

87  
24

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



**PLATA DE ORIGEN**

## DESARROLLO DE UN PRIMARIO ANTICORRO- SIVO PARA PROTECCION DE ACERO GALVANIZADO



EXAMENES PROFESIONALES  
FAC. DE QUIMICA

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO QUIMICO**  
**P R E S E N T A :**  
**HORACIO PLIEGO RODRIGUEZ**

MEXICO, D. F.

1990



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## I N D I C E

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Introducción .....                                                                  | 1  |
| Capítulo I Generalidades .....                                                      | 3  |
| Capítulo II Aspecto Teórico                                                         |    |
| Métodos para controlar la corrosión .....                                           | 8  |
| Recubrimientos anticorrosivos .....                                                 | 9  |
| Mecanismos de protección anticorrosiva<br>por recubrimientos .....                  | 10 |
| Elementos que constituyen un<br>recubrimiento .....                                 | 12 |
| Sistema anticorrosivo .....                                                         | 16 |
| Clasificación de los primarios .....                                                | 17 |
| Especificaciones para primarios<br>anticorrosivos .....                             | 17 |
| Preparación de la superficie .....                                                  | 18 |
| Métodos de aplicación de<br>recubrimientos .....                                    | 20 |
| Fallas más frecuentes que se<br>presentan en recubrimientos .....                   | 20 |
| Inspección a realizar en trabajos<br>de aplicación de primarios .....               | 21 |
| Criterios de selección de<br>primarios anticorrosivos .....                         | 21 |
| Tendencias actuales .....                                                           | 22 |
| Capítulo III Elaboración de los primarios anticorrosivos                            |    |
| Parte Experimental .....                                                            | 23 |
| Formulaciones .....                                                                 | 28 |
| Capítulo IV Preparación de la superficie, Aplicación<br>y Pruebas del recubrimiento |    |
| Preparación de la superficie .....                                                  | 37 |
| Aplicación del recubrimiento : .....                                                | 37 |
| Pruebas del recubrimiento .....                                                     | 37 |

|              |                                                                                           |    |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Capítulo V   | Resultados .....                                                                          | 43 |
| Capítulo VI  | Análisis de Resultados                                                                    |    |
|              | Primera Sección .....                                                                     | 51 |
|              | Segunda Sección .....                                                                     | 56 |
| Capítulo VII | Conclusiones .....                                                                        | 64 |
|              | Bibliografía .....                                                                        | 67 |
| Apendice I   | Materia prima más empleada en<br>la fabricación de pinturas .....                         | 69 |
| Apendice II  | Sistema de protección para el acero<br>a base de recubrimientos anticorrosi-<br>vos ..... | 76 |

## INTRODUCCIÓN

Si hacemos un recuento de los materiales metálicos que usamos diariamente en nuestra vida, nos sorprendemos de su cantidad y de la importancia que tienen; por ejemplo, la vivienda que habitamos, aunque no lo vemos sabemos que está sustentada por una estructura de acero, que es la que le otorga la resistencia a la misma.

A lo largo de la historia los metales han acompañado al hombre fielmente, incluso una era de la humanidad se conoce por el metal que utilizaban, la edad del hierro. En la actualidad a pesar del gran desarrollo que han tenido otros materiales no metálicos, como los polímeros, los metales siguen teniendo una importancia capital en la vida de los seres humanos y en el área industrial prácticamente todos los equipos empleados son metálicos, reactores, torres de destilación, tanques de almacenamiento, cambiadores de calor, etc. La necesidad de preservarlos en buen estado para que tengan una mayor durabilidad ha propiciado el desarrollo de varias técnicas de protección anticorrosiva, entre las que destaca el uso de recubrimientos anticorrosivos por su versatilidad, posibilidades de combinación y comparativamente con las otras técnicas, por su costo.

Se ha elegido para desarrollar este trabajo el acero galvanizado por ser un material que en los últimos años ha tenido una gran aceptación en la industria, y que ha pesar que en si mismo ya posee una protección gracias al cinc que actúa como ánodo de sacrificio en favor del acero, es necesario protegerlo para que su durabilidad aumente, especialmente en ambientes altamente corrosivos como los marinos.

En este trabajo se han desarrollado diferentes primarios anticorrosivos con el objetivo de determinar cual de éstos es el más apropiado para proteger el acero galvanizado en un ambiente marino. Los diversos pesinas empleados para formular los primarios se analizan en la parte de discusión de los resultados y se explica el comportamiento que presentan en base a la estructura química y polimérica que presenta la película formada. Los pigmentos inhibidores empleados también se analizan en el mismo capítulo y se determina su eficacia en función de su constitución química.

La tesis consta de siete capítulos y dos apéndices, donde se expone claramente el desarrollo del trabajo, primero en el capítulo de generalidades se expone brevemente la importancia del acero galvanizado, después en el capítulo de aspecto teórico se dan de una manera somera todos los elementos para introducirse a los recubrimientos; posteriormente en el capítulo tres se indica la manera en que se elaboraron los recubrimientos y las formulaciones empleadas, en el cuarto capítulo se narran las pruebas realizadas a cada primario, para reportarlas en el capítulo de resultados. El análisis de resultados se realiza en el capítulo sexto y las conclusiones en el último capítulo. Para complementar el trabajo, se anexan dos apéndices; en el primero se proporciona información sobre los sistemas recomendados de protección para el acero en diferentes medios y en el segundo se da una lista de materiales que se usan como materia prima en la industria de pinturas con su nombre químico. También en la bibliografía se indica donde se puede consultar el material bibliográfico empleado.

## CAPÍTULO I

### GENERALIDADES

La necesidad de preservar los materiales metálicos de la acción de la corrosión ha propiciado un amplio desarrollo de técnicas de protección y en particular, los recubrimientos de pintura han alcanzado un desarrollo notorio.

La aplicación de recubrimientos de pintura es el método más ampliamente utilizado en la protección contra la corrosión metálica. Se ha escrito (1) que por cada 100 m<sup>2</sup> de superficie expuesta a la atmósfera, unos 65-90 m<sup>2</sup> están protegidos por recubrimientos de pintura. La gran variedad de tipos de pintura con diferentes características y resistencias, diversidad de costos y posibilidades de combinación con recubrimientos metálicos, como el galvanizado y níquelado, son entre otras, las principales ventajas que inducen al empleo de este tipo de protección.

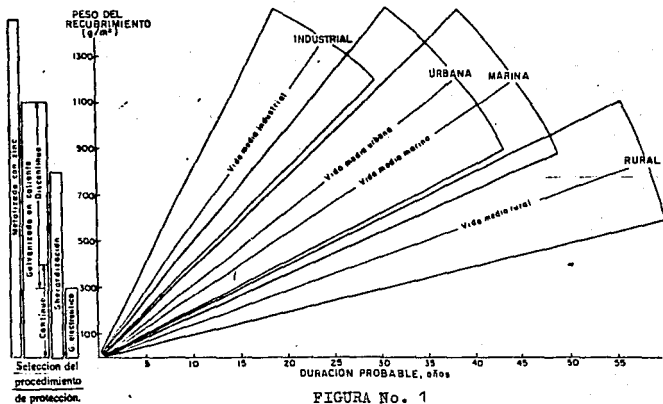
El acero galvanizado por inmersión en caliente tiene una gran importancia económica y su consumo se ha incrementado en los países más desarrollados en los últimos años (2), como se muestra en la siguiente tabla:

| J. A. P. C. *                                                   | AÑO  | E. U.                                                           |
|-----------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------|
| Consumo de Zn en acero galvanizado (10 <sup>3</sup> ) toneladas |      | Consumo de Zn en acero galvanizado (10 <sup>3</sup> ) toneladas |
| 390                                                             | 1976 | 392                                                             |
| 388                                                             | 1977 | 396                                                             |
| 418                                                             | 1978 | 454                                                             |
| 450                                                             | 1979 | 452                                                             |



No obstante no sólo en los países más desarrollados se ha incrementado su uso, sino también en países en vías de desarrollo como el nuestro.

La duración del acero galvanizado varía, dependiendo del tipo de atmósfera en la cual se encuentre trabajando (3). En la siguiente figura (No.1) se aprecia la vida media probable en varias atmósferas y los márgenes de oscilación sobre este dato en función de la masa del recubrimiento galvanizado.



Una de las características de los recubrimientos basados en un galvanizado en caliente, es su ausencia de porosidad y la protección catódica que confiere al metal base. Por esta razón, los recubrimientos galvánicos constituyen una excelente protección anticorrosiva, mucho mejor que las pinturas, ya que éstas forman una barrera inerte relativamente porosa a la humedad y por su permeabilidad permiten el acceso del electrolito a la superficie del metal. A partir de ese momento comienza el proceso de corrosión, y el gran volumen de los productos de la misma provocan el levantamiento de la película y con ello el paso franco al ataque del metal.

Por otra parte, el zinc tiene una zona delimitada de pH en la que genera productos de corrosión protectores estables, figura 2 (4).

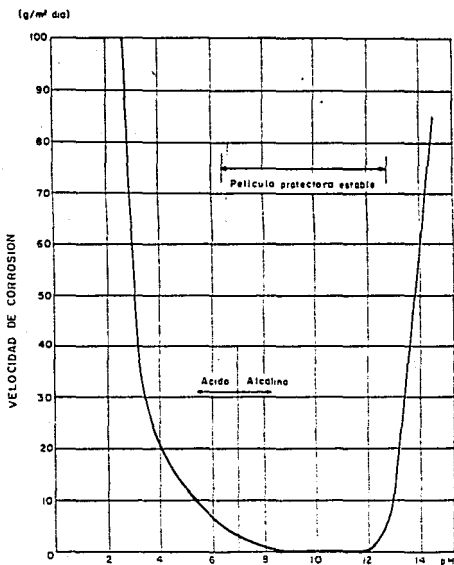


Fig. 2.-Efecto del pH sobre la velocidad de corrosión del zinc.

Estos productos de corrosión tienen la ventaja también de ocupar poco volumen, sin embargo existen varios aniones que reducen la calidad protectora de éstos productos de corrosión, no obstante, existen pinturas que tienen buenas características de resistencia frente a estos agentes agresivos, por lo que resulta muy adecuado el empleo simultáneo de recubrimientos del tipo galvanizado más pintura.

La pintura constituirá una barrera frente a determinados agentes, pero dejará el paso libre, en mayor o menor grado a los agentes agresivos como la humedad, éstos al encontrarse con el zinc, darán unos productos de corrosión que no sólo no producirán levantamiento de la película, sino actuarán sellando los poros y las grietas que se produzcan. Esta forma de actuar en conjunto de ambos sistemas, aumenta la protección de dos a tres veces, que si actuasen independientemente (5).

De lo que podría ser un planteamiento disyuntivo "galvanizado o pintura", se ha llegado a la solución más adecuada; galvanizado + pintura, existen muchos tipos de preparación de superficies adecuados y recubrimientos de pintura que producen una protección excelente.

## CAPITULO II

### ASPECTO TEORICO

En el presente capítulo intentamos dar una visión general de lo que son los recubrimientos anticorrosivos. Empezamos con los métodos para controlar la corrosión hasta finalizar con los criterios de selección de primarios anticorrosivos, y las tendencias actuales.

Comenzamos el capítulo exponiendo brevemente los diferentes métodos para controlar la corrosión, donde encontramos que el uso de recubrimientos anticorrosivos es una técnica muy empleada, seguimos la exposición con los mecanismos de protección anticorrosivos por recubrimientos, enseguida pasamos a revisar los elementos que constituyen al primario, después revisamos lo que es un sistema anticorrosivo y las propiedades y funcionamiento de cada elemento que lo constituye. Proseguimos haciendo una clasificación de los primarios basándonos en el proceso de formación de película y en el tipo de resina empleada. Continuamos el capítulo mencionando las especificaciones que deben de tener todos los primarios, para después revisar lo referente a la preparación de superficie, destacando la importancia que tiene en el éxito de un recubrimiento, aquí exponemos los diferentes tipos de limpiezas que existen y hacemos énfasis en la preparación de superficie del acero galvanizado. El siguiente tema a tratar son los métodos de aplicación de recubrimientos, y las fallas más frecuentes que se presentan en ellos. Continuamos la exposición con la parte de inspección que se debe realizar en los trabajos de aplicación de primarios, para evitar al máximo las fallas prematuras. Finalizamos el capítulo con los criterios de selección de recubrimientos y las tendencias actuales en protección anticorrosiva, que van desde el pintar lo mejor posible, hasta el no pintar.

A la fecha se han desarrollado una gran variedad de recubrimientos cuya formulación obedece a la resolución de un problema específico, en tal forma que se puede hablar de recubrimientos anticorrosivos cuya finalidad es proteger el sustrato metálico de un medio agresivo particular y se puede hablar de pinturas arquitectónicas, las cuales se usan esencialmente con fines decorativos. Mientras los primeros, con fines de formulación, requieren del uso de resinas y pigmentos altamente resistentes, los segundos utilizan materias de menor resistencia pero que permiten obtener una gran diversidad de colores, tonos y efectos especiales.

#### MÉTODOS PARA CONTROLAR LA CORROSIÓN.

En la actualidad se cuenta con diversos métodos para controlar la corrosión. La selección del mejor método dependerá de las condiciones del medio y de factores técnicos-económicos. Entre los métodos más empleados destacan: (6), (7), (8) y (9).

a) La Protección Catódica.- El proceso de corrosión, por ejemplo, del acero, considera un flujo de electrones que abandonan la superficie metálica provocando como resultado disolución del acero en forma de iones  $Fe^{2+}$ . Durante la protección catódica a través de un circuito eléctrico externo, se imprime corriente a la superficie metálica invirtiendo el sentido del flujo de electrones y evitando así la disolución del hierro. Este método se usa preferentemente en tuberías y estructuras enterradas o sumergidas.

b) Inhibidores de Corrosión.- Este método considera el uso de pequeñas cantidades de compuestos orgánicos o inorgánicos capaces de formar una película o barrera adherente en la superficie del metal por atracción eléctrica o por una reacción, evitando el acceso de los agentes corrosivos. Es utilizado preferentemente en equipos donde existen flujos de recirculación.

c) Uso de Recubrimientos Anticorrosivos.- El presente método considera la formación de una barrera que trata de impedir el acceso de los agentes corrosivos a la superficie metálica, la barrera es formada a partir de la aplicación de una dispersión líquida de una resina y un pigmento, con la consecuente eliminación posterior del disolvente, obteniéndose una película sólida adherida a la superficie metálica. Su durabilidad está condicionada a la resistencia que presenta esta película al medio agresivo. Su uso está muy generalizado en la protección de estructuras e instalaciones aéreas o sumergidas.

d) Selección de Materiales de Construcción.- Cuando las condiciones de presión y temperatura sean muy extremas o bien el medio sea excesivamente agresivo, en tal forma que los métodos anteriores no sean utilizables, se puede recurrir a una selección adecuada de materiales generalmente caros. La alta resistencia a la corrosión de estos materiales se basa en la formación inicial de una capa delgada de óxido del metal muy adherente e impermeable. A este fenómeno se le conoce como pasivación. La frecuencia en el uso de este método es menor en las instalaciones de la industria.

#### RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS.

Un recubrimiento anticorrosivo se puede definir como una dispersión relativamente estable de un pigmento finamente dividido en una solución de una resina y aditivos, su composición obedecerá a una formulación tal que al ser aplicada y seca, la película resultante presente una barrera flexible, adherente y con máxima eficiencia de protección contra la corrosión.

##### -Mecanismos de Protección Anticorrosiva por Recubrimientos

Sabemos que para que se lleve a cabo el proceso de corrosión electroquímica se requiere de la participación de los siguientes elementos: (10)

1) Existencia sobre la superficie del metal de unas zonas que actúen de ánodos y otras que lo hagan de cátodos.

B) Presencia de un electrolito en contacto con las zonas anódicas y catódicas.

C) Existencia de unión eléctrica entre los ánodos y los cátodos.

D) Posibilidad de conducción iónica entre los ánodos y los cátodos.

Basta la ausencia de uno solo de estos elementos para que no pueda verificarse el proceso de corrosión.

Los recubrimientos de pinturas tratan de impedir, o al menos frenar, el proceso corrosivo del sustrato metálico por alguno o algunos de los efectos que a continuación mencionaremos.

#### MECANISMOS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA POR RECUBRIMIENTOS.

EFFECTO BARRERA.- Hace algún tiempo se creía que la protección anticorrosiva que conferían las películas de pintura al sustrato metálico consistían fundamentalmente en un efecto barrera, reduciendo el acceso del oxígeno y humedad a la superficie del metal y por lo tanto inhibiendo la reacción catódica del proceso corrosivo. La experimentación científica del fenómeno ha demostrado que debido a las altas permeabilidades, al oxígeno y al agua de la mayoría de los recubrimientos de pintura, la protección anticorrosiva mediante este mecanismo barrera está seriamente limitada.

La transmisión de estos agentes químicos ocurre no solamente a través de microporos, poros y otros defectos de las capas de pintura, sino también a través de la masa misma de pintura.

En sistemas altamente pigmentados la transmisión ocurre por entre los intersticios que existen entre las partículas de pigmento. En recubrimientos de baja pigmentación la transmisión se verifica a nivel molecular por la ayuda de los grupos polares que conforman la película.

Así pues, aunque con la aplicación de un recubrimiento de pintura se persiga aislar la superficie metálica del medio corrosivo, muy raras veces se consigue plenamente. Todas las películas orgánicas son permeables en cierto grado al oxígeno y al agua, elementos fundamentales para el progreso en la corrosión metálica.

