

Introducción

La plancha de acero es un producto muy versátil. Esta se encuentra en muchas formas y tamaños, y es empleado con múltiples fines incluyendo construcciones de acero, paneles de vehículos automotrices, señales, y electro domésticos. El bajo costo, resistencia y conformabilidad de la plancha de acero, son algunas razones de su amplio uso. Desafortunadamente, como muchos productos de acero, está propenso a la corrosión, un fenómeno que ocasiona una superficie desagradable y, al pasar el tiempo, puede contribuir a falla del producto. Por esta razón, el acero está protegido por una variedad métodos que van desde aleación interna (por ejemplo, aceros inoxidables) hasta recubrimientos de pintura o recubrimientos metálicos.

La corrosión es un proceso electroquímico que, en el caso de la plancha de acero, oxida el hierro en el acero ocasionando que este se vuelva más delgado con el tiempo. La oxidación, o corrosión, ocurre como resultado de la reacción química entre el acero y el oxígeno. El oxígeno esta siempre presente en el aire, o puede estar disuelto en la humedad de la superficie de la plancha de acero. Durante el proceso de oxidación, el acero es realmente consumido por la reacción de corrosión, convirtiendo al hierro en productos de corrosión. En el caso de la mayoría de productos de plancha de acero con bajo contenido de carbón, el óxido de hierro (corrosión) se desarrolla en la superficie y no es protegido porque no se forma como una capa continua y adherente. Por el contrario, este se esparce, exponiendo el hierro fresco a la atmósfera, causando mayor corrosión. Este aspecto de la plancha de acero es poco deseable, tanto estéticamente como en la expectativa de su vida útil. Eventualmente, la plancha de acero es corroída suficientemente para causar degradación en la vida útil, es decir, pérdida de la resistencia estructural, perforación y filtración de agua, etc.

Afortunadamente existen muchos recubrimientos que pueden ser aplicados, de manera efectiva, sobre el acero para otorgar la protección suficiente contra la corrosión, de tal manera que el acero puede ser usado en múltiples aplicaciones. Para mayor información sobre la elección del tipo de recubrimientos y designaciones, recurrir a *GalvInfoNote 1.6*

Recubrimientos de Pintura

Un recubrimiento bien desarrollado para el acero es la pintura. Numerosos tipos de pintura que ofrecen un excelente comportamiento sobre la plancha de acero, han sido ideados a través de los años. Las pinturas son recubrimientos barreras, que cuando se aplica y se usa adecuadamente, brinda la protección suficiente al acero contra la corrosión para muchas aplicaciones comunes. Sin embargo, la pintura no es impermeable a la humedad y la herrumbre puede presentarse incluso por debajo de la pintura perfectamente aplicada, esto cuando el tiempo de exposición a la humedad es bastante largo, o en menor tiempo cuando la humedad contiene químicos corrosivos. Además, las áreas expuestas en el acero, como bordes cortados y los rasguños en la pintura, son susceptibles al mismo mecanismo de corrosión que el acero sin pintura. Adicionalmente, la oxidación en esas áreas expuestas puede causar degradación en la adherencia de la pintura. Por ejemplo, el óxido de hierro que se forma en las rasgaduras, desprende la capa de pintura adyacente al rasguño. Esto promueve que la corrosión del acero avance más allá de la capa y se produzca la pérdida eventual de la adherencia de la pintura. Algunas pinturas son más resistentes que otras, pero eventualmente, si es que existe suficiente humedad y esta contiene químicos altamente corrosivos, se presentaran altos niveles de corrosión. Aun cuando la cantidad de óxido no afecta negativamente la resistencia del acero, esta deja una apariencia desagradable.

Recubrimientos Metálicos

Los recubrimientos metálicos protegen al acero de dos maneras:

1. Como la pintura, proveen una **barrera de protección**, y
2. **Protección galvánica** en la mayoría de los casos.

Estos mecanismos de protección se describen a continuación.

Barrera de Protección

El mecanismo principal por el cual los recubrimientos galvanizados protegen al acero, es brindando una barrera impermeable que no permite el contacto de la humedad con el acero, y como no hay humedad (electrolito) no hay corrosión. La naturaleza del proceso de galvanizado asegura que el recubrimiento metálico de zinc tiene una excelente adherencia y resistencia a la corrosión y a la abrasión.

