analíticos, especificaciones, determinación de propiedades coloidales, acción disolvente, medición de las tensiones de superficie e interfacial, emulsificación y enjuagabilidad del desengrasante, entre otras. Por su parte, las pruebas directas se subdividen en dos: las pruebas que solo determinan el grado de ausencia de grasa y las que determinan el grado de ausencia de contaminantes inorgánicos, en resumen aquellas que determinan el grado de limpieza química de la superficie. Entre las primeras se encuentran las pruebas de separación de agua, muestra de aspersion, prueba del atomizador, pruebas gravimétricas, muestra de residuos, tintura fluorescente, indicaciones radiactivas, papel de ferrocianuro y deposición de cobre sobre hierro; mientras que en las segundas se tiene el examen de depósitos, resistencia de contactos y fuerza de separación.

4.1. Marco Histórico:

Acesco, fue fundada en Febrero de **1970**, con el objetivo de crear un negocio basado en aceros planos, como resultado de una experiencia comercial acumulada durante 25 años y por el deseo de participar en la industrialización y desarrollo económico del país, como una empresa líder. Para esta época, ACESCO, ya se encontraba importando y comercializando aceros planos, aprovechando el modelo de sustitución de importaciones. La organización empieza con línea de galvanización lámina a lámina de 20.000 Tm. por año, en Santafé de Bogotá

En busca de implantar una mejor estrategia y consolidarse en el mercado, se efectúa una alianza en **1978** con la empresa METALCO, organización productora y comercializadora de acero galvanizado y esmaltado en Costa Rica, para la atención del mercado tanto de Centroamérica como del Caribe.

Después de dos años, es decir, en **1980**, emprenden la construcción de la nueva planta ubicada en Barranquilla, convirtiéndose así en la primera empresa en relocalizarse por su visión exportadora.

En **1982**, inicia operaciones la Línea de Galvanización en Continuo por inmersión en caliente, con una capacidad de 40.000 toneladas en el año. Pero ya para la década de los 90 amplía su capacidad a 70.000 toneladas, augurando grandes éxito para el futuro de la empresa, por el desarrollo impuesto por esta misma.

Debido a la ampliación de la línea de producción, se realiza el traslado de la sede administrativa de Bogotá a Barranquilla, en el año de **1994**, ubicando aquí el centro de decisión de la organización.

Acesco procede al montaje de la primera Planta de Laminación⁷ en Frío en Colombia y ya en **1996** produce el primer rollo de acero laminado en frío.

Para el año **2005** se realiza la actualización de la línea de galvanización, con la instalación del nuevo sistema de acumulación vertical, aumento de capacidad de la torre de enfriamiento y cambios en todos los motores de la línea de Galvanización, lo cual ha ido incrementando su producción de 8000 Tm/mes a 11.000 Tm/mes.

Zona de limpieza:

Hasta **1991** la LGC^a disponía de un tanque de desengrase, un tanque de cepillos, un tanque de ácido y un tanque de enjuague.

En **1993** se instaló un segundo tanque de desengrase por problemas con la materia prima proveniente de Sidor.

En **1994** se instalan dos secciones nuevas al horno para recocer en continuo, lo que trae como ventaja una mejor limpieza por la zona de fuego directo del nuevo horno.

^a LGC: Línea de Galvanización en continuo

⁷ Nuestro productos Acesco. Disponible en: www.acesco.com. 2006

En **1999** se instala un nuevo tanque de cepillos

En el **2003** se mejora el sistema de agua para los tanques de cepillos; la presión de suministro pasa de 5 psi a 30 psi con posibilidad de llegar hasta 50 psi.

En el **2004** entra en operación la sección de prelimpieza con solución alcalina por aspersión y enjuague con agua a temperatura ambiente; igualmente entra otra sección adicional de fuego directo que mejora aún más la limpieza de la superficie de la banda.

En **2005** debe entrar en operación un tanque de limpieza electrolítica en reemplazo de uno de los de limpieza alcalina por inmersión.

4.2. Marco conceptual:

Tensión superficial: En física se denomina **tensión superficial**⁸ al fenómeno por el cual la superficie de un líquido tiende a comportarse como si fuera una delgada película elástica. La tensión superficial (una manifestación de las fuerzas intermoleculares en los líquidos), junto a las fuerzas que se dan entre los líquidos y las superficies sólidas que entran en contacto con ellos, da lugar a la capilaridad, por ejemplo.

⁸ Glosario técnico. Disponible en: www.wikipedia.com, 2006

A nivel microscópico, la tensión superficial se debe a que las fuerzas que afectan a cada molécula son diferentes en el interior del líquido y en la superficie. Así, en el seno de un líquido cada molécula está sometida a fuerzas de atracción que en promedio se anulan. Esto permite que la molécula tenga una energía bastante baja. Sin embargo, en la superficie hay una fuerza neta hacia el interior del líquido. Rigurosamente, si en el exterior del líquido se tiene un gas, existirá una mínima fuerza atractiva hacia el exterior, aunque en la realidad esta fuerza es despreciable debido a la gran diferencia de densidades entre el líquido y el gas.

La tensión superficial tiene como principal efecto la tendencia del líquido a disminuir en lo posible su superficie para un volumen dado, de aquí que un líquido en ausencia de gravedad adopte la forma esférica, que es la que tiene menor relación área/volumen.

Energéticamente, las moléculas situadas en la superficie tiene una mayor energía promedio que las situadas en el interior, por lo tanto la tendencia del sistema será a disminuir la energía total, y ello se logra disminuyendo el número de moléculas situadas en la superficie, de ahí la reducción de área hasta el mínimo posible.

Los **tensoactivos** son sustancias que influyen por medio de la tensión superficial en la superficie de contacto entre dos fases (p.ej., dos líquidos insolubles uno en otro). Cuando se utilizan en la tecnología doméstica se denominan como emulgentes o

emulsionantes; esto es, sustancias que permiten conseguir o una emulsión.

Entre los tensoactivos se encuentran las sustancias sintéticas que se utilizan regularmente en el lavado, entre las que se incluyen productos como detergentes, productos para eliminar el polvo y grasa de superficies

Estas propiedades las obtienen a través de su estructura atómica. Los tensoactivos se componen de una parte hidrófoba o hidrófuga y un resto hidrófilo, o soluble en agua. Se dice que son moléculas anfífilas.

Al contacto con el agua las moléculas individuales se orientan de tal modo que la parte hidrófuga sobresale del nivel del agua encarándose al aire o bien se juntan con las partes hidrófugas de otras moléculas formando burbujas en que las partes hidrófugas quedan en el centro, y los restos solubles en agua quedan entonces en la periferia disueltos en el agua. Estas estructuras se denominan micelas.

La **floculación**⁹ es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutina las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior remoción. El proceso de floculación es precedido por la coagulación, por eso muchas veces se habla de los procesos de coagulación - floculación.

⁹Obtenido de "<http://es.wikipedia.org/wiki/Floculación>"

Estos facilitan la retirada de las sustancias en suspensión y de las partículas coloidales.

Un coloide, suspensión coloidal o dispersión coloidal es un sistema físico compuesto por dos fases: una *continua*, normalmente fluida, y otra *dispersa* en forma de partículas, por lo general sólidas, de tamaño mesoscópico (es decir, a medio camino entre los mundos macroscópico y microscópico). Así, se trata de partículas que no son apreciables a simple vista, pero mucho más grandes que cualquier molécula. Aunque el coloide por excelencia es aquel en el que la fase continua es un líquido y la fase dispersa se compone de partículas sólidas, pueden encontrarse coloides cuyos componentes se encuentran en otros estados de agregación. En la siguiente tabla se recogen los distintos tipos de coloides según el estado de sus fases continua y dispersa:

| Figura 1. Fases de un coloide | | Fase Dispersa | | |
|-------------------------------|---------|--|--|---|
| | | Gas | Líquido | Sólido |
| Fase Continua | Gas | No es posible porque todos los gases son solubles entre sí | Aerosol líquido, Ejemplos: niebla, bruma | Aerosol sólido, Ejemplos: Humo, polvo en suspensión |
| | Líquido | Espuma, Ejemplos: Espuma de afeitado | Emulsión, Ejemplos: Leche, salsa mayonesa, crema de manos, sangre | Dispersión coloidal, Ejemplos: Pinturas, tinta china |
| | Sólido | Espuma Sólida, Ejemplos: piedra Pómez | Gel, Ejemplos: Gelatina, gominola, queso | Emulsión sólida, Ejemplos: Cristal de rubí |

La **Hidrólisis** es una reacción química del agua con una sustancia. Entre las sustancias que pueden sufrir esta reacción se encuentran numerosas sales, que al ser disueltas en agua, sus iones constituyentes se combinan con los H_3O^+ y con los OH^- procedentes de la disociación del agua. Esto produce un desplazamiento del equilibrio de disociación del agua y como consecuencia se modifica el pH.