Una juiciosa selección del vehículo y pigmentos para elaborar la pintura en conjunción con una correcta edificación del espesor del recubrimiento mediante capas sucesivas, puede dar lugar a bajas velocidades de transmisión.

**RESISTENCIA IÓNICA.**- En la actualidad se acepta como mecanismo principal de la protección anticorrosiva que ofrecen los revestimientos de pintura, su resistencia iónica. La corriente de las pilas de corrosión puede reducirse a niveles muy bajos por el impedimento que la película de pintura ofrece al movimiento de los iones del electrolito que se forman en la interfase metal-pintura. En este caso actúa suprimiendo, o al menos mitigando la conducción iónica entre los ánodos y los cátodos de la pila de corrosión.

La resistencia iónica está afectada por diversos factores:

- Presencia de electrolitos en o debajo de la película de pintura.
- Penetración de agua u otros electrolitos a través del recubrimiento y
- Espesor de película

Todos estos factores influyen decisivamente en la capacidad protectora del revestimiento.

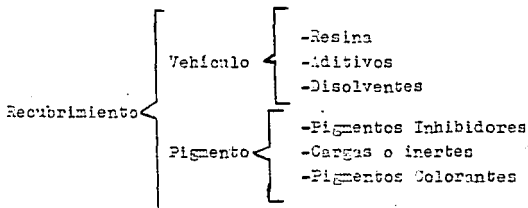
**EFEECTO INHIBIDOR.**-Este mecanismo de protección anticorrosiva lo presentan aquellas películas de pintura que en su formulación contienen pigmentos por lo general de naturaleza inorgánica, que inhiben de algún modo la reacción de corrosión, polarizando los ánodos y cátodos incidiendo así en la disminución del proceso corrosivo.

**EFEECTO DE PROTECCIÓN CÁTODICA.**- Ciertas pinturas están formuladas a base de pigmentos metálicos (usualmente cinc) que actúan de ánodos en beneficio del soporte metálico que actúan de cátodo. Como es sabido la disolución metálica se produce en los ánodos mientras que los cátodos permanecen inalterables, presentándose en ellos otras reacciones químicas distintas de la disolución metálica. Es este el mecanismo básico de la protección catódica, en que toda la superficie metálica se protege por hacerla actuar de cátodo.



## ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN EL RECUBRIMIENTO.

De una manera normal un recubrimiento considera los siguientes componentes básicos: (11) y (12).



### COMPONENTES DEL VEHICULO.

Los componentes que constituyen el vehículo de un recubrimiento son resinas, disolventes y aditivos y se pueden definir en los siguientes términos:

**RESINAS.**- Son compuestos orgánicos o inorgánicos poliméricos formadores de película que deciden en gran medida las propiedades físicas y químicas del recubrimiento, sus funciones principales son las de fijar el pigmento, promover una buena adherencia sobre el sustrato metálico y en general promover la formación de una barrera flexible, durable e impermeable a los agentes corrosivos del medio ambiente. Por todo esto a la resina se le considera como el corazón del recubrimiento y la correcta selección de la misma influirá determinadamente en la durabilidad de un recubrimiento en un medio específico. El grado máximo de polimerización y por lo tanto sus características de comportamiento son alcanzadas durante el proceso de secado y curado, ya sea por interacción con el aire, o bien por reacción con otra resina comúnmente llamadas catalizador.

En la mayoría de los casos la fase inicial del proceso de polimerización se efectúa mediante la evaporación del disolvente. Las resinas más utilizadas como formadores de películas en la industria son:

- Resina alquidálica
- Resina epóxica
- Resina vinílica
- Resina acrílica
- Resina fenólica
- Resina de silicón
- Resina de poliuretano

En el caso de la resina epóxica se utiliza como agente de polidación la resina poliaminoamida o la resina poliaminica.

**ADITIVOS.**- Se trata de una gran variedad de compuestos inorgánicos y orgánicos que no obstante que se adicionan en pequeñas cantidades tienen una gran influencia sobre la viscosidad y estabilidad del recubrimiento líquido, así como sobre el poder de nivelación y apariencia de la película aplicada. También se consideran como aditivos; los agentes secantes, agentes antioxidantes, agentes estabilizadores de dispersión, agentes surfactantes y otros agentes específicos que confieren al recubrimiento ciertas propiedades especiales, como los agentes fungicidas, bactericidas, plastificantes, absorbedores de luz ultravioleta, etc.

**DISOLVENTES.** Los más utilizados en recubrimientos son líquidos orgánicos de base alifática o aromática cuya función principal es la de disolver las resinas y aditivos y presentar un medio adecuado para la dispersión del pigmento.

Estos compuestos no son formadores de película ya que se eliminan del recubrimiento a través del proceso de secado. Parte de las propiedades del recubrimiento tales como viscosidad, facilidad de aplicación, porosidad, dependen de la naturaleza del disolvente, por lo que para su selección deberán tomarse en cuenta propiedades tales como; poder de disolución, temperatura de ebullición, velocidad de evaporación, inflamabilidad, toxicidad, estabilidad química y costo.

De las propiedades anteriores la velocidad de evaporación o volatilidad tiene gran influencia en la continuidad de la película del recubrimiento; disolventes muy volátiles tienden a producir porosidad, mientras que los disolventes poco volátiles retardan excesivamente el proceso de secado y ocasionan - escurrimientos en superficies verticales.

#### COMPONENTES DEL PIGMENTO.

Los pigmentos son sustancias sólidas orgánicas o inorgánicas que reducidos a un tamaño de partícula inferior a las 25 micras y dispersas en el vehículo, imparten a la película - seca del recubrimiento propiedades tales como; resistencia a la corrosión, resistencia mecánica, poder cubriente, así como protección a la resina de la acción degradante de los rayos - ultravioleta del sol.

Entre las propiedades deseables de un pigmento se pueden mencionar las siguientes:

No reactividad química con el vehículo, fácil muestreación y - dispersión, alta resistencia térmica, a la luz y agentes químicos.

Por lo general se acepta la existencia de tres tipos de pigmentos, que se pueden caracterizar de la siguiente manera:

**Pigmentos Inhibidores.** Se usan básicamente en primarios, inhibiendo de algún modo la corrosión ya que polarizan las zonas - ánódicas o cátodicas. Pertenecen a esta clase de pigmentos el cromato de cinc, fosfato de cinc, minio de plomo, cromato de - estroncio, metaborato de bario, etc.

**Pigmentos Cargas o Inertes.** Por lo general la cantidad de pigmento inhibidor necesaria para la protección anticorrosiva y - para la protección de la resina a los rayos ultravioleta es inferior a la que se requiere en la formulación, por lo que el - excedente se cubre con cargas que resultan más económicas. Dentro de este grupo se encuentran el silicato de magnesio, la mica, talco, sílica de diatomácea, barita, carbonato de calcio, caolín, etc.

**Pigmentos Entonsadores.** Son compuestos fácilmente dispersables en el vehículo, que en menor proporción al pigmento inhibidor permiten lograr diferentes tonos y colores en el recubrimiento; azul de ftalocianina, rojo toluidina, naranja de dinitroanilina y naranja solibdato son ejemplos de esta clase de pigmento, el dióxido de titanio es el más empleado.

La relación resina / pigmento representa una de las variables más importantes para efectos de formulación-comportamiento. El pigmento debe estar en la cantidad suficiente para lograr las propiedades mecánicas y anticorrosivas deseadas, mas sin llegar a un exceso tal que la cantidad de resina disponible no alcance a ocluirlo totalmente; esta relación se caracteriza a través del concepto de concentración de pigmento en volumen en la película seca ( PVO). En general el valor del PVO es inferior al 35% en primarios y al 26% en acabados, la eficiencia de protección - contra la corrosión y el buen comportamiento de un recubrimiento dependen, además de la buena calidad del recubrimiento, de factores igualmente importantes, tales como: preparación de superficie, técnica de aplicación y de una adecuada selección - del sistema de recubrimiento en función de la naturaleza del - medio corrosivo, además del espesor del sistema protector.

En principio podría pensarse en cubrir el requerimiento con una sola formulación de recubrimiento que incluyese la resina adecuada y un porcentaje determinado de pigmento inhibidor, - pero aspectos del tipo económico han dado lugar a la utilización de diferentes formulaciones para cubrir el espesor apropiado (13). Dependiendo de su posición estos recubrimientos - se denominan primario, enlace y acabado. Al conjunto de ellos se les conoce como Sistema Anticorrosivo, las principales características de cada uno de ellos se mencionan a continuación.

## SISTEMA ANTICORROSIVO.

Un sistema anticorrosivo se constituye de los siguientes elementos:

ACABADO

ENLACE

PRIMARIO

SUBSTRATO METALICO

-Primario. Son recubrimientos cuya formulación está encaminada básicamente hacia la obtención de una buena adherencia con el sustrato metálico, así como la de inhibir la corrosión, por lo que normalmente los contenidos de pigmentos inhibidores son altos. Otros requisitos adicionales en un primario consideran el presentar una superficie áspera y compatible para que las siguientes capas de enlace o acabado logren una buena adherencia.

-Enlace. Para ciertos casos particulares no es posible tener el mismo tipo de resina en el primario y en el acabado, presentándose problemas de incompatibilidad y de adherencia, por lo que se requiere de una capa intermedia denominada enlace capaz de adherirse tanto al primario como al acabado, normalmente, los enlaces contienen una mezcla de resinas, parte de las cuales promueven la adherencia con el primario y el resto con el acabado. Por lo general los pigmentos entonadores e inhibidores se encuentran ausentes aquí.

-Acabado. Los acabados representan la capa exterior en contacto con el medio ambiente y se formulan para promover la impermeabilidad del sistema, por lo que normalmente la concentración de pigmento en volumen en la película seca ( FVC ) es inferior al 25%. En este tipo de recubrimientos es frecuente el uso de pigmentos entonadores. El grado de molienda que se alcanza es tal que su superficie ofrece un aspecto brillante y terso. En la elección del tipo de acabado, es de capital importancia la adherencia y compatibilidad con el tipo de primario utilizado.

## CLASIFICACION DE LOS PRIMARIOS.

La siguiente clasificación se establece a partir del proceso que requiere el primario para alcanzar sus propiedades o características finales de operación o comportamiento:

- a) Secado al aire, un solo componente
- b) Secado al aire, dos componentes
- c) Polimerización o curado a alta temperatura

Otra clasificación de los primarios muy usual se establece - considerando el tipo de resina usada en la fabricación. Dado - que la resistencia del primario y por lo tanto su eficiencia - de protección contra la corrosión en una atmósfera determinada, dependen esencialmente de las características y propiedades de los componentes de película seca representados por la resina y el pigmento, con frecuencia se asocia o establece un cierto grado de calidad o eficiencia de protección, con el tipo de resina utilizada.

A continuación daremos una clasificación basada en el tipo de resinas empleadas para elaborar el primario.

Clasificación  
basada en el  
tipo de resina

Primario alquidático  
Primario vinílico  
Primario epóxico  
Primario vinil-epóxico  
Primario acrílico  
Primario de cinc 100% inorgánico  
Primario alquitrán de hulla-epóxico

## ESPECIFICACIONES PARA PRIMARIOS ANTICORROSIVOS.

Cuando se elabora un primario se debe de dar una especificación en donde aparezcan características, propiedades y composición - correspondiente a su formulación. Para ser capaz de proporcionar dicha información es necesario realizar pruebas que arrojen estos resultados. A continuación se muestran esquemáticamente dichas - especificaciones.

Especificaciones  
para Primario  
Anticorrosivos

Composición  
Tiempo de secado  
Estabilidad en el envase  
Flexibilidad  
Adherencia  
Intemperismo acelerado  
Cámara salina  
Densidad  
Viscosidad  
Finura  
Color  
Aplicación y apariencia  
Poder cubriente  
Pruebas de resistencia química

#### PREPARACION DE LA SUPERFICIE.

De los factores más importantes en la protección anticorrosiva, figura la correcta limpieza o preparación de la superficie. Si la superficie por recubrir está contaminada con aceite, humedad, suciedad, polvo, escama de laminación, etc.,. El recubrimiento no podrá adherirse firmemente y su eficacia de protección será nula. Además del efecto sobre la adherencia, algunas impurezas tales como el óxido, la escoria o la suciedad contribuyen a la ruptura de la película por su avidéz de humedad ocasionando el ampollamiento y la corrosión del metal bajo película. Esseguida esquematzaremos los tipos de limpieza que existen: (14) y (15).

Limpieza con abrasivos  
(arena sílica o granalla  
de acero)

-Limpieza a metal blanco  
-Limpieza cercana al metal blanco  
-Limpieza comercial

Secuencia de limpieza manual

- Descostrado con herramienta de impacto
- Rasqueteeo
- Cepillado
- Lavado

Secuencia de limpieza química

- Eliminación de capas de escoria
- Aplicación de productos químicos
- Lavado con agua dulce

Casos de superficies especiales los presentan el hierro vaciado, el cinc, el acero galvanizado, aluminio, cobre, latón y el concreto. Para el caso que nos ocupa, que es el acero galvanizado, a continuación se presenta la manera de preparar la superficie:

#### Preparación de la Superficie del Acero Galvanizado.

La superficie se debe mordentar por medio de un tratamiento base fosfato o base cromato. En el tratamiento base fosfato se utiliza una solución comercial a base de fosfato ácido de cinc, con teniendo agentes oxidantes y aditivos. El tratamiento base cromato también es una solución diluida a base de trióxido de cromo, ácido y aditivos, siendo suficiente un tiempo de contacto de 5 a 10 segundos para obtener buenos resultados. En ambos tratamientos se forman compuestos inhibidores de corrosión entre el cinc del galvanizado y el ácido ya sea fosfórico o crómico. Las soluciones para preparar la superficie se pueden aplicar por inmersión, aspersión o brocha, no obstante es conveniente seguir las indicaciones del fabricante si es una solución comercial. Finalmente la superficie deberá lavarse con agua dulce para eliminar cualquier impureza, y estar lista para recubrirse.



## MÉTODOS DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS.

Al igual que la preparación de la superficie es muy importante la aplicación del recubrimiento para el buen funcionamiento del primario.

Antes de usar el recubrimiento, este deberá ser homogeneizado y acondicionado para su correcto uso. Los procedimientos más comúnmente empleados para la aplicación de los primarios son:

|                                                  |   |                           |                         |
|--------------------------------------------------|---|---------------------------|-------------------------|
| Formas de aplicación de primarios anticorrosivos | } | -Inmersión                | Convencional<br>Airless |
|                                                  |   | -Aplicación con brocha    |                         |
|                                                  |   | -Aplicación con rodillo   |                         |
|                                                  |   | -Aplicación por aspersión |                         |

El método de aplicación dependerá de la superficie y la rapidez con que se desee realizar la aplicación, además del costo de inversión del equipo para aplicar. (16), (17) y (18).

## FALLAS MÁS FRECUENTES QUE SE PRESENTAN EN PRIMARIOS ANTICORROSIVOS.

Si una vez aplicado el primario, la protección no ha sido efectiva en el plazo que se esperaba, puede atribuirse a fallas originadas por mala preparación de superficie, selección inadecuada del material, deficiente calidad del recubrimiento, o incorrecta aplicación, condiciones atmosféricas inapropiadas durante la aplicación, o por la combinación de alguna de estas causas. Las fallas más comunes que se presentan son: (19), (20) y (21).

|                                  |   |                                |
|----------------------------------|---|--------------------------------|
| Fallas más comunes en primarios. | } | -Discontinuidad de la película |
|                                  |   | -Falta de adherencia           |
|                                  |   | -Ampollamiento                 |
|                                  |   | -Agrietamiento                 |
|                                  |   | -Corrugado                     |
|                                  |   | -Caleo                         |
|                                  |   | -Corrosión bajo película       |

### INSPECCION A REALIZAR EN TRABAJOS DE APLICACION DE PRIMARIOS.

Para evitar en lo posible las fallas que presentan los recubrimientos, se deberá efectuar una inspección en todos los trabajos de aplicación de primarios, la inspección deberá contemplar los siguientes aspectos: (22) y (23).

- Revisión del equipo de preparación de superficie.
- Preparación de la superficie, grado obtenido
- Revisión del equipo de aplicación y condiciones de operación de los mismos
- Viscosidad del recubrimiento para su aplicación
- Espesor de película húmeda y seca
- Tiempo de secado
- Continuidad de película
- Adherencia
- Apariencia
- Dureza

### CRITERIOS DE SELECCION DE PRIMARIOS ANTICORROSIVOS.

El principal parámetro a considerar cuando se selecciona un primario es el tipo de ambiente bajo el cual trabajará, ya que el comportamiento que presenta la resina y el pigmento estarán fuertemente afectados por el ambiente que los rodea y esto repercutirá directamente en la durabilidad y eficiencia de protección que brindará. Existe una gran variedad de ambientes, en los cuales se requiere una protección para el sustrato metálico. Dichos ambientes pueden ser naturales o artificiales y para cada caso se ha desarrollado un tipo de recubrimiento especial. No se puede decir que un recubrimiento específico sirva o no, porque cada uno de los recubrimientos está formulado para satisfacer unas necesidades específicas. Otro aspecto que se debe considerar cuando se elige un primario es si éste llevará o no un

recubrimiento de acabado. Por lo general cuando el ambiente es muy agresivo se recomienda un sistema de protección, un primario y un acabado.