Los recubrimientos galvanizados no se degradaran (la grieta, la ampollas y la piel) como los otros recubrimientos de barrera como la pintura. Sin embargo, el zinc es un material reactivo y corroerá y erosionará lentamente. Por esta razón, la protección ofrecida por el recubrimiento galvanizado es proporcional a su espesor y a la velocidad de corrosión. Por lo tanto, es importante comprender el mecanismo de corrosión del zinc y que factores afectan la velocidad.

El acero galvanizado expuesto recientemente reacciona con la atmósfera formando una serie de productos de corrosión del zinc. En el aire, el zinc recién expuesto reacciona con el oxígeno formando una capa muy delgada de óxido de zinc. Cuando hay humedad presente, el zinc reacciona con el agua, dando como resultado la formación de hidróxido de zinc. El producto final de la corrosión es el carbonato de zinc, que se forma del hidróxido que ha reaccionado con el dióxido de carbono del aire. El carbonato de zinc es una capa delgada, tenaz y estable (insoluble en agua) que brinda protección al zinc subyacente, y es la razón principal de su baja velocidad de corrosión en la mayoría de ambientes. Para mayor información sobre las capas que forma el zinc, recurrir a *GalvInfoNote 3.2*

Otros recubrimientos metálicos, como el aluminio, también brindan una buena barrera de protección para las panchas de acero. ¿Cuál es el caso con el aluminio? Similar al acero y al zinc, el aluminio reacciona en el aire formando una capa de óxido en la superficie. Sin embargo, opuesto al comportamiento del óxido de hierro, y similar a lo que sucede con el zinc, la capa de óxido de aluminio que se forma no se desprende y se mantiene intacta, adhiriéndose herméticamente la capa sobre la superficie de aluminio. Al prevenir la exposición del aluminio fresco al aire y a la humedad, la capa intacta evita la corrosión en el aluminio subyacente. Los restos de óxido se mantienen como una capa sólida no corrosiva.

Protección Galvaniza

El Segundo mecanismo de protección es la habilidad del zinc para proteger galvánicamente al acero. Cuando el acero base es expuesto, como en un borde cortado o una rayadura, el acero es católicamente protegido por el recubrimiento de zinc. Esto ocurre porque el zinc es más electronegativo (más reactivo) que el acero en la serie galvanica, como se muestra continuación,

Series Galvánicas de Metales y Aleaciones**Anódico - Final Corroído****(Electronegativo)**

Magnesio

Zinc

Aluminio

Cadmio

Hierro o Acero

Acero Inoxidable (activo)

Plomo

Estaño

Cobre

Oro

(Electropositivo)**Catódico o más noble-Final protegido**

Nota: Ninguno de estos metales y aleaciones se corroerán teóricamente al proteger cualquier otro que este mas abajo en la serie **mientras ambas formen parte de un circuito eléctrico**.

En la práctica, esto significa que el recubrimiento de zinc no será dañado por la herrumbre del acero porque el acero adyacente al recubrimiento de zinc no puede corroerse. Cualquier exposición del acero subyacente, debido a daño severo del recubrimiento o corte en el borde, no terminará en corrosión del acero hasta que zinc contiguo o adyacente sea consumido. A menos que áreas relativamente grandes de acero son expuestas, habrá un efecto mínimo en la vida útil del recubrimiento.

La distancia en la cual la protección galvanica del zinc es efectiva, depende del ambiente. Cuando está completa y continuamente humedecido, especialmente por un electrolito fuerte, como por ejemplo agua de mar, las zonas relativamente grandes de acero desnudo serán protegidas mientras que el zinc esté presente. En el aire, donde el electrolito es superficial o esta presente en forma discontinua (como la lluvia o rocío), áreas pequeñas del acero puro son protegidas. La "fuerza de desprendimiento" es nominalmente de 3.2 mm (0.125 pulgadas), aunque esto puede variar significativamente con el tipo de atmósfera.

Si el recubrimiento se consume. ¿Por que usarlo? En el caso del zinc, la velocidad de corrosión a la que es sometido mientras protege al acero, es considerablemente más baja que la del acero (al menos por un factor de 10). De esta manera, un recubrimiento de zinc puede proteger al acero por mucho tiempo. Por ejemplo, en una atmósfera rural, donde el número y la concentración de contaminantes en el aire es baja, el zinc se puede corroerse a una velocidad 1.0 $\mu\text{m/año}$ (0.04 mil/año), mientras que el acero de bajo carbono, en el mismo ambiente, puede ser corroído a una velocidad 10 veces más alta (10 $\mu\text{m/año}$ o 0.4 mil/año), o incluso superior. La razón principal de la baja velocidad de corrosión del zinc frente a la velocidad del acero, es que el zinc forma una capa protectora y adherente de óxido/carbonato sobre la superficie, similar a la película de óxido en la superficie del aluminio. Esta capa ayuda a prevenir el contacto entre el ambiente y el zinc puro, y la velocidad de corrosión se mantiene baja. Recuerde que el acero típicamente no forma una capa protectora, cuando la capa de óxido se agrieta o se quiebra, exponiendo el hierro puro al ambiente.