Las sales de los ácidos débiles o bases débiles se hidrolizan por acción del agua, dependiendo el grado de la reacción de la debilidad del ácido o la base. Es decir, cuanto más débil sea el ácido o la base, mayor es la hidrólisis.

Galvanizado¹⁰ al proceso electroquímico desarrollado por el cual se puede cubrir un metal con otro. Se denomina galvanización pues este proceso se desarrolló a partir del trabajo de Luigi Galvani, quien descubrió en sus experimentos que si se pone en contacto un metal con una pata cercenada a una rana, ésta se contrae como si estuviese viva, luego descubrió que cada metal presentaba un grado diferente de reacción en la pata de rana, por lo tanto cada metal tiene una carga diferente.

¹⁰ ASTM 653M Handbook Volume 2



Más tarde ordenó los metales según su carga y descubrió que puede recubrirse un metal con otro, aprovechando esta cualidad (siempre depositando un metal de carga mayor sobre uno de carga menor). De su descubrimiento se desarrolló más tarde el **galvanizado**.

La función del galvanizado es proteger la superficie del metal sobre el cual se realiza el proceso. El galvanizado más común consiste en depositar una capa de zinc (Zn) sobre hierro (Fe); ya que, al ser el zinc más oxidable que el hierro y generar un óxido estable, protege al hierro de la oxidación al exponerse al oxígeno del aire.

Otros procesos de galvanizado muy utilizados son los que se refieren a piezas decorativas. Se recubren estas piezas con fines principalmente decorativos, la hebillas, botones, llaveros, artículos de escritorio y un sinnúmero de productos son bañados en cobre, níquel, plata, oro, bronce, cromo, estaño, etc.. En el caso de la "bisutería" se utilizan baños de oro (generalmente de 18 a 21 kilates). También se recubren joyas en metales más escasos como platino y rodio.

La **pasivación** se refiere a la formación de una película relativamente inerte, sobre la superficie de un material (frecuentemente un metal), que lo enmascara en contra de la acción de agentes externos. Aunque la reacción entre el metal y el agente externo sea termodinámicamente factible a nivel macroscópico, la capa o película pasivante no permite que éstos puedan interactuar, de tal manera que la reacción química o electroquímica se ve reducida o completamente impedida.

La pasivación¹¹ no debe ser confundida con la inmunidad, en la cual el metal base es por sí mismo resistente a la acción de los medios corrosivos, por ejemplo el oro y el platino, que no se oxidan fácilmente y por eso se les llama metal noble.

En muchos casos, la formación de esta película pasivante es espontánea cuando el metal entra en contacto con el agente externo. Un ejemplo clásico es el aluminio. Cuando una superficie de este metal entra en contacto con el aire ambiental, la parte más externa del objeto se oxida espontáneamente para formar una capa transparente e impermeable de alúmina Al_2O_3 tipo cerámica, muy congruente y adherente. Por esta razón, aunque el aluminio es termodinámicamente muy reactivo, la capa pasivante lo protege de manera muy efectiva en contra de la corrosión a condiciones ordinarias. Para lograr la corrosión de este metal se requieren ácidos minerales o un determinado sobrepotencial electroquímico¹².

Otro caso típico es el acero inoxidable. Como resultado de sus contenidos de cromo, esta aleación forma naturalmente una capa de óxido de algunos Ångstrom de espesor y de esta forma queda protegido contra muchos agentes corrosivos, encontrando amplio uso en la industria y la vida diaria.

¹¹ Nuestros procesos Acesco. Disponible en: www.acesco.com, 2006

¹² Enciclopedia tecnología Química. México, 1961 Tomo VIII. Pág. 140 -146

Por otro lado, la formación de una película pasivante no se limita a oxidación de un metal base. También hay casos donde la película pasivante se forma por reducción. En este caso puede ser producto de la reducción electroquímica de algún óxido o sulfuro. Por ejemplo, se ha intentado la electro-refinación directa de matas de cobre (Sulfuro de cobre) sin pasar por la etapa de convertidor metalúrgico. Sin embargo la reducción del sulfuro forma una película pasivante de azufre elemental que entorpece el proceso por lo que esta alternativa aún se encuentra en investigación, muestra de que no siempre es deseable la formación de esta capa pasivante.

Los tanques de cepillos como su nombre lo indica, contienen unos cepillos, los cuales ejercen su acción sobre la lámina cada vez que sale de un tanque de desengrase, cada tanque de cepillos tiene un Back-up roll que no es mas que un rodillo de apoyo para que el cepillo pueda ejercer presión sobre la lámina mientras la limpia. Estos se complementan con una solución desengrasante alcalina que ablanda el sucio para posteriormente ser retirado por los cepillo.

Acontinuacion se muestra como esta conformado el tanque de cepillos actualmente: Ver figura 2.

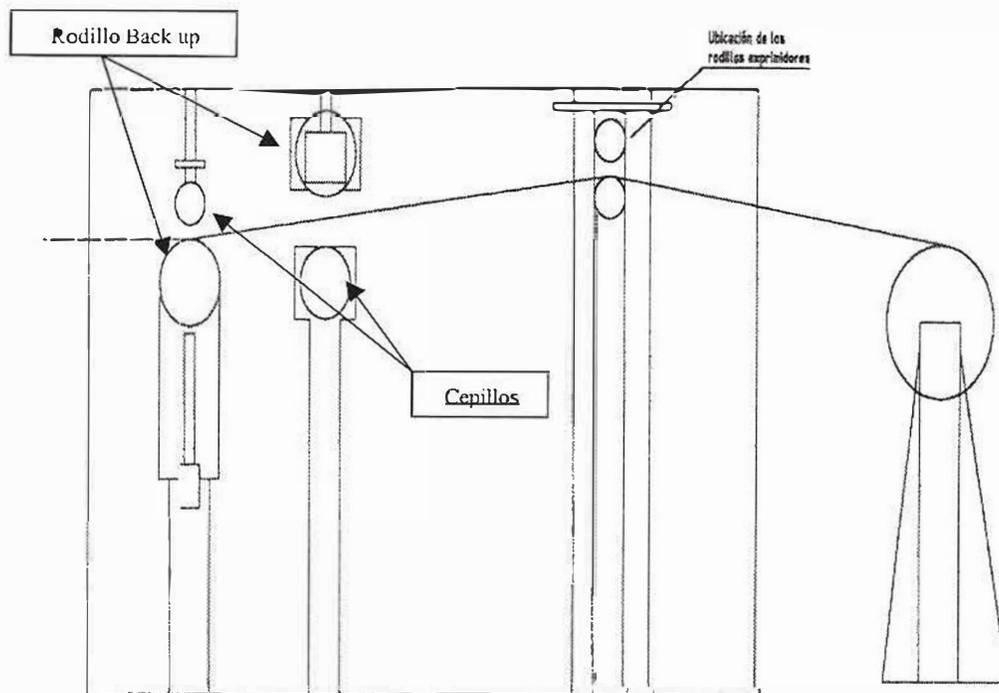


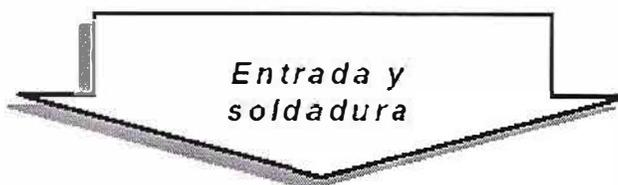
Figura 2. Tanque de cepillos actual

4.3. Estado actual:

ACESCO cuenta con una moderna línea de galvanización en continuo, acondicionada para producir acero galvanizado de calidad comercial. El proceso de galvanización en continuo se realiza en seis etapas principales:

- • Entrada y soldadura rollos
- • Limpieza y pre-tratamiento.
- • Recocido.
- • Galvanización.
- • Acondicionamiento superficial y tratamiento químico.
- • Presentación final y empaque.

Veamos ahora en detalle cada uno de estos pasos:



Los rollos de acero laminado en frío de 20 toneladas de peso, procedentes de la planta de laminación de ACESCO, son alimentados a dos desenrolladores por medio de carros portabobinas. Al ser un proceso en continuo, se debe garantizar que la línea siempre esté alimentada con lámina. Para tal fin se aplica soldadura para unir la punta del rollo que inicia con la cola del rollo que está terminando. La línea cuenta con fosos de acumulación que garantizan que el resto de los procesos no se paren mientras se realiza la pega de los rollos.