Aspectos de tipo económico en la mayoría de ocasiones deciden el primario a emplear. Se puede decir que, por lo general los recubrimientos seleccionados por baratos, muy pocas veces son los apropiados para brindar una protección eficaz al sustrato metálico por proteger.

#### TENDENCIAS ACTUALES.

Actualmente la protección anticorrosiva mediante pinturas, como en otras tecnologías, es el resultado del impacto en esta área de tres restricciones que gobiernan a la industria moderna. Dichas restricciones son ; energía, ecología y economía.

Las industrias que se dedican a la fabricación de pinturas no han escapado a las restricciones que les está imponiendo la crisis energética, en la actualidad se les presentan también limitaciones de tipo ecológico, completamente justificadas y necesarias. Si a esto aunamos los aumentos constantes de la mano de obra y la grave situación por la que atraviesa la economía mundial, no es de extrañar que el resultado de todos estos factores produzca cambios de actitud en las personas encargadas del mantenimiento con relación a los trabajos de pintado. Estos cambios de actitud van desde el no pintar hasta el pintar lo mejor posible desde un principio, desarrollando eficientes programas de mantenimiento.

### CAPITULO III

#### ELABORACION DE LOS PRIMARIOS ANTICORROSIVOS

El presente capítulo esta dividido en dos partes. En la primera tratamos la parte experimental donde describimos e ilustramos el equipo empleado, la técnica de elaboración de recubrimientos y justificamos cada etapa del proceso. La segunda parte esta constituida por las formulaciones que se emplearon para la elaboración de cada primario, las formulaciones constan de tres partes, sustancia, % en partes por peso y tipo de componente. Además al final de la tesis incluimos el Apéndice I, donde se puede consultar las materias primas más empleadas en la industria pinturera.

#### PARTI EXPERIMENTAL.

Para elaborar cualquier recubrimiento se emplean basicamente dos equipos, un molino y un dispersor. Para entender el por qué de estos dos equipos describiremos el proceso de dispersión de un pigmento en un vehículo, y además aprovechamos para aclarar que lo que se conoce comunmente como molienda del pigmento (24) se refiere a dispersar en partículas diminutas el pigmento en un vehículo polimérico.

Para dispersar el pigmento en el vehículo polimérico se sigue la secuencia siguiente. Primeramente el vehículo o fase líquida, moja el pigmento, la fase sólida, este líquido desplaza el aire atrapado entre el pigmento y posteriormente envuelve las partículas, el vehículo siempre tiene que estar en exceso para poder cubrir todas las partículas aglomeradas de pigmento y tener así una: partículas completamente mojadas y suspendidas. Posteriormente se separan mecanicamente las partículas por medio de un molino, una vez separadas éstas en su grado máximo, se requiere dispersarlas para obtener una separación permanente de partículas en el vehículo, esta operación se realiza en el dispersor, también llamado comúnmente tanque de reducción. (25)

La secuencia empleada en la elaboración de cada primario aparece en la parte de su formulación, pero podemos decir de una forma general que primero al molino con cuentas de arena sílica se le agregan los componentes del vehículo, en aproximadamente un 70 % del total, posteriormente con una ligera agitación se adicionan al molino todos los pigmentos, después se agita a una velocidad de 2100 rpm con lo que se logra al cabo del tiempo la máxima separación, para estar ciertos de esto, se mide la finura alcanzada, si ya tiene la fineza deseada se transfiere la pasta del molino al dispersor, el molino es limpiado con el restante 30% del vehículo en dos fases, para recuperar el mayor material posible que haya quedado atrapado entre el medio de molienda, el cual también es agregado al dispersor, donde se realiza ésta operación, al final de la cual se rectifica la viscosidad y si es necesario se ajusta con el disolvente apropiado, finalmente se filtra el recubrimiento en una malla fina y se procede a envasarlo.

#### Descripción de los Equipos de Dispersión.

Antes de realizar la descripción de los equipos empleados, realizaremos unas consideraciones generales sobre los equipos mecánicos de dispersión.

Todos los equipos de dispersión realizan esta acción por medio de una o más fuerzas, sea corte, fricción o impacto con otra partícula de pigmento y/o medio de molienda. El proceso de dispersión requiere del uso de grandes cantidades de energía, ya sea a bajos niveles de agitación por largos períodos de tiempo o a altos niveles de agitación por cortos tiempos.

La eficiencia de cualquier equipo de dispersión depende sobre todo de la energía que pueda impartir a la mezcla vehículo-pigmento. En la selección del equipo de dispersión existen ciertos factores que se deben considerar, como son :

- Grado de dispersión requerido
- Tiempo deseado para dispersar un volumen determinado
- Requerimientos de energía
- Costo de instalación y por corrida
- Costo de mantenimiento
- Tamaño
- Nivel de ruido, etc.

El objetivo durante el proceso de dispersión es dirigir tanta energía como sea posible al mojado y dispersión del pigmento y desperdiciar la menor posible en agitar el medio de molienda, - para no generar pérdidas por calor. La variable que más influye en el proceso es la viscosidad del vehículo.

#### MOLINO.

El molino consiste en un recipiente cilíndrico en el cual penetra un agitador multidisco el cual rota sobre su eje vertical gracias al motor del que esta provisto. Se utiliza como medio de molienda arena sílice y el molino puede funcionar de una manera continua o por lotes.

El molino donde se realiza la dispersión del pigmento o sea el recipiente cilíndrico, esta provisto de una chaqueta de enfriamiento por donde circula agua a temperatura ambiente para evitar la evaporación del disolvente, además este recipiente posee una rejilla que funciona de malla de retención del medio de molienda y que solo permite el paso de la pasta que se forma de la dispersión del pigmento en el vehículo. Dicha pasta se obtiene debido a los grandes impactos y esfuerzos de corte que provoca el agitador y el medio de molienda al pigmento. La finura que se obtiene depende del medio dispersante, la velocidad de rotación del agitador y la efectividad de mojado del pigmento por el vehículo.

A continuación ilustramos el molino empleado y damos sus principales características.

El molino pertenece a la línea Red Head Mills y el modelo es el L-5-P, su capacidad por lote puede ser de 1-5 galones dependiendo del recipiente en el que se realice la operación.

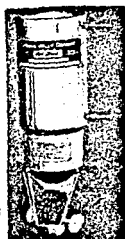
Sus dimensiones son: altura 40", largo y ancho de la base 26" X 14", peso en libras del equipo sin contar agitador ni recipiente de molienda 270, la potencia del motor es de 1 Hp, su rango de velocidades de rotación es: baja 150-400rpm y alta de 1500-4200rpm. (25)

El medio de molienda que se utilizó fueron cuentas de arena silice de 3mm de diámetro y ocupaban la mitad del volumen del recipiente donde se realizaba la dispersión.

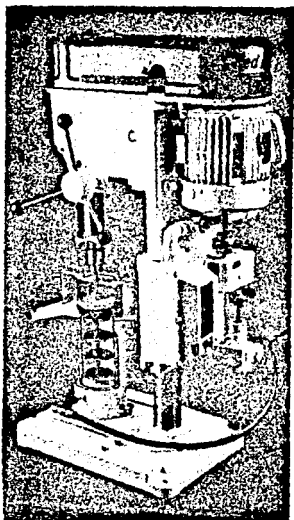
El recipiente que se empleó para la dispersión es de acero inoxidable resistente a la abrasión y con chaqueta de enfriamiento, sus dimensiones son 10.5 cm de diámetro y 15 cm de altura.



agitador multiaxial



recipiente de  
molienda



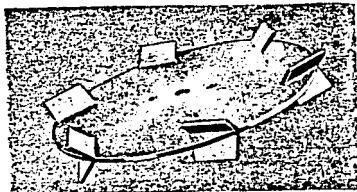
molino

## DISPERSOR.

El dispersor está formado por un recipiente y un agitador con aspas, el cual rota sobre su eje vertical, de hecho el equipo empleado es el mismo que el anterior, sólo que se cambia el agitador multidisco del molino por un agitador con aspas del dispersor, tampoco se requiere para esta operación de medio de molienda y el recipiente en el que se efectúa la dispersión no es necesario que tenga chaqueta de enfriamiento.

La dispersión se realiza por medio de las aspas, las cuales debido al tamaño de sus dientes y al ángulo que poseen brindan una buena combinación de esfuerzos cortantes y gran circulación del fluido en el recipiente. La variable más importante en el proceso es la velocidad de rotación del aspa.

A continuación ilustramos el tipo de aspa del dispersor



aspa del agitador  
del dispersor



FORMULACIONES

PRIMARIO VERDEICO CON OXIDO DE HIERRO COMO PIGMENTO INHIBIDOR.

Para preparar 1 litro, agregar lentamente al molino con cuentas de arena sílice.

| SUSTANCIA                                                                         | % EN PARTES POR PESO   | TIPO DE COLECTANTE                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------|
| Hidrocarburo aromático                                                            | 11.79                  | Disolvente                              |
| Cetona alifática ramificada                                                       | 15.26                  | Disolvente                              |
| Agregar enseguida al molino lentamente:                                           |                        |                                         |
| Resina vinílica                                                                   | 6.82                   | Resina                                  |
| Dispersar a 2100 rpm, hasta que esté libre de grumos                              |                        |                                         |
| Agregar a 150 rpm.                                                                |                        |                                         |
| Plastificante                                                                     | 3.04                   | Aditivo plastificante                   |
| Dispersante catiónico                                                             | 0.52                   | Aditivo dispersante catiónico           |
| Silicato de magnesio                                                              | 10.77                  | Pigmento inerte (carga)                 |
| Oxido de hierro sintético                                                         | 10.77                  | Pigmento inhibidor                      |
| Bentogen                                                                          | 0.89                   | Aditivo espesante                       |
| Mezclar bien a 2100 rpm.                                                          |                        |                                         |
| Ajustar viscosidad con:                                                           |                        |                                         |
| Cetona aromática                                                                  | 4.77                   | Disolvente                              |
| Dispersar hasta alcanzar 3H. mínimo y una viscosidad de 130 U.K.                  |                        |                                         |
| Transferir del molino al tanque de reducción, dispersar con agitación, agregando: |                        |                                         |
| Hidrocarburo aromático                                                            | 11.34                  | Disolvente                              |
| Cetona alifática ramificada                                                       | 15.26                  | Disolvente                              |
| Resina vinílica                                                                   | 6.82                   | Resina                                  |
| Agregar para evitar reacción química                                              |                        |                                         |
| Estabilizador                                                                     | 0.11                   | Aditivo estabilizador                   |
| Ajustar nuevamente viscosidad con:                                                |                        |                                         |
| Disolvente nitrocedado de evaporación lenta                                       | 1.78                   | Disolvente                              |
| P R O P I E D A D E S:                                                            |                        |                                         |
| Densidad= 1.02594                                                                 | P.V.C.=29.90           | Viscosidad= 60-65 U.K.                  |
| Finura= 3H.                                                                       | Sólidos en peso= 39.66 | Poder cubriente= 9.19m <sup>2</sup> /lt |

PRIMARIO VINIL-APOXI CON OXIDO DE HIERRO Y MINIO DE PLOMO COMO  
PIGMENTOS INHIBIDORES

Para preparar 1 litro, agregar lentamente al molino con cuentas de arena sílice

| SUSTANCIA                                                    | % EN PARTES<br>POR PESO | TIPO DE COMPONENTE    |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Resina vinílica                                              | 28.00                   | Resina                |
| Disolver aparte y agregar al tanque de dispersión:           |                         |                       |
| Ácido málico                                                 | 0.23                    | Aditivo antigelante   |
| Glicol-éster                                                 | 0.70                    | Disolvente            |
| Mezclar bien, procurando que la temperatura no se incremente |                         |                       |
| Fosfato de tricresilo                                        | 1.5                     | Aditivo antigelante   |
| Oxido de hierro sintético                                    | 7.82                    | Pigmento inhibidor    |
| Minio de plomo                                               | 5.52                    | Pigmento inhibidor    |
| Silicato de magnesio                                         | 9.10                    | Pigmento inerte       |
| Silica coloidal                                              | 0.56                    | Aditivo espesante     |
| Ajustar viscosidad con:                                      |                         |                       |
| Hidrocarburo aromático                                       | 5.65                    | Disolvente            |
| Cetona alifática ramificada                                  | 5.13                    | Disolvente            |
| Dispersar hasta 5 H. y lavar el molino con:                  |                         |                       |
| Hidrocarburo aromático                                       | 4.40                    | Disolvente            |
| Resina vinílica                                              | 10.00                   | Resina                |
| Cetona aromática                                             | 1.12                    | Disolvente            |
| Resina epóxica                                               | 3.50                    | Resina                |
| Oxido de propileno                                           | 0.10                    | Aditivo estabilizador |
| Disolvente nitrogenado<br>de evaporación lenta               | 1.58                    | Disolvente            |
| Ajustar viscosidad con:                                      |                         |                       |
| Hidrocarburo aromático                                       | 15.09                   | Disolvente            |

P R O P I E D A D E S

Densidad = 1.09- 1.13 g/ml      Finura = 5H  
 Viscosidad = 800 cps.      Sólidos por peso = 35.6

ENCARGO ALTERNATIVO DEL CUIDADO DE HERRAJES Y CORROSION DE BETA

COMO PINTURA PREVENTIVA.

Para preparar 1 litro, agregar al molino con cuentas de arena sílice:

| SUSTANCIA                                                                                                               | N.º EN PARTES<br>POR PESO | TIPO DE COMPONENTE     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------|
| Resina alquidólica                                                                                                      |                           |                        |
| media de soya                                                                                                           | 24.10                     | Resina                 |
| Eter y polioximino amida                                                                                                | 0.74                      | Aditivo dispersante    |
| Oxido de cinc                                                                                                           | 0.32                      | Pigmento colorante     |
| Oxido de hierro                                                                                                         | 9.35                      | Pigmento inhibidor     |
| amarillo de cinc                                                                                                        | 5.57                      | Pigmento inhibidor     |
| Silicato de magnesio                                                                                                    | 20.73                     | Pigmento inerte        |
| Agitar durante 30 minutos a 2400 rpm. para moler y ajustar la viscosidad: la finura a la que se debe moler es de 5.5 H. |                           |                        |
| Agregar:                                                                                                                |                           |                        |
| Hidrocarburo alifático                                                                                                  | 3.13                      | Disolvente             |
| Resina alquidólica media de soya                                                                                        | 22.72                     | Resina                 |
| Transferir al tanque de reducción y agregar:                                                                            |                           |                        |
| Resina alquidólica larga de linaza                                                                                      | 7.03                      | Resina                 |
| Acetate de linaza espesado                                                                                              | 0.39                      | Aditivo plastificante  |
| Secante de plomo                                                                                                        | 1.34                      | Aditivo agente secante |
| Secante de calcio                                                                                                       | 0.43                      | Aditivo agente secante |
| Secante de cobalto                                                                                                      | 0.51                      | Aditivo agente secante |
| Agitar durante 30 minutos y ajustar viscosidad con :                                                                    |                           |                        |
| Hidrocarburo alifático                                                                                                  | 0.95                      | Disolvente             |

PROPIEDADES:

Densidad = 1.24 g/ml  
Viscosidad = 80-90 U.K.

Finura = 5.5 H.  
Sólidos en Peso = 55.6%<sup>1</sup>/lt

PRIMARIO EPÓXICO CON CROMATO DE CINCO COMO PIGMENTO INHIBIDOR

Se debe mezclar 1 a 1 en volumen con el agente de poliducción.  
Para preparar 1 litro, agregar al molino con cuentas de arena sílice:

| SUSTANCIA                                                                     | EN PARTES<br>POR PESO | TIPO DE COMPONENTE               |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| Resina epóxica con un valor epoxidico de 1.46                                 | 25.35                 | Resina                           |
| Glicol-éter                                                                   | 37.40                 | Disolvente                       |
| Cetona alifática                                                              | 2.82                  | Disolvente                       |
| Agregar lentamente a 150 rpm.                                                 |                       |                                  |
| Lecitina de soya                                                              | 0.46                  | Aditivo dispersante y humectante |
| Cromato de cinc                                                               | 23.94                 | Pigmento inhibidor               |
| Amarillo cromo                                                                | 1.41                  | Pigmento colorante               |
| Verde cromo                                                                   | 0.22                  | Pigmento colorante               |
| Bentonitas tratadas con aminas cuaternarias                                   | 2.12                  | Aditivo espesante                |
| silicato de magnesio                                                          | 17.60                 | Pigmento inerte                  |
| Dispersar a 2100 rpm.                                                         |                       |                                  |
| Ajustar viscosidad a 80-90 UK                                                 |                       |                                  |
| Dispersar hasta 5 H mínimo                                                    |                       |                                  |
| Agregar:                                                                      |                       |                                  |
| Alcohol Butílico                                                              | 2.82                  | Disolvente                       |
| Transferir del molino al tanque de reducción la mezcla y dispersar agregando: |                       |                                  |
| Resina urea formaldehido                                                      | 1.41                  | Resina                           |
| Hidrocarburo aromático                                                        | 11.39                 | Disolvente                       |
| Cetona alifática ramificada                                                   | 4.23                  | Disolvente                       |
| Ajustar la viscosidad y los sólidos con :                                     |                       |                                  |
| Cetona alifática ramificada                                                   | 2.27                  | Disolvente                       |

## P R O P I E D A D E S

Densidad = 1.38g/ml

Finura = 5H

Viscosidad = 68 - 78 UK

% Sólidos por peso = 65.79

PREMIO EPÓXICO CON CROMATO DE ESTRONCIO COMO PIGMENTO INHIBIDOR

Se debe mezclar 1a 1 en volumen con el agente de poliadición.  
Para preparar 1 litro, agregar al molino con cuentas de arena sílice:

| SUSTANCIA                                                               | N DE PARTES | TIPO DE COMPONENTE               |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------------|
| Resina epóxica con un valor epoxídico de 1.45                           | 25.35       | Resina                           |
| Glicol-éter                                                             | 37.40       | Disolvente                       |
| Cetona alifática                                                        | 2.82        | Disolvente                       |
| Agregar lentamente a 150 r.p.m.                                         |             |                                  |
| Lecitina de soya                                                        | 0.46        | Aditivo dispersante y humectante |
| Cromato de estroncio                                                    | 23.94       | Pigmento inhibidor               |
| Amarillo cromo                                                          | 1.41        | Pigmento colorante               |
| Verde cromo                                                             | 0.22        | Pigmento entonador               |
| Mentonitas tratadas con aminas cuaternarias                             |             |                                  |
| Silicato de magnesio                                                    | 2.12        | Aditivo espesante                |
| Dispersar a 2100 r.p.m.                                                 | 17.60       | Pigmento inerte                  |
| Ajustar viscosidad a 80 -90VE                                           |             |                                  |
| Dispersar hasta 5 H mínimo                                              |             |                                  |
| Agregar:                                                                |             |                                  |
| Alcohol Etilico                                                         | 2.82        | Disolvente                       |
| Transferir del molino al tanque de reducción la mezcla y dispersar con: |             |                                  |
| Resina urea formaldehído                                                | 1.41        | Resina                           |
| Hidrocarburo aromático                                                  | 11.39       | Disolvente                       |
| Cetona alifática ramificada                                             | 4.23        | Disolvente                       |
| Ajustar la viscosidad y los sólidos con:                                |             |                                  |
| Cetona alifática ramificada                                             | 2.27        | Disolvente                       |

PROPIEDADES

Densidad = 1.43 g/ml  
Finura = 5 H.