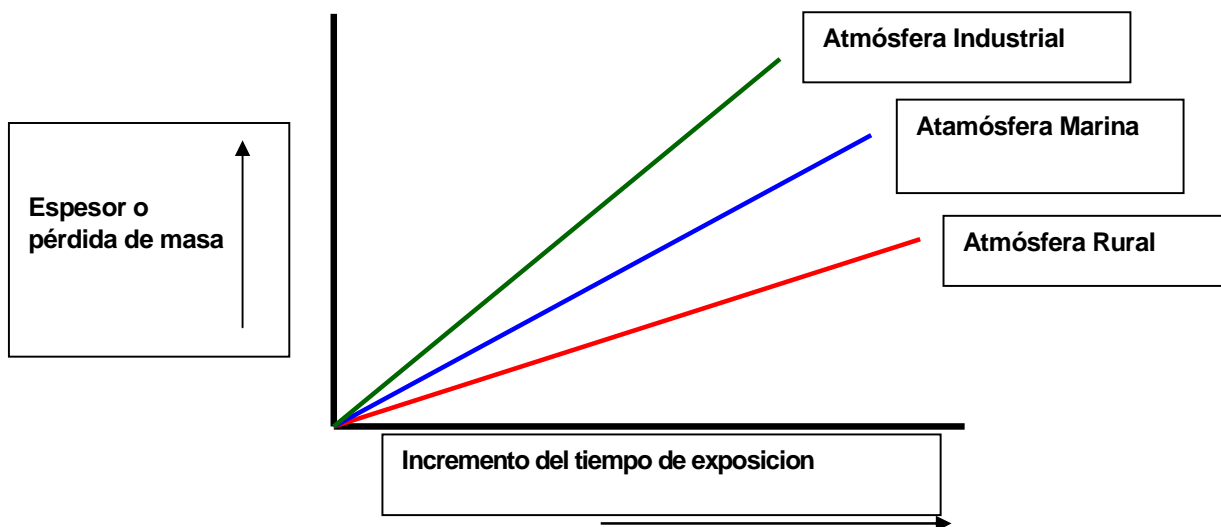
La capa que se forma en la superficie del zinc no es tan protectora como la capa de óxido de aluminio en la superficie de aluminio metálico. Una razón es que el óxido/carbonato de zinc es susceptible a la disolución si es que la humedad es suficientemente ácida. Esto es bueno y malo. Es bueno en el caso de que la capa de óxido fuese totalmente protectora, el zinc ya no brindaría protección galvánica a las zonas expuestas del acero. La corrosión del acero se producirá en los rasguños y otras superficies expuestas. El inconveniente es que la capa de óxidos de protección en una plancha galvanizada, es que el recubrimiento si se corroe y es consumido eventualmente.

Otros Recubrimientos Galvanicamente Protectores

Entre los productos de acero con recubrimientos metálicos disponibles comercialmente, el zinc (galvanizado) ofrece la mejor protección galvánica. Los recubrimientos de aleación de Zinc-5% aluminio se comportan similarmente con respecto al nivel de protección galvánica que brindan. Planchas de acero con recubrimiento de aleación 55% aluminio-zinc ofrecen una protección galvánica un tanto reducida frente a galvanizado o al recubrimiento de aleación Zn-5% aluminio. ¿Qué significa esto en cuanto al comportamiento relativo de estos productos?

Como la mayoría de cosas en la vida, todo tiene un precio. Galvánicamente los recubrimientos protectores son consumidos por la corrosión eventualmente. Es por esto que una plancha galvanizada tiene un periodo de vida definido; tiempo antes que se inicie la corrosión del acero. Así, la cantidad de zinc aplicada sobre el acero durante la producción, descrita como la masa (peso) de recubrimiento, es importante en la vida del producto. La masa (peso) de recubrimiento es expresada usando terminología como Z180 (G60), Z275 (G90), Z600 (G200) etc., según la norma ASTM A 653/A 653M. Z180 (G60) significa que la masa mínima (peso) de recubrimiento es 180 g/m^2 (0.60 oz/ft²), (total en ambos lados del recubrimiento). Esta masa (peso) de recubrimiento puede ser convertido a espesor; un recubrimiento de zinc Z180 (G60) es 0.014 mm (0.00055 in.) por cada lado de la plancha.