La superficie de la lámina que se va a galvanizar debe estar completamente limpia. Para tal fin, la banda es sumergida en una solución desengrasante con el fin de eliminar la suciedad y los aceites provenientes de la laminación y que dificultan la adherencia del zinc al metal base. La solución es luego removida en el tanque de enjuague.



Para poder lograr que el acero galvanizado sea maleable, debe reducirse la dureza superficial con la que llega el material de la planta de laminación en frío. Esto se logra en el proceso de recocido que consta de tres etapas:

- **Fuego directo:** Es una sección de calentamiento con base a llama directa y donde la lámina alcanza temperaturas entre 600 y 700°C. La propia llama de calor igualmente termina de efectuar la limpieza superficial de la lámina a galvanizar debido a que la atmósfera es reductora (se utiliza un exceso de gas natural para garantizar la composición de atmósfera reductora).
- **Sección de tubos radiantes:** La lámina continúa su calentamiento hasta alcanzar entre 700 y 800°C. La temperatura se sostiene por un tiempo determinado para lograr la homogeneización de la estructura molecular del acero. El recocido se realiza en una atmósfera reductora compuesta por nitrógeno e hidrógeno.
- **Sección de enfriamiento:** La lámina es luego enfriada hasta alcanzar una Temperatura de aproximadamente 450°C utilizando para ellos los Jet Coolers que fuerzan la reducción de temperatura. La lámina es guiada por un túnel con atmósfera reductora hasta la cuba de galvanización.



Galvanización

La lámina que proviene del horno de recocido se sumerge en la cuba de galvanización, en la cual se encuentran 70 toneladas de zinc fundido a una temperatura de 450°C. Al baño de zinc se adiciona Aluminio para garantizar una mayor adherencia del recubrimiento. La lámina al salir pasa por entre dos cuchillas de aire a gran presión que son las encargadas de controlar el espesor del recubrimiento mediante el barrido del exceso de zinc. Posteriormente la banda ya galvanizada sigue a la torre de enfriamiento con colchones de aire.



*Acondicionamiento
superficial y
tratamiento químico*

La lámina galvanizada se somete a un proceso de acondicionamiento superficial mediante la utilización del Skin-pass y nivelación por tensión, garantizando una superficie óptima para procesos de pintura y doblado. Igualmente la lámina se somete a un baño con ácido crómico que le aplica una película sellante de protección contra la oxidación durante el almacenamiento y transporte del material al destinatario final.

Presentación final y empaque

El material galvanizado entra a la sección de salida donde se enrolla o se corta las dimensiones finales requeridas por el cliente. Igualmente se realiza el proceso de empaque e identificación del producto terminado el cual queda listo para su despacho.

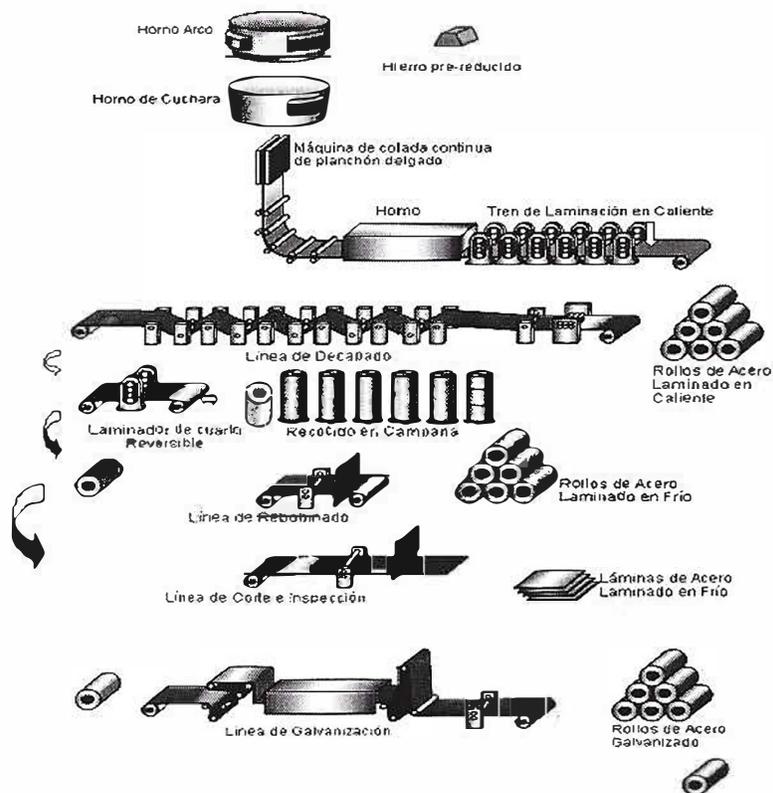


Figura 3. Proceso de producción de la lámina galvanizada-ACESCO

Ya se mostró brevemente cuales son los procesos por los que pasa la lámina de acero y en todos ellos esta debe estar en contacto con los elementos de las máquinas por las que es conducida, e incluso en algunos casos esta es sometida a la manipulación directa con lo que se hace mas importante y necesario la implementación de un adecuado proceso de limpieza que garantice las características superficiales óptimas que necesita la lámina de acero antes de ser sometida al proceso de recubrimiento.

En la selección de los procesos de limpieza para metales, se debe tener en cuenta:

- El sustrato a ser limpiado si es ferroso o no ferroso.
- La naturaleza del aceite para ser removido.
- La importancia de la condición final de la superficie dependiendo de su aplicación.
- El grado de limpieza requerida.
- El impacto ambiental del proceso de limpieza.
- Consideraciones de costo.
- El área superficial total a ser limpiada.
- Los efectos de los procesos previos.

4.4. Marco Legal:

Acesco actualmente esta certificada bajo la ISO 9001:2000, además cuenta con el sello de calidad ICONTEC para el material galvanizado y actualmente se encuentra implementando la ISO 14000.

Para desarrollar este proyecto trabajaremos con las normas internacionales ASTM¹³, las cuales nos darán las pautas a seguir. Una vez se realice el estudio y se implemente debemos documentar todos los cambios que se realicen en la zona de limpieza al igual que los procesos que causen un impacto ambiental.

¹³ AMERICAN SOCIETY for testing and materials. Annual book of ASTM standards.

5. METODOLOGÍA

Con el fin de establecer los criterios para el cambio o refuerzo de las soluciones desengrasantes así como el desempeño de los tanques de cepillos se plantea una metodología que se estructura mediante las siguientes etapas:

Fase I: Comportamiento de los baños desengrasantes

- . Observar condiciones de homogeneidad de los baños.
- . Determinación de probable distribución no homogénea de ingredientes activos y de suciedad.



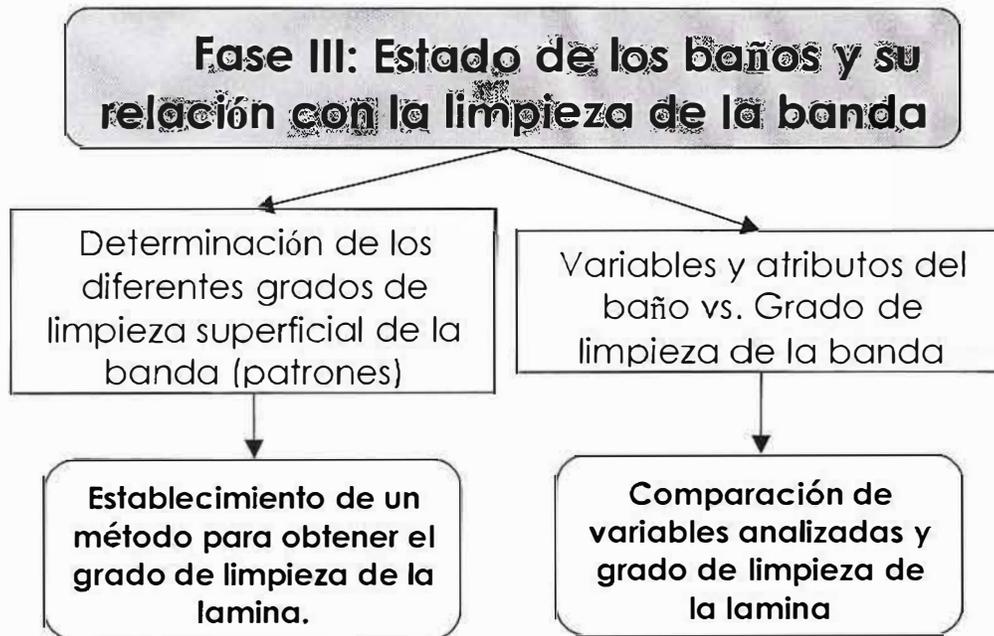
Fase II: Analizar el comportamiento de las variables o atributos de los baños desengrasantes:

- . Porcentaje de concentración
- . Porcentaje de impurezas
- . Selección y determinación de las variables más relacionadas con la actividad de limpieza del baño.
- . Observar comportamiento de variables seleccionadas frente a la rata de producción.