Viscosidad = 68-75  
% Sólidos por peso = 66.83

PREMIUM LUMINO SOLUBILIZADO DE BARIO COMO REPLAZO INTERIOR

Se debe de mezclar 1 a 1 en volumen con el agente de polidispersión.  
Para preparar 1 litro, agregar al molino con cuensas de arena sílica:

| SUSTANCIA                                                       | EN GRAMOS | TIPO DE COMPONENTE                 |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|------------------------------------|
| Resina epóxica con un va-                                       |           |                                    |
| lor epoxídico de 1.46                                           | 25.38     | Resina                             |
| Glicol-éster                                                    | 37.40     | Disolvente                         |
| Cetona alifática                                                | 2.82      | Disolvente                         |
| Agregar lentamente a 150 r.p.m.                                 |           |                                    |
| Lecitina de soya                                                | 0.46      | Aditivo dispersante<br>y emectante |
| Metaborato de Bario                                             | 23.94     | Pigmento inhibidor                 |
| Amarillo cromo                                                  | 1.41      | Pigmento colorante                 |
| Verde cromo                                                     | 0.22      | Pigmento colorante                 |
| Bentonitas tratadas<br>con aminos cuaternarias                  | 2.12      | Aditivo espesante                  |
| Silicato de magnesio                                            | 17.60     | Pigmento inerte                    |
| Dispersar a 2100 r.p.m.                                         |           |                                    |
| Ajustar viscosidad a 80 - 90 UK                                 |           |                                    |
| Dispersar hasta 5 H mínimo                                      |           |                                    |
| Agregar:                                                        |           |                                    |
| Alcohol butílico                                                | 2.82      | Disolvente                         |
| Transferir del molino al dispersor la mezcla y dispersarla con: |           |                                    |
| Resina urea formaldehído                                        | 1.41      | Resina                             |
| Hidrocarburo aromático                                          | 11.39     | Disolvente                         |
| Cetona alifática ramificada                                     | 4.23      | Disolvente                         |
| Ajustar la viscosidad con:                                      |           |                                    |
| Cetona alifática ramificada                                     | 2.27      | Disolvente                         |

PROPIEDADES

Densidad = 1.44g/ml

Finura = 5.2 H

Viscosidad = 67 - 77 UK

% Sólidos por peso = 65.82

PREPARADO TECNICO CON FOSFATO DE CINC COMO PIGMENTO INHIBIDOR

Se debe de mezclar 1 a 1 en volumen con el agente de poliadición.  
Para preparar 1 litro, agregar al molino con cuentas de arena - sílice:

| SUSTANCIA                                                 | % EN PARTES<br>POR PARTE | TIPO DE CONOCIMIENTO             |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Resina epóxica con un valor epoxídico de 1,46             | 25.35                    | Resina                           |
| Glicol-éter                                               | 37.40                    | Disolvente                       |
| Cetona alifática                                          | 2.82                     | Disolvente                       |
| Agregar lentamente a 150 r.p.m.                           |                          |                                  |
| Lecitina de soya                                          | 0.46                     | Aditivo dispersante y humectante |
| Fosfato de cinc                                           | 23.94                    | Pigmento inhibidor               |
| Amarillo cromo                                            | 1.41                     | Pigmento colorante               |
| Verde cromo                                               | 0.22                     | Pigmento colorante               |
| Bentonitas tratadas con aminas cuaternarias               | 2.12                     | Aditivo espesante                |
| Silicato de magnesio                                      | 17.60                    | Pigmento inerte                  |
| Dispersar a 2100 r.p.m.                                   |                          |                                  |
| Ajustar viscosidad a 80-90 UK                             |                          |                                  |
| Dispersar hasta obtener 5 H mínimo                        |                          |                                  |
| Adicionar:                                                |                          |                                  |
| Alcohol butílico                                          | 2.82                     | Disolvente                       |
| Transferir del molino al dispersor la mezcla y adicionar: |                          |                                  |
| Resina urea formaldehído                                  | 1.41                     | Resina                           |
| Hidrocarburo aromático                                    | 11.39                    | Disolvente                       |
| Cetona alifática ramificada                               | 4.23                     | Disolvente                       |
| Ajustar la viscosidad y los sólidos con:                  |                          |                                  |
| Cetona alifática ramificada                               | 2.27                     | Disolvente                       |

P R O P I E D A D E S

Densidad = 1.38 g/ml  
Pirura = 5H

Viscosidad = 68 - 78 UK  
% Sólidos por peso = 65.79

PREPARACION DEL MINIO DE PLOMO COMO PIGMENTO INHIBIDO:

Se debe mezclar 1 a 1 en volumen con el agente de poliadición.  
Para preparar 1 litro, agregar al molino con cuentas de arena sílice:

| SUSTANCIA                                                 | % EN PARTES<br>POR PESC | TIPO DE COMPONENTE               |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Resina epóxica con un valor epoxídico de 1.46             | 25.35                   | Resina                           |
| Glicol-éter                                               | 37.40                   | Disolvente                       |
| Cetona alifática                                          | 2.82                    | Disolvente                       |
| Agregar lentamente a 150 r.p.m.                           |                         |                                  |
| Lecitina de Soya                                          | 0.42                    | Aditivo dispersante y humectante |
| Minio de plomo                                            | 23.94                   | Pigmento inhibidor               |
| Amarillo cromo                                            | 1.41                    | Pigmento colorante               |
| Verde cromo                                               | 0.22                    | Pigmento colorante               |
| Bentonita tratada con aminas cuaternarias                 | 2.12                    | Aditivo espesante                |
| Silicato de magnesio                                      | 17.60                   | Pigmento inerte                  |
| Dispersar a 2100 r.p.m.                                   |                         |                                  |
| Ajustar la viscosidad a 80-90 UE                          |                         |                                  |
| Moler hasta obtener 5 H mínimo                            |                         |                                  |
| Agregar:                                                  |                         |                                  |
| Alcohol butílico                                          | 2.82                    | Disolvente                       |
| Transferir del molino al dispersor la mezcla y adicionar: |                         |                                  |
| Resina urea formaldehído                                  | 1.41                    | Resina                           |
| Hidrocarburo aromático                                    | 11.39                   | Disolvente                       |
| Cetona alifática ramificada                               | 4.23                    | Disolvente                       |
| Ajustar la viscosidad y los sólidos con:                  |                         |                                  |
| Cetona alifática ramificada                               | 2.27                    | Disolvente                       |

P R O P I E D A D E S

Densidad = 1.42 g/ml  
Finura = 5 H

Viscosidad = 66-77 UE  
% Sólidos por peso = 65.31



AGENTE DE POLIADICCIÓN

AGENTE DE POLIADICCIÓN PARA MEZCLARSE 1 A 1 EN VOLUMEN CON LOS  
PRIMARIOS EPÓXICOS

Para preparar 1 litro.

Agregar a un tanque limpio:

| SUSTANCIA                           | EN PARTES POR PESO | TIPO DE COMPONENTE |
|-------------------------------------|--------------------|--------------------|
| Alcohol isopropílico                | 43.96              | Disolvente         |
| Hidrocarburo aromático              | 18.32              | Disolvente         |
| Agregar lentamente con agitación:   |                    |                    |
| Resina poliámdica                   | 33.82              | Resina             |
| Mezclar bien hasta disolución total |                    |                    |
| Ajustar la viscosidad con:          |                    |                    |
| Hidrocarburo aromático              | 2.9                | Disolvente         |

PROPIEDADES

Densidad = 0.86 g/ml

Viscosidad = 50-55 UH

% Sólidos por peso = 33.82

## CAPITULO IV

### PREPARACION DE LA SUPERFICIE, APLICACION Y PRUEBAS DEL RECUBRIMIENTO

En el presente capítulo se expone la forma en la que se preparó la superficie, como se aplicó el recubrimiento y las pruebas que se realizaron para caracterizar cada uno de los primarios.

#### PREPARACION DE SUPERFICIE

Las placas de acero galvanizado primeramente se labaron con jabón y agua para desengrasarlas y eliminar cualquier otra impureza, si estaban ya completamente limpias, se procedía a secarlas, para someterlas a un tratamiento base fosfato, el cual consistía en aplicar con brocha una solución comercial de fosfato ácido de cinc, agentes oxidantes y aditivos, la cual se extendía por toda la superficie de las placas y se dejaba actuar durante 20 segundos aproximadamente, después se enjuagaba con bastante agua y se secaban perfectamente.

#### APLICACION DEL RECUBRIMIENTO

Se aplicó por aspersión con aire, este método presenta la ventaja de ser muy rápido y permite controlar el espesor de película. El principio fundamental de la aplicación por aspersión es basado en la fina atomización del recubrimiento, proyectando la niebla resultante hacia el objeto deseado.

El recubrimiento se debe homogeneizar y acondicionar antes de aplicarse por medio de un agitación. El aire suministrado para atomizar el recubrimiento tenía una presión de 40 lb/in<sup>2</sup> formando un abanico que distribuía el recubrimiento homogéneamente. La distancia de la pistola a las placas por pintar era de 20 cm, la aplicación se realizó con movimientos de la pistola paralelos a las placas y de derecha a izquierda.

#### PRUEBAS DEL RECUBRIMIENTO

A continuación se establecen los métodos de prueba que se emplearon para caracterizar cada uno de los primarios. (26), (27) y (28).

## 1. Tiempo de Secado

Objetivo. Determinar el tiempo requerido por una película de recubrimiento para adquirir los diferentes grados de secado

Definición.- Tiempo de secado al tacto: Método ASTM-D-1640 Inciso 5.1. Tiempo de secado duro: Método ASTM-D-1640 Inciso 5.6.

Procedimiento. La prueba deberá efectuarse en un equipo mecánico de laboratorio, como el "Aparato Universal de Tiempo de Secado".

Preparación de Especímenes de Prueba. El recubrimiento con una viscosidad ajustada de 50 a 60 segundos en Copa Ford No 4 a 25°C, deberá aplicarse con rasador a un espesor de película húmeda de 2.5 milésimas de pulgada sobre una placa de vidrio limpia.

Condiciones de Prueba. Durante la determinación, por duplicado, los especímenes de prueba deberán mantenerse a 25±2°C, a una humedad relativa de 50±5% y con 4 ó 6 renovaciones de aire por minuto, libre de polvo o cualquier otra contaminación.

Reporte. Deberá indicarse en horas, con aproximación a minutos, los tiempos de secado determinados, e indicarse en el capítulo de resultados.

## 2. Flexibilidad

Objetivo. Determinar la flexibilidad o porcentaje de elongación en recubrimientos orgánicos.

Preparación de especímenes. Para esta prueba, los recubrimientos primarios, con una viscosidad ajustada a 25 segundos Copa Ford No. 4 a 25°C, deberá aplicarse por aspersión sobre la placa de acero galvanizado. La preparación de superficie, espesor de película, secado y curado de los especímenes, deberá ser aquellos que se determinen por el experimentador. Posteriormente los especímenes deberán acondicionarse a 25±2°C, y una humedad relativa de 50±4% por 24 horas después del curado e inmediatamente efectuar la prueba.

**Procedimiento.** Las pruebas deberán hacerse por triplicado siguiendo las indicaciones de los Métodos ASTM D-522 y ASTM D-1737.  
**Condiciones de Prueba.** 25 ± 2°C y 50 ± 4% de H.R.

**Resultado.** Deberá indicarse el porcentaje de elongación determinado.

### 3. Adherencia

**Objetivo.** Determinar el nivel de adherencia entre un recubrimiento y la superficie sobre la cual se aplica.

**Preparación de Especímenes.** La viscosidad de los recubrimientos de prueba deberá ajustarse a aproximadamente 25 segundos Cope Ford No. 4, los recubrimientos primarios deberán aplicarse - por aspersión sobre la placa de acero galvanizado o en la cual se desee realizar la prueba, y deberá quedar sin cubrir 1,5 cm en uno de sus extremos.

Posteriormente los especímenes deberán acondicionarse a 25 ± 2°C y 50 ± 4% H.R., durante 24 horas después del curado e inmediatamente efectuar la prueba.

**Procedimiento.** Las pruebas por triplicado, deberán efectuarse siguiendo las instrucciones del inciso 6 del Método ASTM D-2197.

**Reporte.** Deberá indicarse el nivel de adherencia en kilogramos con aproximación a una décima.

### 4. Intemperismo Acelerado

**Objetivo.** Determinar la resistencia de los recubrimientos al efecto de la intemperie por exposición en un Aparato de Intemperismo Acelerado.

**Preparación de los Especímenes.** Los recubrimientos deberán aplicarse sobre las láminas en las que se deseen realizar la prueba, de acuerdo con los métodos de preparación de superficie, aplicación y espesor de película que sean de interés. Los especímenes deberán ser acondicionados por 7 días a 25 ± 2°C y 50 ± 4 por ciento de humedad relativa, antes de la prueba.

**Procedimiento.** La prueba deberá efectuarse siguiendo el procedimiento indicado en la especificación ASTM G-23 para un ciclo de exposición 102/18 minutos.

Resultados. Al término del tiempo de exposición, el espécimen de prueba deberá inspeccionarse considerando las siguientes fallas.

| FALLA                      | MÉTODO      |
|----------------------------|-------------|
| 1. Cambio de Color         | Cualitativo |
| 2. Caleo                   | ASTM D-659  |
| 3. Corrosión bajo película | ASTM D-610  |
| 4. Ampollamiento           | ASTM D-714  |
| 5. Agrietamiento           | ASTM D-661  |
| 6. Descascaramiento        | ASTM D-772  |

#### 5. Niebla Salina

Objetivo. Determinar la resistencia de los recubrimientos al efecto del medio ambiente marino por exposición en un aparato de Niebla Salina.

Preparación de Especímenes de Prueba. El recubrimiento se aplica sobre la lámina correspondiente de acuerdo con los métodos de preparación de superficie, aplicación y espesor de película que se deseen probar, cubriendo los bordes cuidadosamente. Los especímenes deberán acondicionarse durante 7 días a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  y  $50 \pm 4\%$  de humedad relativa y posteriormente rayados con la urna de Evans, antes de la prueba.

Procedimiento. La prueba deberá efectuarse, siguiendo el procedimiento indicado en la especificación ASTM B-117.

Resultado. Al término del tiempo de exposición, el espécimen deberá ser inspeccionado considerando las siguientes fallas:

| FALLA                      | MÉTODO     |
|----------------------------|------------|
| 1. Corrosión bajo película | ASTM D-610 |
| 2. Ampollamiento           | ASTM D-714 |
| 3. Descascaramiento        | ASTM D-772 |

La detección de cualquiera de estas fallas es suficiente para considerar que el recubrimiento falló y se debe reportar las horas hasta que antes que aparezca la primera falla.

## 6. Densidad

Objetivo: Determinar la masa por unidad de volumen a 25°C.

Procedimiento: La densidad deberá determinarse con un picnómetro, de acuerdo con el procedimiento indicado en el método ASTM D-1475.

Resultado: Deberá reportarse la densidad, con aproximación en centésimas de  $g/cm^3$ .

## 7. Viscosidad

Objetivo: Determinar las propiedades de viscosidad de un recubrimiento a 25°C.

Procedimiento: Dependiendo de lo indicado en la especificación correspondiente, la viscosidad del recubrimiento deberá determinarse siguiendo uno de los siguientes métodos:

- Viscosidad en Copa Ford No. 4 Método ASTM D-1200
- Viscosidad Brookfield, Método ASTM D-2196

Resultado: Se reportará la viscosidad determinada en centipoises.