Para el recubrimiento galvanizado, la velocidad de corrosión es normalmente lineal en la mayoría de los ambientes, es decir, dos veces el espesor del recubrimiento se traduce como dos veces la vida útil. Por supuesto, diferentes ambientes son más o menos corrosivos que otros, por lo que la vida del recubrimiento varía considerablemente según el tipo de ambiente. Este comportamiento se muestra en la siguiente figura.



Estos tres tipos de atmósferas muestran diferentes velocidades de corrosión, pero el comportamiento es lineal. Por ejemplo, un recubrimiento Z275 (G90) demostrará una vida más larga en una atmósfera rural que en una atmósfera industrial contaminada, pero esta velocidad es lineal en ambos medios. Dos veces el espesor o la masa de recubrimiento proporcionarán dos veces la vida del recubrimiento.

Ahora, considere la posibilidad de la vida útil de un recubrimiento de aleación 55% Al-Zn, un producto que muestra claramente menos protección galvánica que un recubrimiento galvanizado. Un recubrimiento de aleación 55% Al-Zn, al tener una naturaleza menos galvánica, es menos reactivo, y como resultado, la vida de este producto recubierto es normalmente más larga comparado con un recubrimiento galvanizado grueso. Este comportamiento del recubrimiento de aleación 55% Al-Zn, es la razón por la cual se usa exitosamente en

aplicaciones de techado. Por supuesto, que hay aplicaciones donde la naturaleza altamente galvánica del zinc es necesaria. Además, existen ciertas consideraciones que se deben tener en cuenta cuando se elige un producto para una aplicación específica.

Vida del Recubrimiento Galvanizado en Diferentes Ambientes

Hemos establecido que el recubrimiento galvanizado protege al acero:

1. Por dos mecanismos –barrera de protección y protección galvanica, y
2. Por una velocidad lineal de corrosión para un ambiente específico, y
3. Para diferentes periodos de tiempo dependiendo del ambiente específico

¿Cuál es la vida del producto en una determinada aplicación? La respuesta es muy compleja. Hay libros escritos sobre estos temas. Dos referencias excelentes son:

Resistencia a la Corrosión del Zinc y Aleaciones de Zinc, de Frank C. Porter, published Marcel Decker, Inc., 1994

Corrosión y Electroquímica del Zinc, de Xiaoge Gregory Zhang, published by Plenum Press, 1996

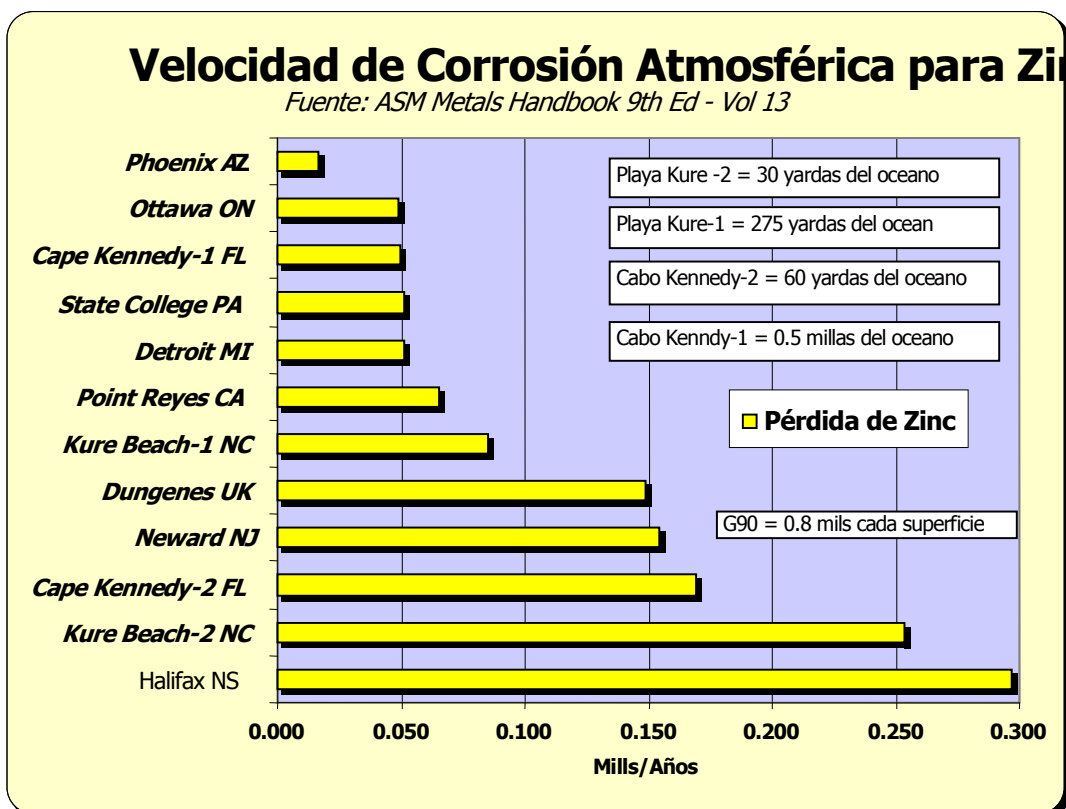
La siguiente tabla contiene una pequeña cantidad de datos recopilado en el libro por Frank Porter.