Fase III: Estado de los baños y su relación con la limpieza de la banda

. Variables y atributos del baño vs. grado de limpieza de la banda



6. EQUIPO Y MATERIALES

Entre los instrumentales que se emplearan durante la realización del estudio se tiene:

- Material de vidrio.
 - Beaker de 500 ml
 - Erlenmeyer de 200 ml
 - Pipeta de 1ml
 - Bureta
 - Embudos
- PHmetro (Ref. wtw 615I).
- Estufa.
- Mufla.
- Papel filtro.
- Cronómetro.
- Termómetro.
- Balanza (Ref. Sartorius BP 210 S).
- Guantes de seguridad (vinilo y látex).
- Mascarilla contra vapores.
- Gafas de seguridad
- Muestra 500 ml solución desengrasante MC 88.
- Laminas de acero laminado en frío 150 x 100 mm.
- Éter de petróleo.
- Reactivos Químicos
 - Indicador: Fenolftaleína
 - Acido Clorhídrico (HCl)

7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Este proyecto de investigación se inicia con la presentación del anteproyecto el día 12 de febrero del 2007 realizando consultas bibliográficas, y estimando como fecha definitiva de inicio el 30 de Febrero del mismo año y fecha de culminación el 12 de Mayo del 2007. En la tabla 1 se observa de manera detallada el cronograma.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 2007

| ITEM | ACTIVIDAD | DURACION SEMANAS | FEBRERO 13 | | | | MARZO | | | | ABRIL | | | | MAYO | | | | JUNIO 4 | | | |
|------|-------------------------------------|---------------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---|--|--|
| | | | SEMANAS | SEMANAS | SEMANAS | SEMANAS | SEMANAS | SEMANAS | SEMANAS | SEMANAS | SEMANAS | SEMANAS | SEMANAS | SEMANAS | SEMANAS | SEMANAS | SEMANAS | SEMANAS | SEMANAS | | | |
| 1 | Revisión bibliográfica | 2 | | | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Estudio de las condiciones actuales | 2 | | | | | | | X | X | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Diseño de la experimentación | 4 | | | | | | | X | X | X | X | | | | | | | | | | |
| 4 | Desarrollo de la experimentación | 6 | | | | | | | | | X | X | X | X | X | X | | | | | | |
| 5 | Análisis de resultados | 3 | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | | | |
| 6 | Presentación de informe final | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | | |

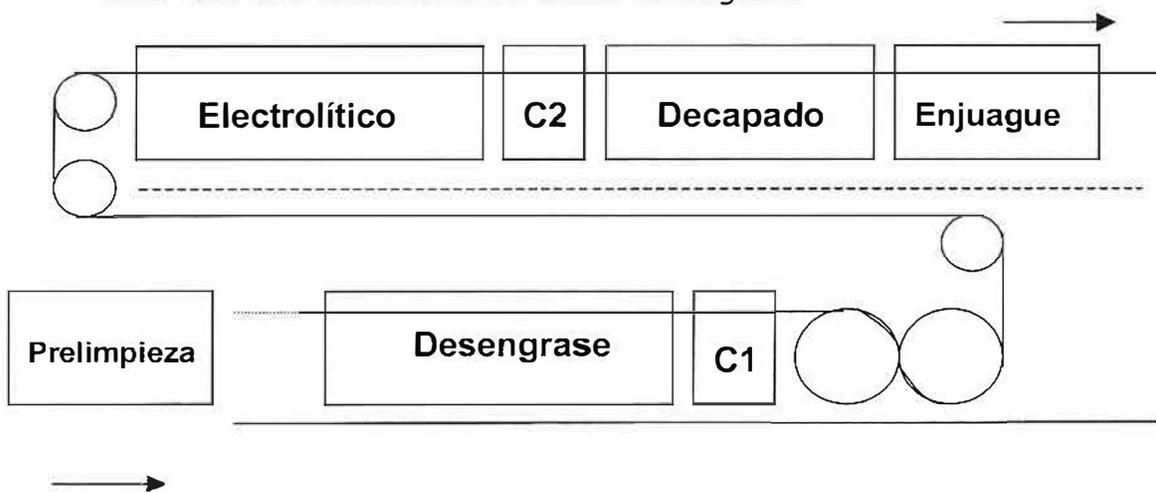
Tabla 1.

8. Análisis del comportamiento de variables

El tanque de desengrase y el tanque de limpieza electrolítica trabajan con un desengrasante común llamado MC-88 de Henkel. El objetivo en estos dos tanques, y de toda la zona de limpieza, es remover todas las suciedades, incrustaciones, sólidos y grasas que se encuentren sobre la lamina, que será galvanizada al final del proceso.

En los dos tanques antes mencionados se tienen en cuenta una serie de variables que permiten controlar el proceso de tal manera que la calidad de limpieza de la lamina sea la mejor. Para el tanque de desengrase se controlan variables como concentración (%), porcentaje de sucio y grasa (%), partes por millón de hierro, relación de alcalinidad y temperatura (°C).

En el tanque de limpieza electrolítica, actualmente se están controlando las mismas variables que en el tanque de desengrase debido a que este tanque no esta ejerciendo su función real. En este momento el tanque de limpieza electrolítica esta funcionando solamente como desengrase.



El desengrasante utilizado en los tanques tiene un límite de saturación como es lógico. De aquí el hecho que se realice este análisis pues es necesario determinar el criterio de cambio o adición de solución desengrasante en ambos tanques.

La investigación se inicia con el seguimiento al desengrasante del tanque No.1 debido a que presenta una rápida degradación en su apariencia y composición que permite una pronta comprensión y observación de resultados.

Para esto se realizan los análisis de concentración, temperatura cada cuatro horas. Los demás ensayos se llevan a cabo una vez por día, debido a su complejidad y a la poca disponibilidad de tiempo del analista de laboratorio.

9. Comparación del grado de limpieza

Con el fin de determinar cualitativamente el grado de limpieza de la lamina mientras la línea se encuentra en movimiento, se diseñara un dispositivo como se observa en la Figura con el cual se realiza la toma de muestras a traves de una superficie de tela circular que permite tomar la suciedad de la lamina.

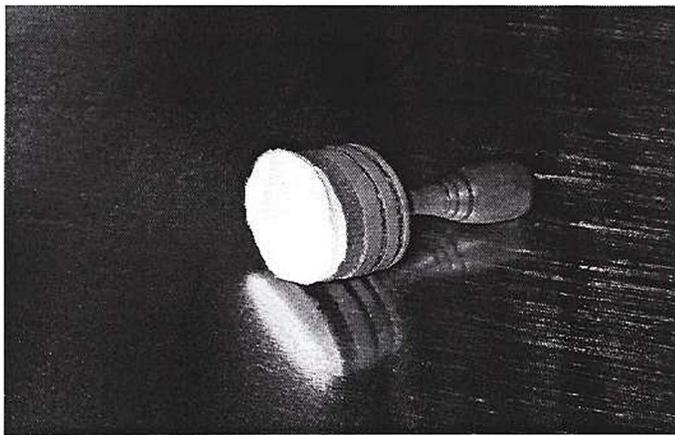


Fig. 1 Dispositivo utilizado en la determinación cualitativa de la limpieza de la lamina.

Ahora bien, para aumentar la capacidad que tiene la tela de absorber, se aplica sobre ella butilsellosolver, un solvente que elimina cualquier cantidad de aceite, calaminas y/o grafito. Con este mecanismo se procedera a capturar la muestra sobre la lamina mientras la linea se encuentra en movimiento durante un periodo de 5 seg. en la cara superior e inferior de la lamina y antes y despues de su desengrase, posteriormente se retirara la tela absorbente y se lleva una a hoja de registros , donde se comparara y se observara la eficacia de la limpieza.

10. Establecimiento de criterios para cambios de solución

Para el desarrollo de este objetivo se debe contar y analizar con los resultados obtenidos en los dos anteriores, los datos obtenidos anteriormente son los que llevaran a establecer los criterios para el cambio o refuerzo de las soluciones desengrasantes. Esto nos llevara a la optimización del uso del producto virgen, generando ahorros considerables tanto en consumos como en tratamientos de aguas residuales, y algo muy importante es reducir la generación de desechos que impacten al medio ambiente.

11. FASE EXPERIMENTAL

Inicialmente los controles para las soluciones desengrasantes que estaban establecidos era la determinación de concentración, porcentaje de sólidos y temperatura, sin embargo se presentaban ocasiones en donde estas variables se encontraban dentro de los parámetros establecidos pero aun así se presentaban problemas con la limpieza del acero.