## 8. Finura

Objetivo: Determinar el grado de dispersión o molienda del pigmento en los recubrimientos.

Procedimiento: La Finura deberá determinarse de acuerdo con el procedimiento indicado en el Método ASTM D-1210.

Resultado: Se deberá reportar el grado de dispersión o finura determinado en unidades Hegman.

### 9. Retenido en Malla U.S. 325

**Objetivo.** Determinar el contenido de partículas gruesas en un recubrimiento.

**Procedimiento.** El porcentaje de material retenido en malla U.S. 325 deberá determinarse de acuerdo con el procedimiento indicado en el Método ASTM D-355.

**Resultado.** Se reportará el porcentaje de retenido en malla U.S. 325.

### 10. Pruebas de Inmersión

**Objetivo.** Determinar la resistencia de los recubrimientos al efecto de inmersión en diferentes medios.

**Preparación.** Los recubrimientos deberán aplicarse sobre las láminas del material que se esté investigando, cuyas dimensiones sean apropiadas para el equipo disponible, pero en cualquier caso el área expuesta no deberá ser inferior a 50 cm<sup>2</sup>. Se seguirán los métodos de preparación de superficie, aplicación, espesor de película que se hayan determinado para investigar. Los especímenes de prueba deberán ser acondicionados por 7 días a 25 ± 2°C y 50±4% de humedad relativa, antes de realizar la prueba.

**Procedimiento.** Los especímenes deberán someterse a los tipos de inmersión en los cuales se desee probar su resistencia.

**Resultado.** Al término del tiempo de exposición, la muestra deberá inspeccionarse considerando las siguientes fallas:

| FALLA                      | MÉTODO      |
|----------------------------|-------------|
| 1. Cambio de color         | Cualitativo |
| 2. Corrosión bajo película | ASTM D-614  |
| 3. Ampollamiento           | ASTM D-714  |
| 4. Agrietamiento           | ASTM D-661  |
| 5. Descascaramiento        | ASTM D-772  |

La detección de cualquiera de estas fallas es suficiente para considerar que el recubrimiento no resistió y se reportan entonces sólo las horas en las cuales el recubrimiento no presenta fallas.

CAPITULO V

RESULTADOS.

A continuación se presentan los resultados obtenidos a partir de las pruebas realizadas a cada uno de los primarios elaborados.

PRIMARIO EPONI CON ORGANIO DE CING

| CARACTERISTICAS Y PRUEBAS FISICAS                              | RESULTADO                                   | METODO              |
|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------|
| Tiempo de secado al tacto                                      | 1 hora                                      | ASTM D-1640 In. 5.1 |
| Tiempo de secado duro                                          | 24 horas                                    | ASTM D-1640 In. 5.6 |
| Flexibilidad en Mandril Cónico                                 | 15% elongación                              | ASTM D-1937         |
| Adherencia lámina pintada                                      | 8.5 Eg                                      | ASTM D-2197         |
| Intemperismo acelerado                                         | No se realizó por descompostura del aparato | ASTM G-23           |
| Niebla salina                                                  | 750 horas                                   | ASTM B-117          |
| Densidad g/cm <sup>3</sup>                                     | 1.30                                        | ASTM D-1475         |
| Viscosidad Brookfield en centipoises                           | 650                                         | ASTM D-2196         |
| Finura en unidades Hegman                                      | 5                                           | ASTM D-1210         |
| Retenido en malla U.S. 325 (% de material retenido)            | 2%                                          | ASTM D-185          |
| Poder cubriente m/lt, a 1 milésima de pulgada de película seca | 13.5                                        | ASTM D-2805         |



PREPARIO EPOXI CON CROMATO DE ASTRONCIO

| CARACTERISTICAS Y PRUEBAS FISICAS                                    | RESULTADOS     | METODO              |
|----------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------|
| Tiempo de secado al tacto                                            | 1 hora         | ASTM D-1640 In. 5.1 |
| Tiempo de secado duro                                                | 24 horas       | ASTM D-1640 In. 5.6 |
| Flexibilidad en mandril cónico                                       | 16% elongación | ASTM D-1737         |
| Adherencia lámina pintada                                            | 8.5 Kg         | ASTM D-2197         |
| Intemperismo acelerado                                               | No se realizó  | ASTM G-23           |
| Niebla salina                                                        | 725 horas      | ASTM E-117          |
| Densidad $g/cm^3$                                                    | 1.27           | ASTM D-1475         |
| Viscosidad Brookfield en centipoises                                 | 630            | ASTM D-2196         |
| Finura en unidades Hegman                                            | 5.1            | ASTM D-1210         |
| Retenido en malla U.S. 325 (% de material retenido)                  | 2%             | ASTM D-195          |
| Foder cubriente en $m^2/lt$ a 1 milésima de pulgada de película seca | 13.4           | ASTM D-2805         |

PRIMARIO EPOXI CON FOSFATO DE CINC

| CARACTERISTICAS Y PRUEBAS FISICAS                                | RESULTADOS     | METODO              |
|------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------|
| Tiempo de secado al tacto                                        | 1 hora         | ASTM D-1640 In. 5.1 |
| Tiempo de secado duro                                            | 24 horas       | ASTM D-1640 In. 5.6 |
| Flexibilidad en mandril cónico                                   | 15% elongación | ASTM D-1737         |
| Adherencia lámina pintada                                        | 8.5 KG         | ASTM D-2197         |
| Intemperismo acelerado                                           | No se realizó  | ASTM G-23           |
| Niebla salina                                                    | 700 horas      | ASTM B-117          |
| Densidad g/cm <sup>3</sup>                                       | 1.28           | ASTM D-1475         |
| Viscosidad Brookfield en centipoises                             | 630            | ASTM D-2196         |
| Finura en unidades Hegman                                        | 5              | ASTM D-1210         |
| Retenido en malla U.S. 325 (% de material retenido)              | 1.5 %          | ASTM D-185          |
| Poder cubriente en m/lt a 1 milésima de pulgada de película seca | 13.5           | ASTM D-2805         |

PRIMARIO EPOXI CON MATRIZADO DE BARIO

| CARACTERISTICAS Y PRUEBAS FISICAS                                | RESULTADO                                   | METODO              |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------|
| Tiempo de secado al tacto                                        | 1 hora                                      | ASTM D-1640 In. 5.1 |
| Tiempo de secado duro                                            | 24 horas                                    | ASTM D-1640 In. 5.6 |
| Flexibilidad en Mandril Cónico                                   | 16% elongación                              | ASTM D-1737         |
| Adherencia lámina pintada                                        | 8.3 Kg                                      | ASTM D-2197         |
| Intemperismo acelerado                                           | No se realizó por descompostura del aparato | ASTM G-23           |
| Niebla salina                                                    | 675 horas                                   | ASTM B-117          |
| Densidad g/cm <sup>3</sup>                                       | 1.32                                        | ASTM D-1475         |
| Viscosidad Brookfield en centipoises                             | 640                                         | ASTM D-2195         |
| Finura en unidades Hegman                                        | 5.2                                         | ASTM D-1210         |
| Retenido en malla U.S. 325 (% de material retenido)              | 1.5 %                                       | ASTM D-185          |
| Poder cubriente en m/lt a 1 milésima de pulgada de película seca | 13.4                                        | ASTM D-2805         |

PRIMARIO EPOXI CON MINIO DE PLOMO

| CARACTERISTICAS Y PRUEBAS FISICAS                                              | RESULTADOS     | METODO              |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------|
| Tiempo de secado al tacto                                                      | 1 hora         | ASTM D-1640 In. 5.1 |
| Tiempo de secado duro                                                          | 24 horas       | ASTM D-1640 In. 5.6 |
| Flexibilidad en Mandril Cónico                                                 | 16% elongación | ASTM D-1737         |
| Adherencia lámina pintada                                                      | 8.5 Kg         | ASTM D-2197         |
| Intemperismo acelerado                                                         | No se realizó  | ASTM G-23           |
| Niebla salina                                                                  | 625 horas      | ASTM E-117          |
| Densidad g/cm <sup>3</sup>                                                     | 1.28           | ASTM D-1475         |
| Viscosidad Brookfield en centipiscis                                           | 640            | ASTM D-2196         |
| Finura en unidades Hegman                                                      | 5              | ASTM D-1210         |
| Retenido en malla U.S. 325 (% de material retenido)                            | 2%             | ASTM D-185          |
| Poder cubriente en m <sup>2</sup> /lt a 1 milésima de pulgada de película seca | 13.4           | ASTM D-2805         |

PRIMARI ALQUIDALICO

| CARACTERISTICAS Y PRUEBAS FISICAS                                | RESULTADOS     | METODO              |
|------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------|
| Tiempo de secado al tacto                                        | 4 horas        | ASTM D-1640 In. 5.1 |
| Tiempo de secado duro                                            | 24 horas       | ASTM D-1640 In. 5.6 |
| Flexibilidad en mandril cónico                                   | 12% elongación | ASTM D-1737         |
| Adherencia lámina pintada                                        | 4 Kg           | ASTM D-2197         |
| Intemperismo acelerado                                           | No se realizó  | ASTM G-23           |
| Niebla salina                                                    | 475 horas      | ASTM B-117          |
| Densidad g/cm <sup>3</sup>                                       | 1.24           | ASTM D-1475         |
| Viscosidad Brookfield en centipoises                             | 800            | ASTM D-2196         |
| Finura en unidades Hegman                                        | 4              | ASTM D-1210         |
| Retenido en malla U.S. 325 (% de material retenido)              | 1.2            | ASTM D-185          |
| Poder cubriente en m/lt a 1 milésima de pulgada de película seca | 13.6           | ASTM D-2505         |

PRIMARIO VINILICO

| CARACTERISTICAS Y PRUEBAS FISICAS                                | RESULTADOS     | METODO              |
|------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------|
| Tiempo de secado al tacto                                        | 20 minutos     | ASTM D-1640 In. 5.1 |
| Tiempo de secado duro                                            | 16 horas       | ASTM D-1640 In. 5.6 |
| Flexibilidad en mandril cónico                                   | 10% elongación | ASTM D-1737         |
| Adherencia lámina pintada                                        | 4.5 Kg         | ASTM D- 2197        |
| Intemperismo acelerado                                           | No se realizó  | ASTM G-23           |
| Niebla salina                                                    | 350 horas      | ASTM B-117          |
| Densidad g/cm <sup>3</sup>                                       | 1.02           | ASTM D-1475         |
| Viscosidad Brookfield en centipoises                             | 800            | ASTM D-2196         |
| Finura en unidades Hegman                                        | 3              | ASTM D-1210         |
| Retenido en malla U.S. 325 (% de material retenido)              | 1.7%           | ASTM D-185          |
| Foder cubriente en m/lt a 1 milésima de pulgada de película seca | 10.57          | ASTM D-2805         |

FILABRITO VELEN ROXI

| CARACTERISTICAS Y PRUEBAS FISICAS                                              | RESULTADOS     | METODO              |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------|
| Tiempo de secado al tacto                                                      | 1,5 horas      | ASTM D-1640 In. 5.1 |
| Tiempo de secado duro                                                          | 4 horas        | ASTM D-1640 In. 5.5 |
| Flexibilidad en mandril cónico                                                 | 120 elongación | ASTM D-1737         |
| Adherencia lámina pintada                                                      | 6 Kg           | ASTM D-2197         |
| Intemperismo acelerado                                                         | No se realizó  | ASTM E-23           |
| Niebla salina                                                                  | 300 horas      | ASTM E-117          |
| Densidad g/cm <sup>3</sup>                                                     | 1,12           | ASTM D-1475         |
| Viscosidad Brookfield en centipoises                                           | 600            | ASTM D-2196         |
| Pinura en unidades Hegman                                                      | 5              | ASTM D-1210         |
| Retenido en malla U.S. 325 (N de material retenido)                            | 1,5            | ASTM D-185          |
| Poder cubriente en m <sup>2</sup> /lt a 1 milésima de pulgada de película seca | 10,3           | ASTM D-2805         |

## ARTICULO VI ANÁLISIS DE RECUBRIMIENTOS

El presente artículo se divide en dos secciones; en la primera se estudian las diversas resinas empleadas para comprender las propiedades y características que presentan los recubrimientos y posteriormente en la segunda sección se evalúa la eficiencia de los diversos pigmentos inhibidores utilizados para evitar la corrosión del metal.

Como se sabe el propósito de los recubrimientos anticorrosivos es proteger el sustrato metálico sobre el cual se aplican; para conseguirlo, se debe de tener un recubrimiento resistente al ambiente en el cual trabajará y además con ciertas propiedades mecánicas y químicas, factores que dependen todos ellos del tipo de resina empleada. Por otro lado para evitar el proceso de corrosión en el sustrato metálico, el recubrimiento debe de poseer pigmentos inhibidores de corrosión, los cuales inhiben de algún modo las reacciones anódicas o catódicas del metal base.

Para evaluar nuestro mejor recubrimiento, el parámetro de decisión que se considera es la prueba de resistencia en cámara salina, ya que el objetivo del trabajo es brindar la mejor protección posible en ambiente salino.

### PRIMERA SECCIÓN

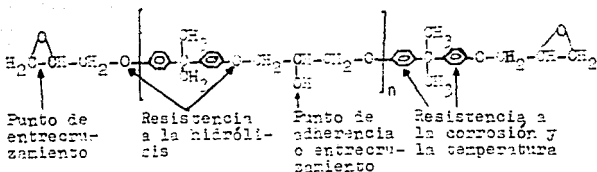
Establecer una relación entre propiedades y estructura química es muy deseable debido a que tal relación hace posible comprender el comportamiento del recubrimiento y permite diseñar mejores pinturas sobre bases científicas, incluso realizando un análisis completo de las estructuras químicas se puede llegar a determinar las propiedades del recubrimiento sin necesidad de realizar ninguna prueba.











Como se aprecia, es una resina bastante completa; la letra "n" del subíndice del paréntesis indica el número de repeticiones que se tendrán, conforme "n" aumenta se tiene una resina más larga, más flexible y de mayor viscosidad, pero también de menor reactividad, ya que disminuye la concentración de los grupos epoxídicos.

Las resinas epoxídicas tienen poca utilidad práctica en recubrimientos cuando se usan solas, puesto que no polimerizan por sí solas; se necesitan compuestos con hidrógenos activos para - que reaccionen con el grupo epoxi y se forme la estructura reticulada tridimensional. Propiamente es una poliadición la que forma la película. Existen muchos tipos de agentes curantes, entre los que destacan las poliaminoaminas, poliamidas, ácidos grasos, resinas fenólicas, amínicas, etc. En nuestro caso utilizamos una resina poliamida, dicha resina contiene grupos aminos primarios y secundarios libres que son los que reaccionan con los grupos epoxídicos.

Debido al estrecho entrecruzamiento de la película resultante, este recubrimiento resiste el ataque de la mayoría de disolventes, tiene muy buenas propiedades térmicas, no se deforma por fuerzas mecánicas, posee buena flexibilidad, 16% de elongación, y una impresionante adherencia de 8.5 Kg, por tantos grupos polares que tienen la resina y que pueden unirse al sustrato metálico. La resistencia química también es notable, y se debe a la estructura química de la resina epóxica. Un pequeño inconveniente que - presentan estos recubrimientos es que al adicionarle el agente de poliadición, comienza la reacción de entrecruzamiento y su viscosidad aumenta bastante, también se tiene máximo tres horas para aplicarla.

Podemos concluir que este tipo de resina es el más apropiado para un ambiente marino, dadas las propiedades que posee.

SEGUNDA SECCION

Evaluación del pigmento inhibidor sobre el factor de resistencia a la corrosión.

Puesto que la resina epóxica fue la que presentó mejor resistencia al ambiente salino, con ella se evalúa el efecto de diversos pigmentos inhibidores de corrosión.

Se probaron los siguientes pigmentos inhibidores y se anota a continuación su resistencia en cámara de niebla salina.

| Pigmento                       | Resistencia en horas |
|--------------------------------|----------------------|
| Cromato de cinc - - - - -      | 750                  |
| Cromato de estroncio - - - - - | 725                  |
| Fosfato de cinc - - - - -      | 700                  |
| Metaborato de bario - - - - -  | 675                  |
| Minio de plomo - - - - -       | 625                  |

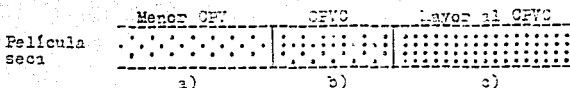
Antes de realizar el análisis de los pigmentos inhibidores, definiremos en torno a la pigmentación, el término de concentración de pigmento en volumen (CPV).

El CPV es simplemente el volumen de pigmento expresado como porcentaje de volumen total del recubrimiento seco (29).

$$CPV = \left( \frac{\text{Volumen del pigmento}}{\text{Volumen del pigmento} + \text{Volumen de la resina sólida}} \right) 100$$

La concentración del pigmento en volumen crítica (CPVC) es aquel nivel de pigmentación en película seca, donde la cantidad de resina es la precisa para llenar todos los huecos entre las partículas de pigmento. Para cada tipo de resina existe un CPVC. La existencia de pigmentos en los recubrimientos orgánicos tiene una considerable influencia sobre sus propiedades protectoras. La adición de pigmentos a la resina que forma la película sólida, además de tener efectos de inhibidores de corrosión sobre el substrato metálico, alarga enormemente el camino a recorrer por un medio agresivo para alcanzar la superficie del metal, afectando la permeabilidad.