Localidad/Tipo de Ambiente	Velocidad de Corrosión , $\mu\text{m/año}$ para 5 años
<i>State College, PA/rural</i>	1.0
<i>South Bend, IN/semi-rural</i>	1.9
<i>Middletown, OH/semi-industrial</i>	1.3
<i>Kearny, NJ/Industrial-urban</i>	4.5
<i>Kure Beach, NC/marine</i>	1.1
<i>Daytona Beach, FL/marine</i>	1.8
<i>Montreal, Quebec/industrial-marine</i>	3.5
<i>Esquimalt, BC/rural-marine</i>	0.5
<i>Sheffield, Great Britain/industrial</i>	5.1

Estos datos son para exposición en la atmósfera. Hay muchas otras aplicaciones para planchas galvanizadas en las que la velocidad de corrosión puede ser diferente. Estas incluyen: contacto con agua, enterrado en suelos, en contacto con concreto, zonas protegidas en construcciones como aleros, conductos dentro de las construcciones, etc. Para cada una de estas y otras aplicaciones, el comportamiento frente a la corrosión depende de muchos aspectos específicos de la aplicación. Por ejemplo, cuando se usa en contacto con concreto. ¿Qué tan seguido se humedece la plancha galvanizada? Cuando se entierra. ¿Cuál es el pH y la impermeabilidad del suelo?, y el contenido de oxígeno, etc. Cuando se usa para conductos, el producto experimenta condensación periódicamente o de forma regular? ¿Existen contaminantes en el condensado? Muchas de estas preguntas son respondidas en los libros mencionados.

El siguiente gráfico ilustra el efecto del ambiente en la vida útil del galvanizado. Los climas marinos, ya sea tropical o templado, son muy agresivos. Observe que **Halifax** es más agresivo que las playas más cercas en Carolina del Norte y Florida. Esto es debido a los altos periodos de humedad en **Halifax**, lo cual produce un ambiente salino mucho más corrosivo. Se puede ver que las localidades del interior tienen de tres a cinco veces más de vida útil que las que están ubicadas cerca al océano.

Tener en presente que la velocidad de corrosión en Arizona es muy baja. Esto es resultado de un clima árido. La falta de humedad no permite la formación de celdas o pilas de corrosión.



Resumen

Se espera que esta explicación ayude a aclarar algunas inquietudes relacionadas al comportamiento frente a la corrosión de los recubrimientos de productos de plancha de acero recubierto. Este campo de la tecnología tiene muchos aspectos que no se pueden explicar en un breve artículo. Si usted tiene mas dudas referente a este extenso tema, por favor contactarse con el Centro de *GalvInfo*. Para mayor información sobre la selección de tipos de recubrimientos y designaciones, recurrir a *GalvInfoNote 1.6*

Copyright © 2007 – ILZRO

Renuncia de responsabilidad:

Los artículos, reportes de investigación y datos técnicos se proveen únicamente con fines informativos. Aunque quienes los publican intentan proveer información precisa y actual, la Organización Internacional de Investigación del Zinc y el Plomo no garantiza los resultados de la investigación o información reportada en esta comunicación y renuncia a cualquier responsabilidad por daños que surjan de confiar en los resultados de las investigaciones u otra información contenida en esta comunicación, incluyendo, sin limitación, daños incidentales o consecuencias.