Posteriormente Acesco cambia de proveedor y empieza a trabajar con Henkel, este proveedor empieza a realizar en conjunto con Acesco la determinación de las variables mas efectivas para controlar la solución desengrasante. Después de 2 semanas de estudio se concluyo que la variables a controlar eran la concentración, temperatura, porcentaje de sucio y grasa y por ultimo el contenido de hierro en dispersión.

Durante el mes de Febrero y parte de Mayo se llevo a cabo la fase experimental en donde se recopilaron los datos de las mediciones realizadas por los analistas de laboratorio.

La muestra de solución desengrasante se tomo en el punto identificado como M2 (Ver figura 1), esta muestra es la que se trabaja para determinar las condiciones del producto que esta trabajando, la temperatura es observada a través de un indicador digital que envía la señal hacia el sistema supervisorio.

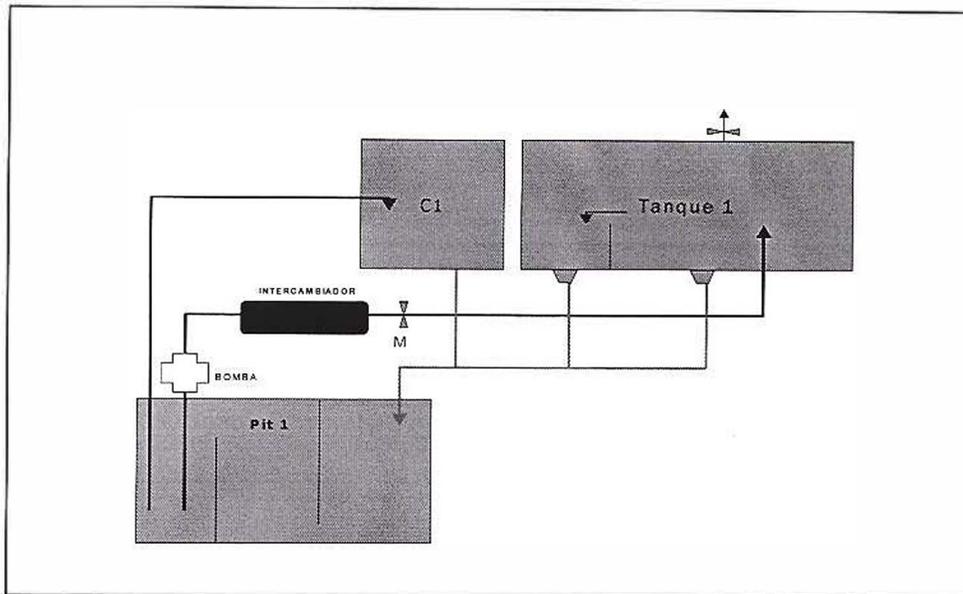


Figura. 2 Sistema de Limpieza LGC

Para la comparación del grado de limpieza se utilizó el dispositivo mostrado en la figura 1. Para esto se contó con círculos de tela drill colocados con un pegante especial sobre el dispositivo.

Ahora bien, para aumentar la capacidad que tiene la tela de absorber, se aplica sobre ella butilsellosolver (Figura 5), un solvente que elimina cualquier cantidad de aceite y/o grafito. Con este mecanismo se procede a captar la muestra sobre la lamina mientras la linea se encuentra en movimiento durante un periodo de 5 seg.(Figura 6), en la cara superior e inferior de la lamina y antes y despues de su desengrase, posteriormente se retira la tela absorbente y se lleva una a hoja de registros (Figura 3), donde se compara y se observa la eficacia de la limpieza(Figura 7, Figura 7a).

| | | LIMPIEZA CUALITATIVA | | | | | |
|---------|--|----------------------|---------------|--------------------|---------------|-----------------|---------------|
| | | Cara Superior | Cara Inferior | Cara Superior | Cara Inferior | Cara Superior | Cara Inferior |
| TURNO A | | | | | | | |
| TURNO B | | | | | | | |
| TURNO C | | | | | | | |
| | | Artes de prelimpieza | | Artes Desengrase 1 | | Artes del Horno | |

Figura. 3 Formato grado de limpieza

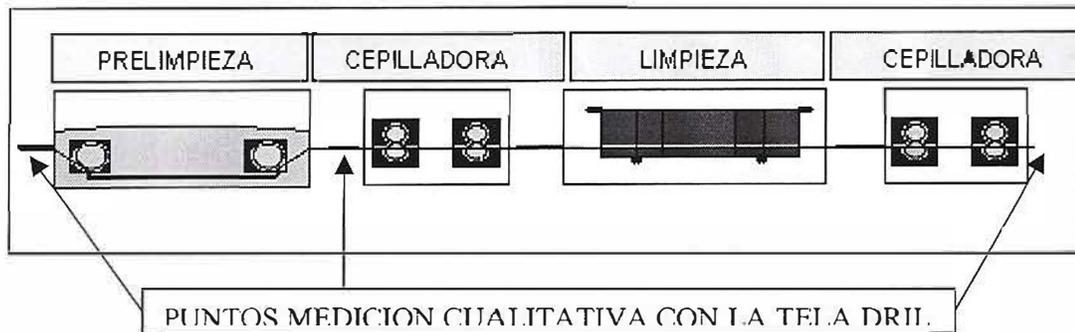


Figura. 4. Puntos donde se tomo la muestra cualitativa



Figura 5. Aplicación de solvente sobre el tomador de muestras.



Figura 6. Aplicación de solvente sobre el tomador de muestras.