Si se sobrepasa el CPVC, en lugar de tener una menor permeabilidad, ésta aumenta por existir intersticios formados por los pigmentos, como se ilustra en la siguiente figura. c).

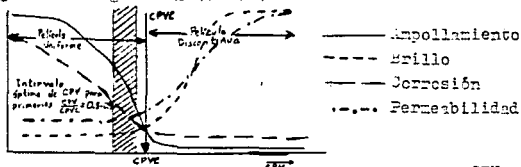


En el caso a) se tiene una permeabilidad alta, por no existir una concentración de pigmento en volumen de película seca, suficiente para alargar el camino del medio corrosivo al sustrato metálico.

En el caso b) tenemos el máximo camino, la mínima permeabilidad, que tienen que recorrer los agentes corrosivos para alcanzar el sustrato metálico.

En el caso c) como la cantidad de pigmentos es muy alta, la resina no es suficiente para ocluir todos los espacios entre pigmentos, y se tiene una permeabilidad altísima.

Como nos podemos dar cuenta, el CPVC es un factor muy importante en los recubrimientos. Van Loo muestra claramente como las propiedades de un recubrimiento están afectadas por éste, en el siguiente diagrama (30): (31).



El intervalo óptimo de CPV para primarios es de  $\frac{CPV}{CPVC} = 0.8-0.9$  para obtener los mejores resultados.

A continuación se hace un análisis general de los pigmentos inhibidores de corrosión para entender su mecanismo de acción y posteriormente se analizan los pigmentos utilizados, de manera individual.

Debido al carácter electroquímico de los fenómenos de corrosión que se desarrollan a temperatura ambiente, la forma de actuación de los pigmentos inhibidores se traduce en impedimentos a la

realización de los procesos parciales, anódicos o catódicos del proceso de corrosión. Como ambas reacciones tienen lugar en cantidades equivalentes, la limitación de una de ellas se refleja, en igual magnitud en el proceso global.

Existen inhibidores que frenan simultáneamente las semireacciones anódicas y catódicas; se les denomina mixtos, para diferenciarlos de los anódicos o catódicos, que sólo actúan sobre la oxidación del metal o la reducción de algún constituyente del medio, respectivamente.

El efecto común de cualquier tipo de inhibidor es la reducción de la velocidad de corrosión.

Los pigmentos inhibidores anódicos tienden a oponerse a la reacción anódica de oxidación; estos inhibidores se conocen como pasivantes, por dar lugar a la formación de una capa pasiva. Algunos de estos inhibidores son oxidantes, como nitritos, cromatos y molibdatos, mientras que otros requieren de oxígeno que se encuentra disuelto en el medio para actuar, como: fosfatos, benzoatos, silicatos y boratos.

La capa pasiva que forman estos productos sobre el metal, puede ser un óxido, fosfato, silicato, etc., de acuerdo con la naturaleza del inhibidor y de las condiciones termodinámicas, que hacen que se forme, en cada caso, el compuesto químico más estable. Estas capas pasivas vienen perturbadas cuando coexisten algunos sales como los cloruros y sulfatos que sobrepasando un cierto umbral impiden la total pasivación del metal. En estos casos pueden formarse picaduras en aquellos puntos en que no se consiguió mantener pasivo al metal.

Los inhibidores anódicos oxidantes pueden, a la par que frenar o detener la reacción anódica del proceso de corrosión, favorecer la reacción catódica, precisamente por aportar el oxígeno necesario para dicho proceso. La acción podrá, pues, ser muy distinta, según prevalezca la inhibición anódica o la activación catódica. A concentraciones demasiado bajas estos inhibidores se vuelven peligrosos porque por una parte no bloquean todos los puntos anódicos del metal y por otra, favorecen la reacción catódica con la cual, y a pesar de que el ataque global se haya reducido, se dará lugar a una intensa corrosión localizada.

La concentración del inhibidor viene que mantenerse por encima de ese valor crítico, valor que viene condicionado por factores como: pH, temperatura y presencia de aquellas sales que tienden a perturbar la estabilidad de la capa pasiva.

Los inhibidores anódicos ofrecen, pues, ciertos riesgos, a pesar de que suelen ser los más eficaces cuando se hallan en concentraciones suficientes.

Los pigmentos inhibidores catódicos tapan zonas catódicas por depósitos de productos insolubles. Tal es el caso de las sales de Zn, Mg, Mn, Ni, Si y Ba que dan lugar a hidróxidos insolubles, y las sales de Ca que con la alcalinidad originada en el cátodo, dan lugar a un precipitado de carbonato de calcio cuando en el medio existen bicarbonatos. Estas sales de metales divalentes dan lugar a precipitados sobre las zonas catódicas, precisamente por alcalinización de las mismas, bloqueando así el mecanismo de corrosión.

A continuación se presenta el análisis para cada pigmento.

#### CROMATO DE CINCO

Este es un pigmento mixto por tener cromato  $\text{CrO}_4^{2-}$  que es un inhibidor anódico y  $\text{Zn}^{2+}$  que actúa como inhibidor catódico. La combinación de inhibidores proporciona una eficacia superior a la que cabría esperar de la simple adición de sus efectos individuales.

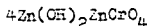
El cromato se cree que se opone a la reacción anódica de oxidación formando una capa pasiva de óxido crómico sobre las zonas anódicas del metal. Este óxido forma una barrera que esencialmente frena la reacción anódica, mientras que el cinc forma  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  con los grupos  $\text{OH}^-$  generados en el cátodo, precipitando sobre éstos los hidróxidos insolubles, bloqueando así esta reacción. Las principales características físicas de este pigmento se dan a continuación:



|                                  |             |
|----------------------------------|-------------|
| Densidad                         | 3.29 g/ml   |
| % CrO                            | 44.5 máxima |
| % de sales alcalinas como $K_2O$ | 13.0 máximo |
| Color                            | Amarillo    |
| Absorción de aceite              | 46          |
| Tipo de inhibidor                | mixto       |

La concentración de pigmento en volumen de película seca en este caso fue de 12.42%, ni siquiera la mitad del CPVC de la resina que es de 27.45%.

La fórmula química asignada a este oxicromato es:



La solubilidad del pigmento en agua es muy baja, 0.02 gramos de  $CrO_3$  por litro. Para que un pigmento inhibidor sea efectivo, este debe de ser ligeramente soluble. Los iones disueltos del pigmento reaccionan con la superficie del sustrato metálico para formar la película química que inhibe la corrosión, sin formar un gran precipitado o capa pasiva, para evitar ejercer gran presión sobre el recubrimiento y lo pueda romper.

#### CROMATO DE ESTRONCIO

Es un pigmento mixto que actúa de la misma forma que el anterior. Su resistencia en la cámara de niebla salina fue ligeramente menor que la del cromato de cinc, 750 y 725 horas respectivamente. Esto se puede explicar en base al PVC, ya que en este recubrimiento el PVC fue de 11.42%, un poco menor que el 12.42% del  $ZnCrO_4$ , afectando esto básicamente a la cantidad de iones  $CrO_4^{2-}$  y  $Sr^{2+}$  presentes que pueden inhibir las reacciones anódicas y catódicas respectivamente. En seguida se dan las principales características de este pigmento.

|                              |                  |
|------------------------------|------------------|
| Densidad                     | 3.37 g/ml        |
| Estroncio como SrO           | 41% mínimo       |
| Cromo como CrO <sub>3</sub>  | 41% mínimo       |
| Sulfato como SO <sub>3</sub> | 0.20 máximo      |
| Color                        | Amarillo         |
| Absorción se aceite          | 33               |
| Tamaño de partícula          | 10 a 15 micrones |
| Tipo de inhibidor            | Mixto            |

La fórmula química es SrCrO<sub>4</sub> de este pigmento.

La solubilidad en agua también es baja, 0.03 gramos de CrO<sub>3</sub> por litro.

#### FOSFATO DE CINCO

Al igual que los anteriores es un inhibidor mixto. En este caso el pigmento necesita del oxígeno del medio para formar la capa pasiva de fosfato sobre el metal e inhibir la reacción anódica, mientras que el cinc da lugar a precipitados sobre las zonas catódicas, para alcalinizarlas y formar Zn(OH)<sub>2</sub>. Sus principales características son:

|                     |            |
|---------------------|------------|
| Densidad            | 3.14 g/ml  |
| Color               | Blanco     |
| Absorción de aceite | 24         |
| Tamaño de partícula | 6 micrones |

El recubrimiento formulado con este pigmento tuvo un FVC de 14%. Pero a pesar de ello su resistencia a la corrosión no fue tan buena como la del ZnCrO<sub>4</sub>; la diferencia fue de 50 horas en la cámara de niebla salina, no obstante que el ZnCrO<sub>4</sub> tenía un FVC de 12.42%. Este resultado nos indica, ya que ambos contienen cinc, que el ion CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup> es un inhibidor anódico mejor que el ion PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. Este comportamiento lo podemos explicar en base a la

gran reactividad del  $\text{CrO}_4^{=}$  por ser un oxidante muy fuerte, mientras que  $\text{PO}_4^{3-}$  requiere de oxígeno para actuar.

Una gran ventaja que presentan los fosfatos sobre los cromatos es su no toxicidad, y son de los pigmentos más recientemente desarrollados y con un gran futuro en la industria pinturera por sus características inocuas.

La fórmula química, asignada a este pigmento es  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Su solubilidad en agua también es muy baja, 0.02 g/lt.

#### METABORATO DE BARIO

Actúa como inhibidor mixto. Las propiedades inhibidoras se deben al bario que precipita en las zonas catódicas formando hidróxido de bario, y al ion metaborato que pasiva el ánodo en la misma forma, esencialmente que el ion cromato.

La fórmula química del pigmento es :  $\text{BaB}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Las principales propiedades del pigmento son:

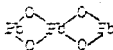
|                     |           |
|---------------------|-----------|
| Densidad            | 3.29 g/ml |
| Absorción de aceite | 36        |
| Color               | Blanco    |

La solubilidad del pigmento también es muy baja, 0.03 gramos por litro.

El primario elaborado con este pigmento tiene un FVC de 13.44% y su resistencia a cámara salina fue de 675 horas, 75 horas por debajo del cromato de cinc, no obstante que tiene mayor FVC. De estos resultados se puede inferir que el ion  $\text{B}_2\text{O}_4^{=}$  no es tan activo como el ion  $\text{CrO}_4^{=}$  para pasivar las zonas anódicas. El bario, por otra parte, no presenta la misma actividad que el ion  $\text{Zn}^{2+}$  para bloquear las zonas catódicas, por precipitación de hidróxidos insolubles.

#### MINIO DE PLOMO

El minio de plomo es la sal de plomo del ácido ortoplúmbico. La estructura que presenta es:



Es el pigmento anticorrosivo más antiguo y de mecanismo de acción más complejo (32). Hasta la fecha no se conoce un mecanismo completamente satisfactorio que explique su comportamiento. Se cree que se adsorben sobre las partes anódicas compuestos de plomo solubles y bajo ciertas condiciones (33) los compuestos solubles de Pb inhiben la corrosión. Todavía faltan de realizar muchos estudios para poder determinar precisamente el mecanismo de acción de este pigmento.

Las principales propiedades del pigmento son:

|                     |                                    |
|---------------------|------------------------------------|
| Densidad            | 3.976 g/ml                         |
| Color               | Naranja                            |
| Absorción de aceite | 6 a 9 gramos/100gramos de pigmento |
| Tamaño de partícula | 1 a 3 micrones                     |
| Tipo de inhibidor   | Anódico                            |

La composición química del pigmento es:  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  -- 95%  
PbO ---- 5%

El PVC del pigmento en nuestro recubrimiento fue de 11.22% y su resistencia en la cámara de niebla salina fue la más baja de todos con 625 horas; 125 horas menos que el  $\text{ZnCrO}_4$ . Otra desventaja que posee el  $\text{PbO}_4$  es su toxicidad, por el plomo que contiene.

## CAPITULO VII

### CONCLUSIONES

La primera conclusión que obtenemos del trabajo realizado es la de reconocer la gran importancia que tiene la resina empleada en las características del primario, si la resina empleada tiene un alto grado de resistencia a la saponificación debido al tipo de grupos funcionales que la componen, como la resina epóxica, la resistencia química del recubrimiento será muy buena, pero si se utilizan primarios elaborados con resinas que posean grupos ésteres susceptibles a hidrolizarse, los recubrimientos no presentarán buena resistencia química, por eso los recubrimientos elaborados con resinas alquídicas y los vinílicos que contienen acetato de vinilo no tuvieron buena resistencia en la cámara de niebla salina. Concluimos que las propiedades del primario dependen de la naturaleza de los grupos funcionales que posea la película formada.

La segunda conclusión es en relación al tipo de estructura polimérica y su relación con las propiedades mecánicas y de resistencia a los disolventes. Si se tiene una estructura lineal como la de los recubrimientos vinílicos, la resistencia a la abrasión y a los disolventes será mala, si se tiene una estructura ligeramente entrecruzada de tal forma que apenas se forme una estructura tridimensional como es el caso de la resina alquídica, sus propiedades mecánicas y de resistencia a los disolventes serán buenas simplemente, pero si se tiene una estructura bastante entrecruzada y que sea tridimensional, como la resina epóxica, las propiedades serán prácticamente las mismas que las de un polímero termofijo, con muy buena resistencia a la abrasión, una alta resistencia a los disolventes y a las altas temperaturas. Concluimos que el tipo de estructura polimérica de la película que se forma gobierna las propiedades mecánicas y de resistencia a los disolventes del primario.

Tercera conclusión. Es con respecto a los pigmentos inhibidores de corrosión. No todos siguen el mismo mecanismo de acción para inhibir la corrosión, ni tienen la misma capacidad de inhibición. Algunos pigmentos que poseían un FVC mayor en la formulación que otros, presentaron menor resistencia en la cámara de niebla salina. Los pigmentos que poseían cromatos como inhibidor anódico presentaron un mayor poder inhibitor que los fosfatos o boratos y esto se debe a que los cromatos son oxidantes muy fuertes que actúan por sí mismos bloqueando las zonas anódicas y no requieren de la presencia de oxígeno del medio como los fosfatos o boratos para actuar. Al igual que los pigmentos anódicos, los catódicos tienen diferencias de eficacia para inhibir la reacción catódica, el ion cinc es mejor inhibidor de corrosión que el estroncio y que el bario, ya que forma un hidróxido insoluble muy adherente al cátodo y lo más importante, de poco volumen, de tal forma que no existe el problema que se rompa la película del primario. Concluimos que no todos los pigmentos inhibidores tienen el mismo mecanismo de acción, ni el mismo poder inhibitor. De los pigmentos anódicos el que mejor funciona es el cromato por ser un oxidante fuerte y de los catódicos el cinc por formar hidróxidos insolubles muy adherentes al cátodo y con poco volumen. Se prefiere utilizar pigmentos inhibidores de corrosión mixtos a los simplemente anódicos o catódicos porque se tiene el efecto combinado y se inhiben simultáneamente las dos semireacciones que provocan el fenómeno de corrosión.

Cuarta conclusión. Es en relación a la combinación de la resina y el pigmento inhibidor. No es suficiente que la película protectora tenga una excelente resistencia en la atmósfera que trabaja, se requiere también de un adecuado pigmento inhibidor, en una adecuada concentración (FVC) para que se tenga una buena - protección contra la corrosión del sustrato metálico. La concentración del pigmento no sólo afecta la resistencia a la corrosión, sino también otras propiedades tales como la permeabilidad, brillo y ampollamiento. Concluimos que de la correcta selección de la resina y del pigmento inhibidor y de una adecuada cantidad de los mismos dependen prácticamente todas las propiedades del recubrimiento.

Quinta conclusión. El mejor primario elaborado en este trabajo para proteger al acero galvanizado fue el epóxico con poliaminocarmida utilizando como pigmento inhibidor cromato de cinc con un PVO de 12.42, ésto no implica que los demás recubrimientos elaborados no sirvan, lo que sucede es que no son tan adecuados como el mencionado. No se puede decir que un recubrimiento sirva o no, lo que se debe de hacer es utilizarlo en las condiciones para las cuales fue formulado. Cuando se selecciona un recubrimiento lo más importante es elegirlo en función del tipo de ambiente en el cual trabajará y el presupuesto del que se dispone.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) M. Morcillo y Col.: Teoría y Práctica de la Lucha contra la corrosión. Cap. VII, pág. 423  
Ed. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid 1984.
- (2) M. Morcillo, op. cit., Cap. XVIII, pág. 511
- (3) M. Morcillo, op. cit., Cap. XVIII, pág. 525
- (4) M. Morcillo, op. cit., Cap. XVIII, pág. 525
- (5) M. Morcillo, op. cit., Cap. XVIII, pág. 522
- (6) H. Payne: Organic Coating Technology V. II, Cap. 27 pág 1271  
Ed. John Wiley & Sons, INC New York 1961.
- (7) Surface Coatings, V. II, Cap. 50 pág. 705  
Prepared by the Oil & Colour Chemists' Association, Australia  
Ed. Macarthur Press 1983, Australia
- (8) J. C. Scully: The Fundamentals of Corrosion.  
Cap. 3, pag 131.  
Ed. Pergamon Press Oxford England, 1975
- (9) Boletín del Instituto Mexicano del Petróleo  
Recubrimientos Anticorrosivos  
pág. 3 Nov. 1978 México D.F.
- (10) E.H. Wicks: Corrosion Protection by Coating.  
Published by Federation of Societies for Coating Technology.  
Philadelphia U.S.A. February 1957.
- (11) Boletín del Instituto Mexicano del Petróleo, op. cit., pág. 5
- (12) C. Ramírez Bonilla: Recubrimientos anticorrosivos, su aplicación, selección e Inspección. Cap. V,  
pág. 47. Editado por el autor 1978, México D.F.
- (13) M. Gaynes: Formulation Organic Coatings. Cap. 4, pág 124  
Ed. D. Van Nostrand Company, INC, U.S.A. 1967.
- (14) A. Blanco: Tecnología de Pintas y Recubrimientos Orgánicos.  
V. II, Cap. 41, pág. 1271 Ed. Muñoz México D.F.
- (15) Surface Coatings, op. cit., Cap. 48 y 49, pág 576 y 585.
- (16) C. Ramírez Bonilla, op. cit., Cap VIII, pág. 110-120.
- (17) A. Blanco, op. cit., Cap. 42 pág. 1303-1320.
- (18) Surface Coatings, op. cit., Cap. 52, pág. 712-724.