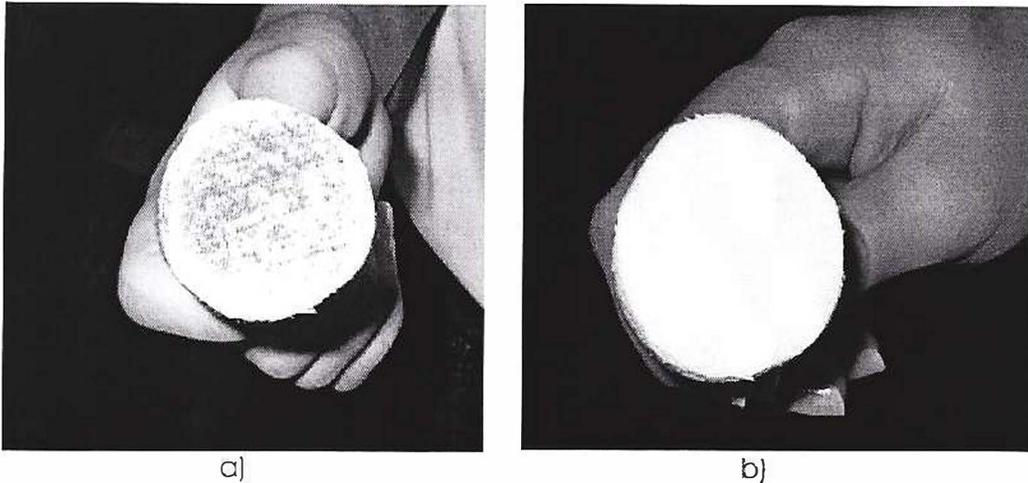


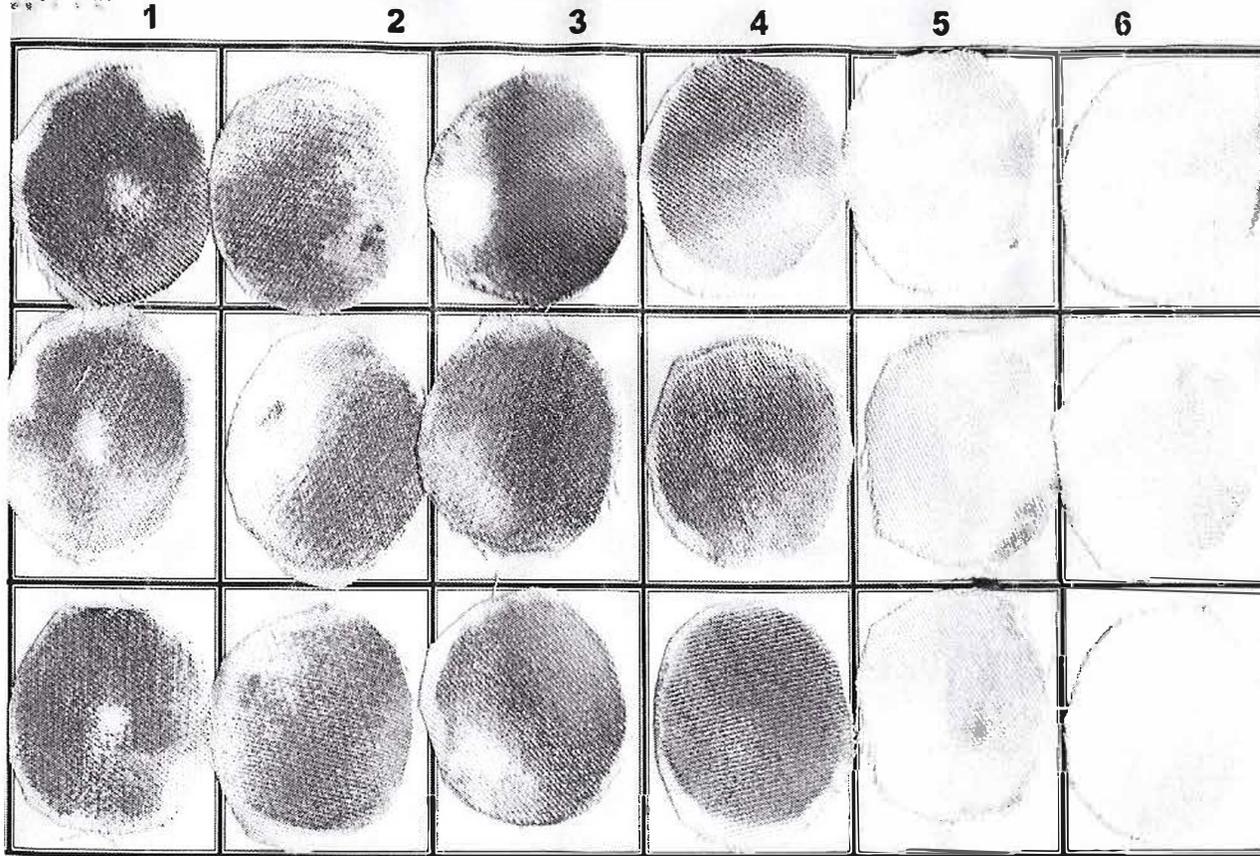
Figura 7. Grado de limpieza de la lamina antes y después del desengrase

Con el fin de conocer mas acerca del comportamiento e interrelación de las variables, se procede a analizar los datos tomados experimentalmente para definir parámetros que conlleven a la optimización de las soluciones desengrasantes.

Las representaciones graficas mostradas a continuación (Gráficos 1 a 7) describen el comportamiento a través del tiempo de cada una de las variables analizadas durante el desarrollo del estudio. Los primeros gráficos expuestos (Gráficos 1 y 2), corresponden al porcentaje de concentración del desengrasante de los tanques 1 y 2, en ellos se observa que los datos varían de 2 a 6% siendo el valor objetivo para el tanque 1 4%, y para el tanque 2 3%, lo que revela la falta de control de esta variable. Sin embargo, este factor solo depende de la cantidad de desengrasante adicionado por lo que resulta factible controlarlo y mantenerlo en un intervalo mas cercano al optimo.



ANALISIS CUALITATIVO



1. Antes de Prelimpieza; 2. Antes de Desengrase 1; 3. Después de Desengrase 1;
5. Antes de Decapado ; 4. Antes de TK-E; 6. Salida Enjuague

Figura 7a. Grado de Limpieza.

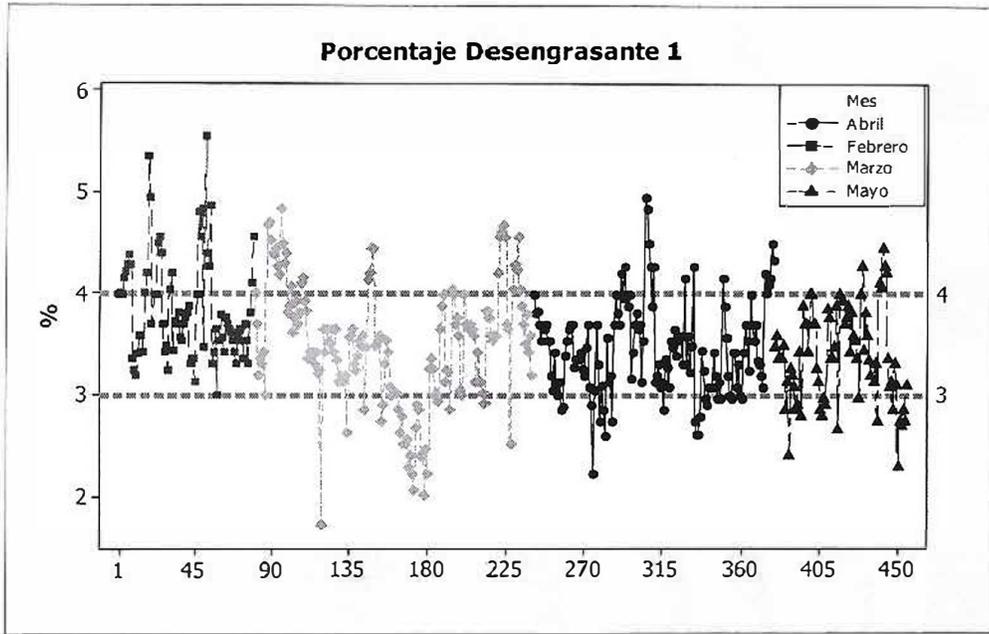


Grafico 1.

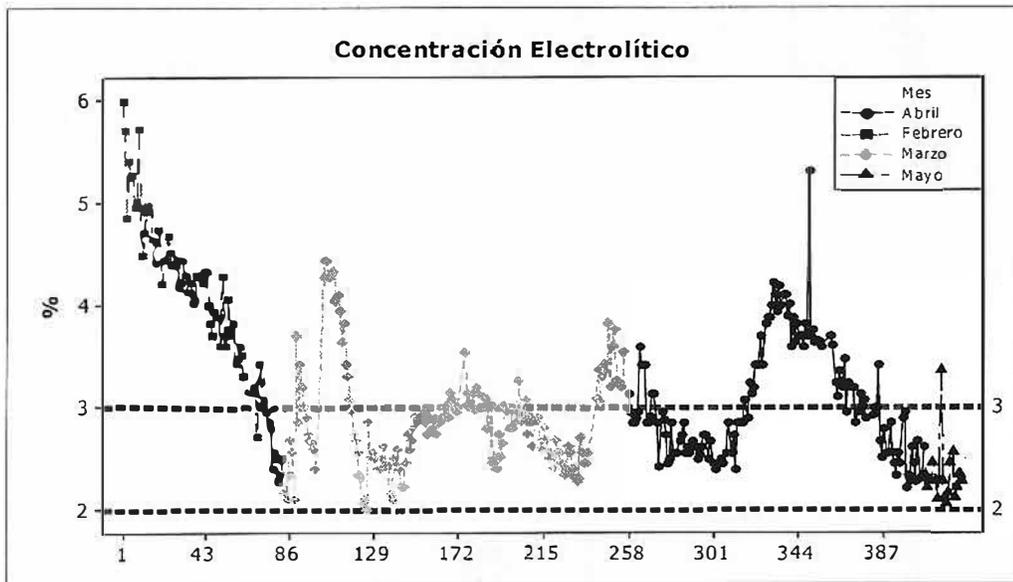


Grafico 2.