- (19) P.E. Pierce y col.: Coating Film Defects.  
Published by Federation of Societies for Coating Technology.  
Philadelphia U.S.A. January 1985.
- (20) C. Ramirez Bonilla, op. cit., Cap. III, pág. 127-146.
- (21) Surface Coatings, op. cit., Cap. 53, pág. 748-758.
- (22) C. Ramirez Bonilla, op. cit., Cap. X, pág. 147-154.
- (23) Petróleos Mexicanos  
Recubrimientos para Protección Anticorrosiva, Muestreo y  
Pruebas, Norma S.132.01. Ed. Petróleos Mexicanos, Quinta Edi-  
ción 1981, México D.F.
- (24) Surface Coatings, op. cit., V.II Cap. 30, pág. 437-440
- (25) Chicago Roller Company.  
1965 North Clybourn Avenue. Chicago Illinois 60614 U.S.A.  
RSD RHD RLLS.
- (26) Petróleos Mexicanos  
Recubrimientos para Protección Anticorrosiva, op. cit.
- (27) Annual Book of ASTM Standards, Part 27  
Paint-Test for Formulated Products & Applied Coating, ASTM  
1975, Ed. American Society for Testing and Materials 1975.
- (28) Paint testing Manual.  
Physical & Chemical Examination of Paints, Varnishes, Lacquers  
and Colors.  
Gardner/Sward Editor, Thirteenth Edition 1972.  
ASTM Special Technical Publication.
- (29) A. Eickhoff: Corrosion Exhibitive Pigments and how they Func-  
tion. Published by Steel Structure Painting Coun-  
cil Manual. Vol.1 pág. 139 U.S.A. 1983
- (30) A. Eickhoff, op. cit., pág 139
- (31) L. Morello, op. cit., pág 438
- (32) A. Eickhoff, op. cit., pág 143
- (33) A. Eickhoff, op. cit., pág 143 y 144

Salvo la referencia (1), (5), (23) y (29) que se puedan consultar en la biblioteca del Laboratorio de Corrosión del Edificio D de la Facultad de Química, las otras referencias bibliográficas se encuentran en la biblioteca de Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas, A.C. (ANAFATIT) Gabriel Mancera 309 Col. del Valle México D.F.

## ANEXICO I

### MATERIAS PRIMAS YAS EMPLEADAS EN LA FABRICACION DE PINTURAS

Enseguida daremos una lista de materiales con sus nombres químicos y comerciales, empezamos la lista con las materias primas empleadas en los primarios elaborados en este trabajo y posteriormente de una manera general, clasificandolas por vehículo, resina, pigmento, disolvente, etc.

#### PRIMARIO VINILICO

| Nombre Comercial o genérico                    | Nombre químico                                 |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Hidrocarburo aromático                         | Tolueno                                        |
| Cetona alifática ramificada                    | Metil isobutil cetona                          |
| Resina vinilica                                | Resina vinilica VMCH                           |
| Plastificante                                  | Ftalato de dioctilo                            |
| Dispersante catiónico                          | Cloruro de di-alquil amonio                    |
| Talco                                          | Silicato de magnesio                           |
| Mentogen                                       | Bentonitas tratadas con<br>aminas cuaternarias |
| Cetona aromática                               | Ciclohexanona                                  |
| Estabilizador                                  | Oxido de propileno                             |
| Disolvente nitrogenado de<br>evaporación lenta | Dimetil formamida                              |

#### PRIMARIO VINIL-EPOXICO

|                          |                                       |
|--------------------------|---------------------------------------|
| Resina vinilica          | Resina vinilica VMCH                  |
| Aditivo                  | Acido málico                          |
| Cellosolve (glicol-éter) | Eter monoetílico del etilen<br>glicol |
| Plastificante            | Fosfato de tricresilo                 |

Nombre Comercial o genérico

Nombre Químico

Hidrocarburo aromático  
Cetona alifática ramificada  
Cetona aromática  
Estabilizador  
Disolvente nitrogenado  
de evaporación lenta

Tolueno  
metil isobutil cetona  
Ciclohexanona  
Oxido de propileno  
Dimetil formamida.

PRIMARIO ALQUIDALICO

Resina alquidálica

Resina alquidálica media  
de soya

Aditivo espesante

Eter y poliamino-amida

Hidrocarburo alifático

Gas nafta

Resina alquidálica

Resina alquidálica larga  
de linaza

Aditivo plastificante

Aceite de linaza espesado

Secante de plomo

Isononanoato de plomo

Secante de calcio

Isononanoato de calcio

Secante de cobalto

Isononanoato de cobalto

PRIMARIOS EPOXICOS

Resina epóxica

Resina epóxica con un va-  
lor epoxídico de 1,46

Glicól-éter

Monometil éter del propi-  
len glicol

Cetona alifática

Metil etil cetona

Bentonogen

Bentonitas tratadas con  
aminas cuaternarias

Cetona alifática ramificada

Metil isobutil cetona

LISTA DE FORMULACIONES

| Nombre Comercial o genérico | Nombre Químico          |
|-----------------------------|-------------------------|
| Hidrocarburo aromático      | Tolueno                 |
| Resina Poliamida            | Resina Poliamida VI 600 |
| Hidrocarburo aromático      | Xileno                  |

Los nombres que no aparecen en estas listas es porque se encuentran en las formulaciones correspondientes ya con su nombre químico.

PIGMENTOS

| Nombre Comercial    | Nombre Químico                         |
|---------------------|----------------------------------------|
| Ti-Pure R-610       | Dióxido de titanio rutilo              |
| Medium 40-425       | Pigmento amarillo cromo                |
| Mistron T-076       | Silicato de magnesio                   |
| Zinc Yellow #1-539D | Sal de amarillo de cinc poco soluble   |
| Y2295               | Peróxido de titanio                    |
| Titanox R10         | Dióxido de titanio anatásico           |
| Vicron 25-11        | Carbonato de calcio                    |
| Asbestos 7 EG       | Fibrillas finas de asbestos            |
| Syloid AL-1         | Silica sintética                       |
| Zinc dust #22       | Polve de cinc estabilizador de humedad |
| Formdale #5-410     | Pigmento verde cromo                   |
| #724                | Oxido de hierro negro                  |
| R-4098              | Oxido de hierro rojo sintético         |
| Carbolite           | Silicato de calcio acicular            |
| Oncor M-50          | Silico cromato de plomo                |
| B-5098              | Oxido de hierro carbo                  |
| ASP-400             | Silicato de aluminio                   |
| Metallic brown      | Oxido de hierro sintético              |
| Zeolen 50           | Silico aluminato de sodio              |
| Cellite 261         | Silica diatómica blanca                |

## Nombre Comercial

Velvet 44464  
 Iron Yellow 601-E  
 Softex 1140

Multiflex 2K  
 Softex 1420

Green X-1134 CP

## Nombre Químico

Pigmento verde cromo  
 Óxido de hierro amarillo  
 Óxido de hierro rojo fácilmente dispersable  
 Carbonato de calcio ultrafino  
 Óxido de hierro rojo fácilmente dispersable  
 Óxido verde de cromo

## ADITIVOS

Kroclor  
 Stabilizer A-5

Santificizer 160

Paraplex G-60

Cyasorb 314

Chlorowax 40

Methocel  
 Superloid  
 Soya Lecithin

Zirco  
 Activ 8

Super Ad-it

Acrysol G-110

Triton CP-10

Plastificante bifeníl clorado  
 Estabilizador anéxico para vinilos y hule clorado  
 Plastificante butil fenil stalato  
 Plastificante polimérico epoxídico  
 Absorbador ultravioleta del tipo benzofenona  
 Plastificante 40% parafina clorada  
 Protector coloidal metil celulosa  
 Alginato tipo estabilizador  
 Agente humectante, lecitina de soya  
 Secante zirconio  
 Fenantrolina para evitar absorción y agente secante  
 Dodecil succinato de difeníl mercurio, estabilizador  
 Poliacrilato de amonio adelgazador para latex  
 Alkil aril éter agente humectante

## Nombre Comercial

## Nombre Químico

FLO-30

Oleato de Fenil mercaptio  
conservador

Farmo #1

Ferrotrato blanco

SP-69

Aceite de silicó agente  
antisedimentante

Nucsdex NA

Pigmentos dispersantes  
para vinilos

## RESINAS

Beckosol 1323

Resina alquidálica corta de  
aceite de coco

Duraplex ND-78

Resina alquidálica corta de  
ácido graso de coco

30/40 Sec Nitrocelulosa

Resina tipo nitrocelulosa

Acryloid B-82

Resina termoplástica acrílica

VIMS

Resina de cloruro de vinilo  
acetato de vinilo

Acriloid A-10

Resina acrílica termoplástica  
de metilmetacrilato

Saran F-120

Resina de cloruro de vinilo

Pr 429

Resina alquidálica sin aceite

Farlon 5 cps

Resina de hule clorado

Santolite LHP

Resina Anil sulfonamida-for-  
maldehído

Plaskon 3175-3

Resina alquidálica larga de  
soya

Aroplaz X-663

Resina alquidálica corta de  
linasa-tung

Beckosol P-671-50

Resina alquidálica media de  
soya-linasa

Zirex

Resinato de cinc

Epi-Tex 183

Resina en solución Epoxi ester

Polyurethane X1210

Resina uretana modificada

Beckosol 93-125

Uretana compatible con alqui-  
dálica

## Nombre Comercial

Amberol 801  
 Cymel 245-B  
 Araldite 471x75  
 Uformite P-240  
 SR-82  
 Polyanide 37-618  
 Polyanide 37-617  
 Hypalon  
 Flexbond 315  
 Rhoplex 40-34  
 Flexbond 840  
 Carbon 9200  
 Cyzac 1015  
 Ehec 1783  
 Epi-Tex 120  
 Acryloid B-44  
 Acryloid A-21  
 Acryloid AT-50  
 DC-805  
 Versamide 401  
 Greepol C-101-1

## Nombre Químico

Resina Maleica  
 Resina melamina  
 Solución de resina epóxica  
 450-530  
 Solución de resina urea for-  
 maldehído  
 Resina de silicón para nivelar  
 Solución de resina poliamida  
 Resina poliamida con un valor  
 amino de 200-230  
 Polietileno clorosulfonado  
 Emulsión de acetato de poli-  
 vinilo  
 Emulsión de resina acrílica  
 Emulsión de acetato de poli-  
 vinilo  
 Solución de resina estireno  
 butadieno  
 Resina del tipo melamina en-  
 trecruzada  
 Etil hidroxietil celulosa  
 Solución de epoxi ester  
 Resina termoplástica dura  
 acrílica  
 Levil metacrilato duro, re-  
 sina acrílica termoplástica  
 Resina acrílica termofija  
 modificada con estireno  
 Resina de Polisiloxano  
 Solución de resina Poliamida  
 Resina alquídica estirenada.

## DISOLVENTES

| Nombre Comercial        | Nombre Químico                           |
|-------------------------|------------------------------------------|
| Metil Isobutil Carbinol | Alcohol metil amílico                    |
| EAR                     | Etil amil acetato                        |
| Solvesso 150            | Gas Nafta                                |
| Varsol #1               | Espirita Mineral                         |
| Cellosolve Solvent      | Etilen glicol monoetil éter              |
| Carbitol Acetate        | Acetato de dietilen glicol monoetil éter |

Para mayor información sobre materias primas utilizadas en la industria de la pintura acudir a la Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas A.C., donde existen Manuales y Boletines de fabricantes de Materias Primas. También recomendamos consultar: Formulation of Organic Coatings escrito por Norman I. Gaynes, publicado por Ed. D. Van Nostrand Company, INC. 1967 U.S.A.



A P E N D I C E   I I

SISTEMAS DE PROTECCION PARA EL ACERO A BASE DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS

| Condición de Exposición   | Preparación de la Superficie | P R I M A R I O                          |              |                                  | A C A B A D O             |              |                                  | Aplicación         |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------------------|--------------|----------------------------------|---------------------------|--------------|----------------------------------|--------------------|
|                           |                              | Recubrimiento                            | No. de capas | Espesor en mils. por capa (seca) | Recubrimiento             | No. de capas | Espesor en mils. por capa (seca) |                    |
| Ambiente Seco             | L.M. o L.CH. A.COM.          | Vinil alquídico, cromato de Zinc.        | 2            | 1.5                              | Esmalte alquídico         | 2            | 1.5                              | Brocha o aspersión |
|                           | L.CH. A.COM.                 | Vinil alquídico, cromato de Zinc.        | 2            | 1.5                              | Poliuretano               | 2            | 1.5                              | Aspersión          |
|                           | L.CH.A.M.B.                  | Hule clorado                             | 2            | 1.5                              | Hule clorado              | 2            | 2                                | Aspersión          |
| Ambiente Húmedo           | L.M. o L.CH.A.COM.           | Vinil alquídico, cromato de Zinc.        | 2            | 1.5                              | Esmalte alquídico         | 2            | 1.5                              | Aspersión          |
|                           | L.CH.A.COM.                  | Vinil alquídico, cromato de Zinc.        | 2            | 1.5                              | Poliuretano               | 2            | 2                                | Aspersión          |
|                           | L.CH.A.M.B.                  | Inorgánico de Zinc poscurado             | 1            | 2.3                              | Epóxico catalizado        | 2            | 1.5                              | Aspersión          |
|                           |                              |                                          |              |                                  | Vinílico de altos sólidos | 2            | 3                                | Aspersión          |
|                           |                              |                                          |              |                                  | Vinil acrílico            | 2            | 1.5.2                            | Aspersión          |
|                           | L.CH.A.M.B.                  | Inorgánico de Zinc autocurante base agua | 1            | 2.3                              | Epóxico catalizado        | 2            | 1.5                              | Aspersión          |
| Vinílico de altos sólidos |                              |                                          |              |                                  | 2                         | 3            | Aspersión                        |                    |

continúa

| Condición de Exposición  | Preparación de la Superficie | P R I M A R I O              |              |                                  | A C A B A D O                        |              |                                  | Aplicación |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------|----------------------------------|--------------------------------------|--------------|----------------------------------|------------|
|                          |                              | Recubrimiento                | No. de capas | Espesor en mils. por capa (seca) | Recubrimiento                        | No. de capas | Espesor en mils. por capa (seca) |            |
| Ambiente Húmedo          | L.CH.A.M.B.                  | Epóxico catalizado           | 1            | 2                                | Vinil acrílico                       | 2            | 1.5.2                            | Aspersión  |
|                          |                              |                              |              |                                  | Epóxico catalizado de altos sólidos. | 2            | 5                                | Aspersión  |
|                          | L.CH.A.M.B.                  | Vinil epóxico                | 2            | 1                                | Epóxico catalizado                   | 2            | 1.5                              | Aspersión  |
|                          |                              |                              |              |                                  | Epóxico catalizado de altos sólidos  | 2            | 5                                | Aspersión  |
|                          |                              |                              |              |                                  | Poliuretano                          | 2            | 2                                | Aspersión  |
|                          |                              |                              |              |                                  | Vinílico de altos sólidos            | 2            | 3                                | Aspersión  |
| L.CH.A.M.B.              | Hule clorado                 | 2                            | 1.5          | Vinil acrílico                   | 2                                    | 1.5.2        | Aspersión                        |            |
|                          |                              |                              |              | Poliuretano                      | 2                                    | 2            | Aspersión                        |            |
| Ambiente Húmedo y Salino | L.CH.A.M.B.                  | Poscurado inorgánico de zinc | 1            | 2.3                              | Hule clorado                         | 2            | 2                                | Aspersión  |
|                          |                              |                              |              |                                  | Epóxico catalizado                   | 2            | 2                                | Aspersión  |
|                          | L.CH.A.M.B.                  | Poscurado inorgánico de zinc | 1            | 2.3                              | Vinílico de altos sólidos            | 2            | 3                                | Aspersión  |
|                          |                              |                              |              |                                  | Vinil acrílico                       | 2            | 1.5.2                            | Aspersión  |
|                          |                              |                              |              |                                  | Epóxico catalizado de altos sólidos  | 2            | 5                                | Aspersión  |

continúa

| Condición de Exposición                                          | Preparación de la Superficie    | P R I M A R I O                                                                               |              |                                  | A C A B A D O                                         |              |                                  | Aplicación             |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------|----------------------------------|------------------------|
|                                                                  |                                 | Recubrimiento                                                                                 | No. de capas | Espesor en mils. por capa (seca) | Recubrimiento                                         | No. de capas | Espesor en mils. por capa (seca) |                        |
| Ambiente Húmedo y Salino                                         | L.CH.A.M.B.                     | Autocurante base acuosa, inorgánico de zinc<br>Autocurante base solvente, inorgánico de zinc. | 1            | 2-3                              | Epóxico catalizado                                    | 2            | 2                                | Aspersión              |
|                                                                  |                                 |                                                                                               |              |                                  | Vinílico de altos sólidos                             | 2            | 3                                | Aspersión              |
|                                                                  |                                 |                                                                                               |              |                                  | Vinil acrílico<br>Epóxico catalizado de altos sólidos | 2            | 5                                | Aspersión<br>Aspersión |
|                                                                  | L.CH.A.M.B.                     | Epóxico catalizado                                                                            | 1            | 2                                | Epóxico catalizado                                    | 2            | 2                                | Aspersión              |
|                                                                  |                                 |                                                                                               |              |                                  | Epóxico catalizado de altos sólidos<br>Poliuretano    | 2            | 5<br>2                           | Aspersión<br>Aspersión |
| L.CH.A.M.B.                                                      | Hule clorado                    | 2                                                                                             | 1.5          | Hule clorado                     | 2                                                     | 2            | Aspersión                        |                        |
| L.CH.A.M.B.                                                      | Epóxico catalizado aducto-amina | 1                                                                                             | 5            | Epóxico catalizado aducto-amina  | 1                                                     | 6            | Aspersión                        |                        |
| Ambiente Húmedo con o sin salinidad y gases derivados del azufre | L.CH.A.M.B.                     | Inorgánico de zinc poscurado                                                                  | 1            | 2-3                              | Epóxico catalizado                                    | 2            | 2                                | Aspersión              |
|                                                                  |                                 |                                                                                               |              |                                  | Vinílico de altos sólidos                             | 2            | 3                                | Aspersión              |
|                                                                  |                                 |                                                                                               |              |                                  | Vinil acrílico                                        | 2            | 1.5-2                            | Aspersión              |
|                                                                  |                                 |                                                                                               |              |                                  | Epóxico catalizado de altos sólidos                   | 2            | 5                                | Aspersión              |

continúa

| Condición de Exposición                                          | Preparación de la Superficie    | P R I M A R I O                                                                              |              |                                  | A C A B A D O                       |              |                                  | Aplicación |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------|----------------------------------|------------|
|                                                                  |                                 | Recubrimiento                                                                                | No. de capas | Espesor en mils. por capa (seca) | Recubrimiento                       | No. de capas | Espesor en mils. por capa (seca) |            |
| Ambiente Húmedo con o sin salinidad y gases derivados del azufre | L.CH.A.M.B.                     | Autocurante base acuosa, inorgánico de zinc<br>Autocurante base solvente, inorgánico de zinc | 1            | 2-3                              | Epóxico catalizador                 | 2            | 2                                | Aspersión  |
|                                                                  |                                 |                                                                                              |              |                                  | Vinílico de altos sólidos           | 2            | 3                                | Aspersión  |
|                                                                  |                                 |                                                                                              |              |                                  | Vinil acrílico                      | 2            | 1.5-2                            | Aspersión  |
|                                                                  |                                 |                                                                                              |              |                                  | Epóxico catalizado de altos sólidos | 2            | 5                                | Aspersión  |
|                                                                  | L.CH.A.M.B.                     | Epóxico catalizado                                                                           | 1            | 2                                | Epóxico catalizado                  | 2            | 2                                | Aspersión  |
|                                                                  |                                 |                                                                                              |              |                                  | Epóxico catalizado de altos sólidos | 2            | 5                                | Aspersión  |
|                                                                  | L.CH.A.COM.                     | Vinil epóxico modificado                                                                     | 2            | 1                                | Poliuretano                         | 2            | 2                                | Aspersión  |
|                                                                  |                                 |                                                                                              |              |                                  | Vinil de altos sólidos              | 2            | 3                                | Aspersión  |
|                                                                  |                                 |                                                                                              |              |                                  | Vinil acrílico                      | 2            | 1.5-2                            | Aspersión  |
|                                                                  | L.CH.A.M.B.                     | Hule clorado                                                                                 | 2            | 1.5                              | Hule clorado                        | 2            | 2                                | Aspersión  |
| L.CH.A.M.B.                                                      | Epóxico catalizado aducto-amina | 1                                                                                            | 5            | Epóxico catalizado aducto-amina  | 1                                   | 6            | Aspersión                        |            |
| Ambiente Marino                                                  | L.CH.A.M.B.                     | Inorgánico de zinc poscurado                                                                 | 1            | 2-3                              | Epóxico catalizado                  | 2            | 2                                | Aspersión  |
|                                                                  |                                 |                                                                                              |              |                                  | Vinílico de altos sólidos           | 2            | 3                                | Aspersión  |
|                                                                  |                                 |                                                                                              |              |                                  | Vinil acrílico                      | 2            | 1.5-2                            | Aspersión  |
|                                                                  |                                 |                                                                                              |              |                                  | Epóxico catalizado de altos sólidos | 2            | 5                                | Aspersión  |

ESTA TESIS NO DEBE  
 SALIR DE LA BIBLIOTECA

continúa

| Condición de Exposición                       | Preparación de la Superficie | P R I M A R I O                                                                              |              |                                     | A C A B A D O                       |              |                                  | Aplicación |
|-----------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------|----------------------------------|------------|
|                                               |                              | Recubrimiento                                                                                | No. de capas | Espesor en mils. por capa (seca)    | Recubrimiento                       | No. de capas | Espesor en mils. por capa (seca) |            |
| Ambiente Marino                               | L.CH.A.M.B.                  | Autocurante base acuosa, inorgánico de zinc<br>Autocurante base solvente, inorgánico de zinc | 1            | 2-3                                 | Epóxico catalizador                 | 2            | 2                                | Aspersión  |
|                                               |                              |                                                                                              |              |                                     | Vinílico de altos sólidos           | 2            | 3                                | Aspersión  |
|                                               |                              |                                                                                              |              |                                     | Vinil acrílico                      | 2            | 1.5-2                            | Aspersión  |
|                                               |                              |                                                                                              |              |                                     | Epóxico catalizado de altos sólidos | 2            | 5                                | Aspersión  |
|                                               | L.CH.A.M.B.                  | Epóxico catalizado                                                                           | 1            | 2                                   | Epóxico catalizado                  | 2            | 2                                | Aspersión  |
|                                               |                              |                                                                                              |              | Epóxico catalizado de altos sólidos | 2                                   | 5            | Aspersión                        |            |
|                                               |                              |                                                                                              |              | Poliuretano                         | 2                                   | 2            | Aspersión                        |            |
|                                               | L.CH.A.M.B.                  | Hule clorado                                                                                 | 2            | 1.5                                 | Hule clorado                        | 2            | 2                                | Aspersión  |
|                                               | L.CH.A.M.B.                  | Epóxico catalizado aducto-amina                                                              | 1            | 5                                   | Epóxico catalizado aducto-amina     | 1            | 6                                | Aspersión  |
| Exposición al agua salada Interior de tanques | L.CH.A.COM.                  | Catalizado con amina, alquitrán de hulla epóxico Catalizado con poliamida                    | 2            | 6-8                                 | No se usa                           |              |                                  | Aspersión  |
|                                               | L.CH.A.M.B.                  | Epóxico catalizado aducto-amina                                                              | 1            | 5                                   | Epóxico catalizado aducto-amina     | 1            | 6                                | Aspersión  |

continúa

| Condición de Exposición                                                  | Preparación de la Superficie | P R I M A R I O                                          |               |                                  | A C A B A D O                       |               |                                  | Aplicación |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------|----------------------------------|------------|
|                                                                          |                              | Recubrimiento                                            | No. de cá-pas | Espesor en mils. por capa (seca) | Recubrimiento                       | No. de ca-pas | Espesor en mils. por capa (seca) |            |
| Exposición al agua cruda y salada (interior de tanques)                  | L.CH.A.COM.                  | Catalizado con amina, alquitrán de hulla epóxico         | 2             | 6-8                              | No se usa                           |               |                                  | Aspersión  |
|                                                                          | L.CH.A.M.B.                  | Catalizado con poliamida Epóxico catalizado aducto-amina | 1             | 5                                | Epóxico catalizado aducto-amina     | 1             | 6                                | Aspersión  |
| Exposición al agua potable (interior de tanques de almacenamiento)       | L.CH.A.M.B.                  | Epóxico catalizado                                       | 1             | 2                                | Epóxico catalizado de altos sólidos | 2             | 5                                | Aspersión  |
|                                                                          | L.CH.A.COM.                  | Vinil epóxico modificado                                 | 2             | 1                                | Vinílico de altos sólidos           | 2             | 3                                | Aspersión  |
|                                                                          | L.CH.A.M.B.                  | Hule clorado                                             | 2             | 1.5                              | Hule clorado                        | 2             | 2                                | Aspersión  |
| Exposición a la turbosina (interior de tanques de almacenamiento)        | L.CH.A.M.B.                  | Epóxico para turbosina                                   | 1             | 2                                | Epóxico para turbosina              | 1             | 5                                | Aspersión  |
| Exposición a destilados tratados (interior de tanques de almacenamiento) | L.CH.A.M.B.                  | Inorgánico de zinc poscurado                             | 1             | 2-3                              | No se usa                           |               |                                  | Aspersión  |

continúa

| Condición de Exposición                                                    | Preparación de la Superficie | P R I M A R I O                                                           |              |                                  | A C A B A D O                       |              |                                  | Aplicación |
|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------|----------------------------------|------------|
|                                                                            |                              | Recubrimiento                                                             | No. de capas | Espesor en mils. por capa (seca) | Recubrimiento                       | No. de capas | Espesor en mils. por capa (seca) |            |
| Exposición a gasolina dulce (interior tanques almacenamiento)              | L.CH.A.M.B.                  | Inorgánico de zinc poscurado                                              | 1            | 2-3                              | No se usa                           |              |                                  | Aspersión  |
| Exposición a destilados sin tratar (interior de tanques de almacenamiento) | L.CH.A.M.B.                  | Epóxico catalizado                                                        | 1            | 2                                | Epóxico catalizado de altos-sólidos | 2            | 5                                | Aspersión  |
|                                                                            |                              | Epóxico catalizado aducto-amina                                           | 1            | 5                                | Epóxico catalizado aducto-amina     | 1            | 6                                | Aspersión  |
| Exposición a gasolina amarga (interior de tanques de almacenamiento)       | L.CH.A.M.B.                  | Epóxico catalizado                                                        | 1            | 2                                | Epóxico catalizado de altos-sólidos | 2            | 5                                | Aspersión  |
|                                                                            | L.CH.A.M.B.                  | Epóxico catalizado aducto-amina                                           | 1            | 5                                | Epóxico catalizado aducto-amina     | 1            | 6                                | Aspersión  |
| Exterior de embarcaciones: Fondo                                           | L.CH.A.COM                   | Catalizado con amina, alquitrán de hulla epóxico Catalizado con poliamida | 2            | 6-8                              | antivegetativo                      | 2            | 2                                | Aspersión  |

continúa

| Condición de Exposición                               | Preparación de la Superficie | P R I M A R I O                                                         |              |                                  | A C A B A D O                                        |              |                                  | Aplicación |
|-------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------------|------------------------------------------------------|--------------|----------------------------------|------------|
|                                                       |                              | Recubrimiento                                                           | No. de capas | Espesor en mils. por capa (seca) | Recubrimiento                                        | No. de capas | Espesor en mils. por capa (seca) |            |
| De mínima línea de carga a traca de cinta de cubierta | L.CH.A.COM.                  | Inorgánico de zinc poscurado                                            | 1            | 2-3                              | Enlace y Vinil-acrílico                              | 1<br>2       | 1.5<br>1.5-2                     | Aspersión  |
|                                                       | L.CH.A.M.B.                  | Inorgánico de zinc poscurado                                            | 1            | 2-3                              | Enlace y Vinílico de altos sólidos                   | 1<br>2       | 1.5<br>2                         |            |
|                                                       | L.CH.A.M.B.                  | Autocurante base acuosa, inorgánico de zinc                             | 1            | 2-3                              | Enlace y Vinílico de altos sólidos                   | 1<br>2       | 1.5<br>2                         | Aspersión  |
|                                                       | L.CH.A.M.B.                  | Autocurante base solvente, inorgánico de zinc                           |              |                                  |                                                      |              |                                  |            |
|                                                       | L.CH.A.M.B.                  | Epóxico catalizado                                                      | 1            | 2                                | Poliuretano                                          | 2            | 2                                |            |
|                                                       | L.CH.A.M.B.                  | Hule clorado                                                            | 2            | 1.5                              | Hule clorado                                         | 2            | 2                                |            |
| Casetería                                             | L.CH.A.M.B.                  | Autocurante base acuosa, inorgánico de zinc o autocurante base solvente | 1            | 2-3                              | Enlace y Vinil acrílico<br>o<br>Enlace y Poliuretano | 1<br>2<br>2  | 1.5<br>1.5-2<br>2                | Aspersión  |
|                                                       | L.CH.A.M.B.                  | Hule clorado                                                            | 2            | 1.5                              | Hule clorado                                         | 2            | 2                                |            |

continúa



| Condición de Exposición                | Preparación de la Superficie | P R I M A R I O                                                  |              |                                  | A C A B A D O                       |              |                                  | Aplicación     |
|----------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------|----------------------------------|----------------|
|                                        |                              | Recubrimiento                                                    | Nó. de capas | Esposor en mils. por capa (seca) | Recubrimiento                       | Nó. de capas | Esposor en mils. por capa (seca) |                |
| Interior de de tanque de embarcaciones | L.CH.A.M.B.                  | Epóxico catalizado                                               | 1            | 2                                | Epóxico catali de altos sólidos     | 2            | 5                                | Aspersión      |
|                                        | L.CH.A.M.B.                  | Epóxico catalizado aducto-amina                                  | 1            | 5                                | Epóxico catali aducto-amina         | 1            | 6                                | Aspersión      |
| Interior de tanques para crudo         | L.CH.A.COM.                  | Catalizado con amina, alquitrán de hulla epóxico                 | 2            | 6-8                              | No se usa                           |              |                                  | Aspersión      |
|                                        | L.CH.A.M.B.                  | Epóxico catalizado aducto-amina                                  | 1            | 5                                | Epóxico catali zado aducto-amina    | 1            | 6                                | Aspersión      |
| Exposición a alta temperatura          | L.CH.A.COM.                  | Aluminio cumarona para altas temperaturas, indeno                | 2            | 1.5                              | No se usa                           |              |                                  | Brocha         |
|                                        | L.CH.A.M.B.                  | Aluminio silicón, para altas temperaturas                        | 2            | 1.5                              | No se usa                           |              |                                  | o<br>Aspersión |
| Zonas propicias al desarrollo          | L.CH.A.COM.                  | Catalizado con amina, alquitrán de hulla epóxico o con poliamida | 2            | 6-8                              | Vinílico y óxido cuproso            | 2            | 2                                | Aspersión      |
|                                        |                              | alquitrán de hulla epóxico o con poliamida                       | 2            | 6-8                              | Vinílico y Tóxicos órgano-metálicos | 2            | 2                                | Aspersión      |

continúa

| Condición de Exposición                              | Preparación de la Superficie | P R I M A R I O                                      |              |                                  | A C A B A D O                   |              |                                  | Aplicación |
|------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------|--------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------|----------------------------------|------------|
|                                                      |                              | Recubrimiento                                        | No. de capas | Espesor en mils. por capa (seca) | Recubrimiento                   | No. de capas | Espesor en mils. por capa (seca) |            |
| Zonas de mareas y oleajes                            | L.M.o                        | Epóxico para zona de mareas y oleajes (100% sólidos) | 1            | 100                              | No se usa                       |              |                                  | Manual     |
| Exterior de tambores de 200 lts.                     | L.M. o L.Q.                  | No se usa                                            |              |                                  | Esmalto alquídico para tambores | 1            | 2                                | Aspersión  |
| Interior de tanques para meta-nol crudo              | L.CH.A.M.B.                  | Epóxico catalizado aducto-amina                      | 1            | 2-3                              | Epóxico catalizado aducto-amina | 1            | 6                                | Aspersión  |
| Interior de tanques para meta-nol refinado           | L.CH.A.M.B.                  | Inorgánico de zinc poscurado                         | 1            | 2-3                              | No se usa                       |              |                                  | Aspersión  |
|                                                      | L.CH.A.M.B.                  | Inorgánico de zinc auto b.a.                         | 1            | 2-3                              | No se usa                       |              |                                  | Aspersión  |
| Interior de tuberías de gas                          | L.CH.A.M.B. o L.MEC.         | No se usa                                            |              |                                  | Epóxico catalizado aducto-amina | 1            | 2-2.5                            | Aspersión  |
| Interior de tuberías que operan a bajas temperaturas | L.CH.A.M.B.                  | Epóxico catalizado                                   | 1            | 2                                | Poliuretano                     | 2            | 2                                | Aspersión  |

L.M. Limpieza manual

L.Q. Limpieza Química

L.MEC. Limpieza mecánica

L.CH.A.COM. Limpieza a chorro de abrasivos acabado comercial

L.CH.A.M.B.: Limpieza con chorro de abrasivos acabado a metal blanco