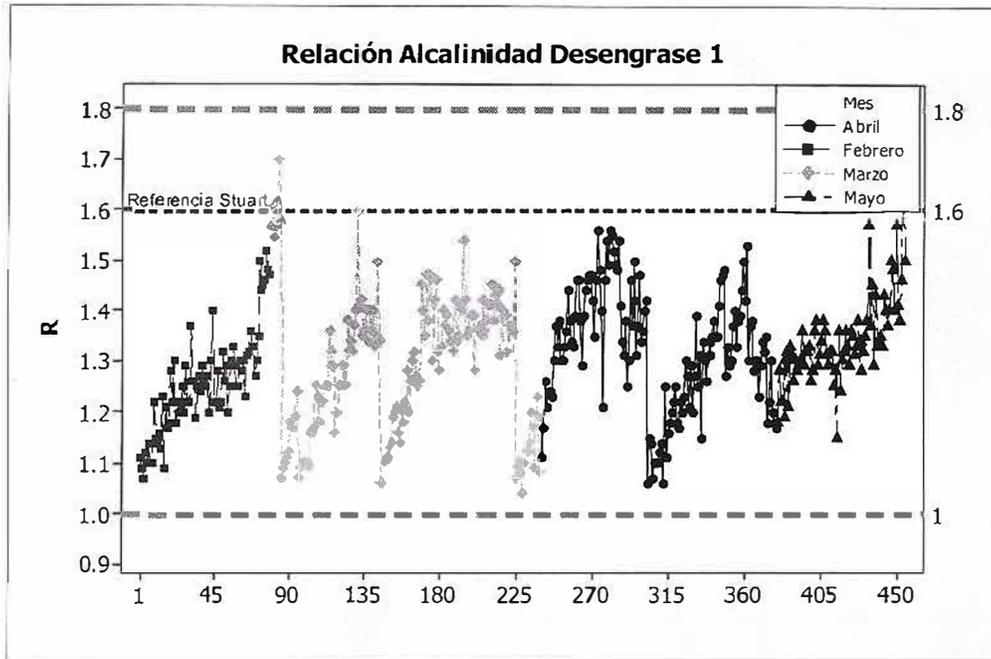


Grafico 3

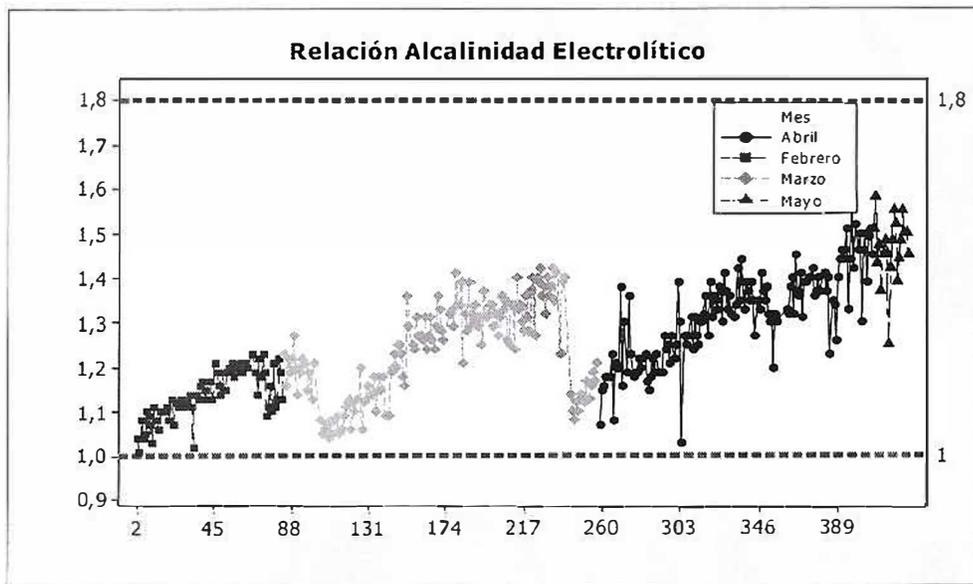


Grafico 4

Para el análisis del contenido de grasa y sucio se realiza el análisis al tanque 1 solamente, esto se debe a que es el mas afectado en el proceso de limpieza por que es quien recibe el material sucio.

Si se comparan estos gráficos de porcentaje de Relación de Alcalinidad con los de grasa y sucio (Gráficos 3, 5, 6), se aprecia la directa relación existente entre ellos ya que al aumentar la grasa y el sucio aumenta la relación.

Analizando el % de grasa y % de sucio (Grafico 5), se observa que el sucio no supero 0.56%, esto debido a los drenajes realizados al desengrasante, en donde se disminuye el sucio, no siendo lo mismo para la grasa que no sólo supero el 0.7% sino que su sensibilidad a los drenajes es menor ya que queda incorporada en la solución.

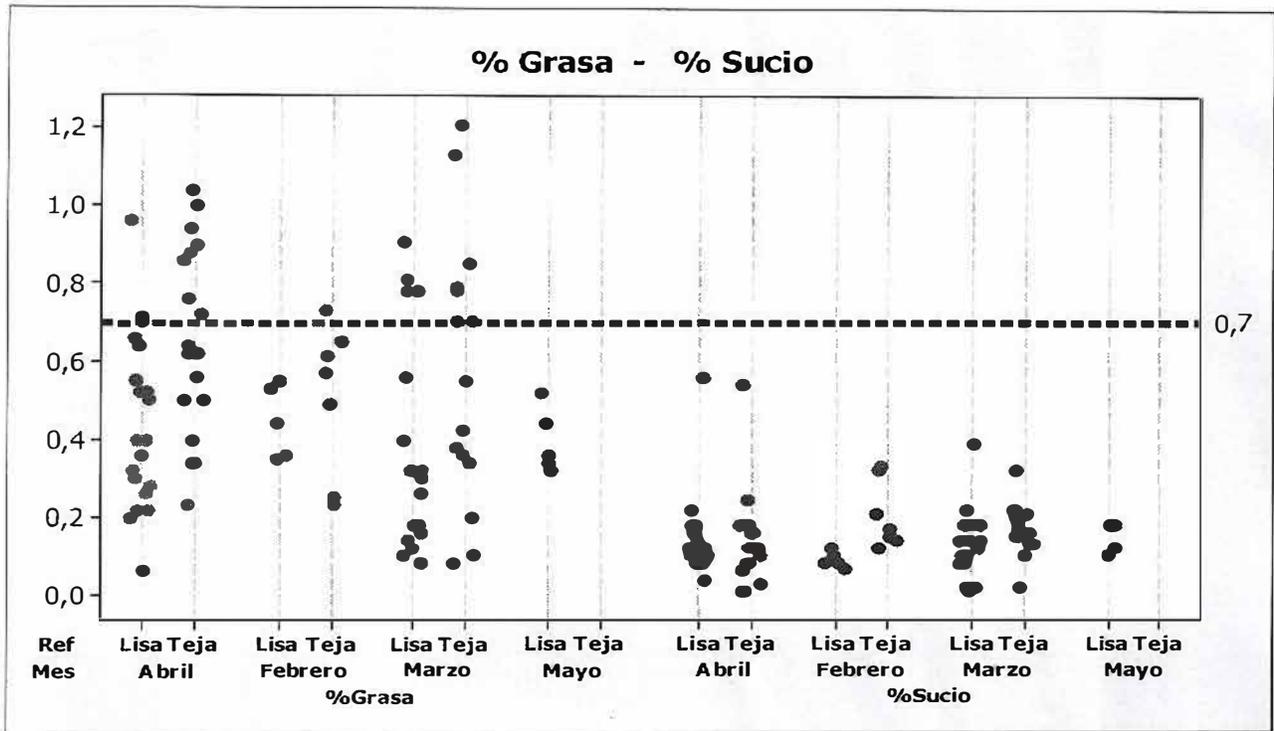


Grafico 5

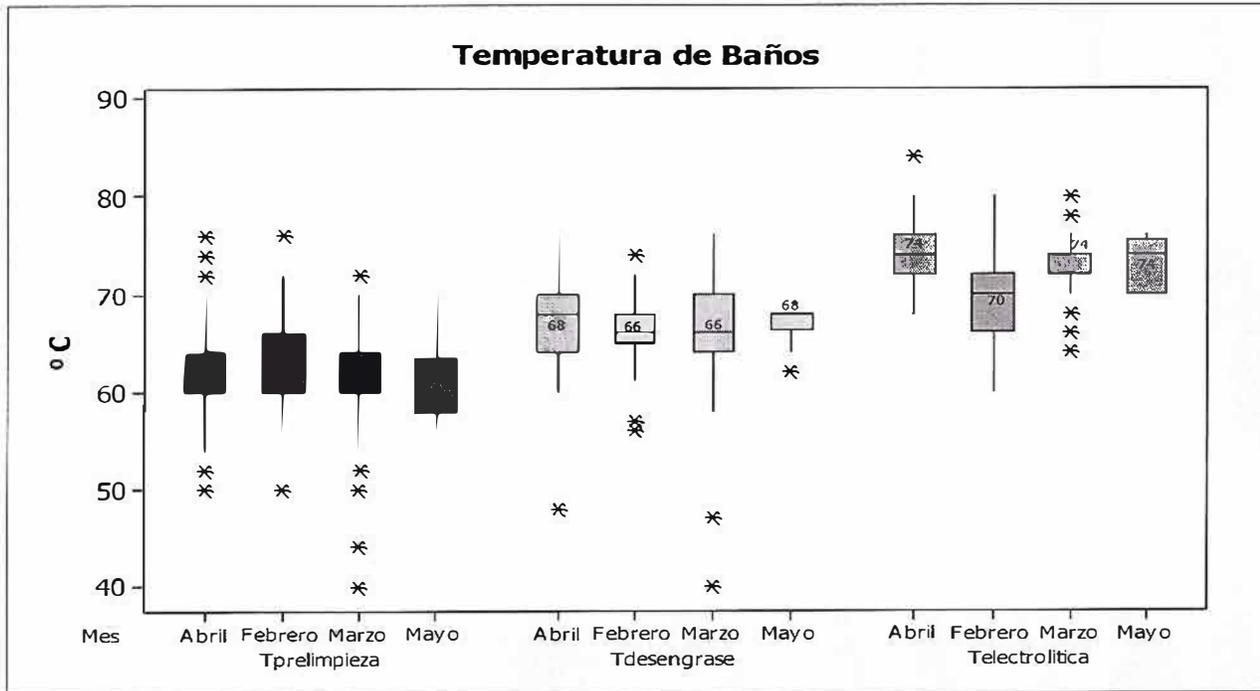


Grafico 6

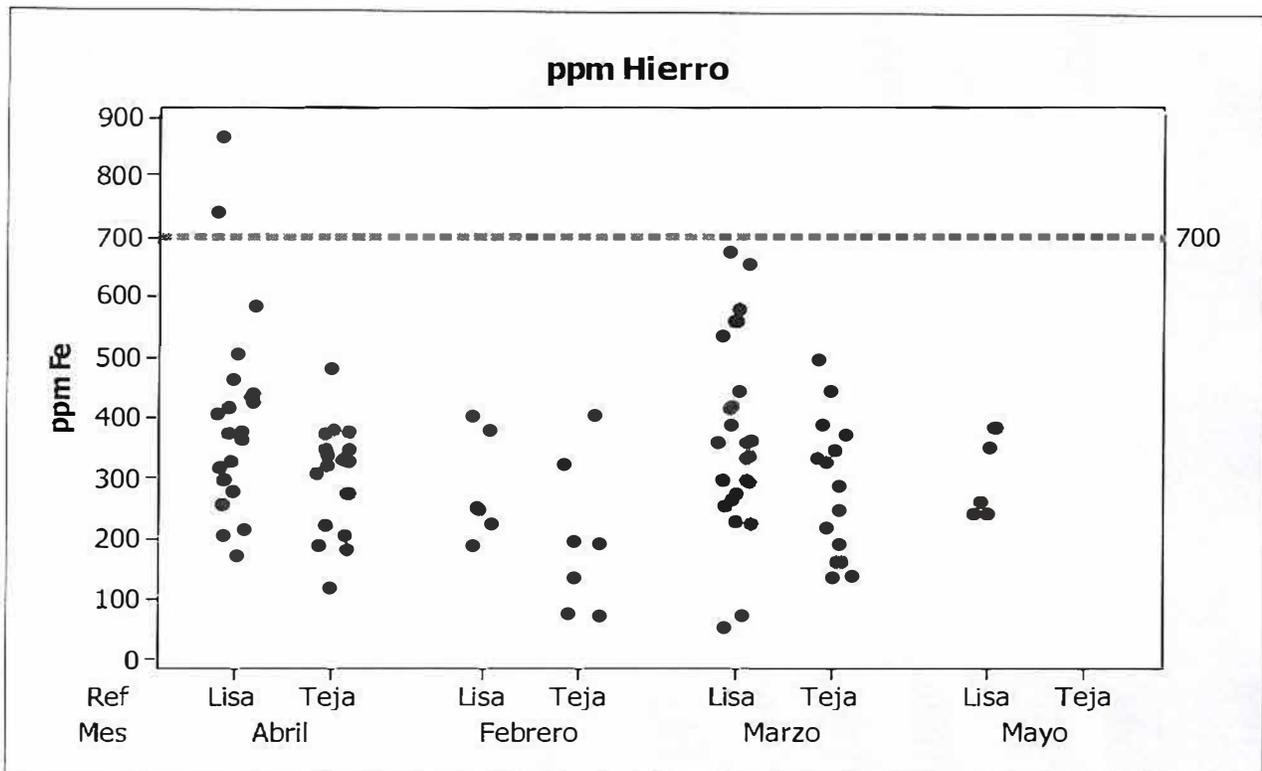


Grafico 7

La temperatura (Grafico 7) debe oscilar para todos los baños entre 60-70°C. Sin embargo, en Prelimpieza los valores inferiores se deben a la disminución de temperatura cuando recibe la carga de los tanques auxiliares. En el sistema 1, los valores atípicos inferiores, se debieron a fallas de operación del sistema de intercambiador de calor. Mientras que en el caso del electrolítico, los valores atípicos son superiores a lo especificado, debido al aumento de temperatura para controlar la presencia de espuma.

12. CONCLUSIONES

En el desarrollo de la fase experimental se observaron ciertas variaciones en el transcurso de las diversas caracterizaciones debido a los cambios permanentes que se presentaron en la línea de galvanización en continuo y la variabilidad natural del proceso, sin embargo el comportamiento de las variables en general se mantuvo dentro de parámetros manejables, reflejado esto en la consecución de los objetivos planteados al inicio del proyecto, ya que mediante la evaluación de los efectos del porcentaje de concentración, porcentaje de sucio y grasa, hierro en suspensión, así como también la evaluación cualitativa de la limpieza de la lamina, se logró optimizar el proceso de limpieza mediante el estudio de las soluciones desengrasantes utilizadas en la línea de galvanización en continuo en Acerías de Colombia S.A., con algunas recomendaciones originadas de la experiencia práctica que servirán para mejorar globalmente el proceso.

En cuanto a la experiencia práctica, tenemos que:

- La variable que mas se relaciona con la actividad de limpieza de las soluciones desengrasantes es el porcentaje de concentración y esta a su vez con la Relación de Alcalinidad por lo que se hace necesario controlarla y mantenerla en su nivel optimo.

- Los intervalos para los cuales el desengrasante tiene un mayor grado de efectividad son:

Temperatura: 60 - 70°C

Relación de Alcalinidad: 1.0 - 1.9

Conductividad: 100 - 150mS/cm

Concentración: 4.0 - 5.0%

Porcentaje de sucio: 1.0% Máximo.

Porcentaje de Grasa: 1.0% Máximo.

Hierro en Suspensión: 1500 ppm. (Partes por Millón)

- El porcentaje de sólidos es mayor hacia el fondo del tanque que en la superficie del mismo, lo que indica que las partículas presentes en el desengrasante flocculan o al menos sedimentan.
- La cantidad de sólidos presentes en el desengrasante no influye directamente sobre la concentración y la conductividad, sin embargo no es aconsejable permitir la acumulación excesiva de sólidos en el fondo del tanque de operación, debido a que con el paso de desengrasante al tanque de cepillos, los rodillos pueden llenarse de impurezas y ensuciar nuevamente la lamina.
- El porcentaje de concentración de las soluciones desengrasantes disminuye rápidamente durante la producción de material delgado, debido a que para evitar defectos en el producto se toman acciones en el proceso tales como levantar los pisadores de salida de los tanques de desengrase, lo que ocasiona una constante fuga de desengrasante y por consiguiente la adición continua de solución desengrasante con

el fin de mantener la concentración. Esto conlleva a un aumento en los costos del proceso productivo.

13. RECOMENDACIONES

- Al hacerse necesaria la evacuación del desengrasante del tanque 1, se propone que la solución del tanque 2 sea trasladada al tanque 1 y se prepare un nuevo desengrasante en el tanque 2, con el fin de asegurar la existencia de una solución desengrasante limpia que garantice una limpieza eficaz.
- Continuar con el estudio de un mecanismo de centrifugado como medio de separación de sólidos, aceites y grasas saponificadas, ya que los análisis realizados al desengrasante centrifugado con la centrífuga, muestran que aunque no se consiguieron los resultados esperados en la disminución del porcentaje de sólidos, si se observó la eliminación de las grasas saponificadas de la solución desengrasante.

14. BIBLIOGRAFÍA

1. AMERICAN SOCIETY for testing and materials. Annual book of ASTM standards. Part 3, Steel – Plates, Sheet, Strip wire; Metallic coated Products; Fences. Philadelphia: ASTM 1980. (ASTM A599, ASTM A626M, ASTM A629M, ASTM A623M)
2. ARCINIEGAS Milena, BELLO Juan, DE CASTRO Julio. Modelación y caracterización de un proceso de limpieza electrolítico de láminas de acero para estañar. Barranquilla, 2002, 138 p. Tesis de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad del Norte. Programa de Ingeniería Mecánica. Área de materiales y procesos.
3. ASM HANDBOOK. Tin in Coating: Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials. Volume 2. 2002.
4. BROWN, Química General. Editorial Mc Graw Hill. 1998. 723 – 753 P.
5. CHARLA SOBRE EL PROCESO QUIMICO EN LIMPIEZA ELECTROLITICA (Agosto, 1998: SIDOR) LIPEZA. 12P.
6. Eddie Arias. Tecnología de los Envases Metálicos. En revista Holasa No 2. Febrero 1984.
7. ENCICLOPEDIA de tecnología Química, Dr Raymond E. Kirk y Donald F. Othmer. Tomo VI, VII. México, Uthea, 1961
8. MARON, Samuel H. Fundamentos de Fisicoquímica. México, Limusa. 1968. 899 p.

