



# Una alternativa ecológica en el recubrimiento de materiales mediante el uso de convertidores de óxidos aplicados en probetas de acero 1010 expuestas en ambiente salino

J. Axotla García<sup>(1)</sup>, O. García León<sup>(1)</sup>, M. Pineda Becerril<sup>(1)</sup>, A. Aguilar Márquez<sup>(1)</sup>, F. León Rodríguez<sup>(2)</sup>

(1) Dpto. de Matemáticas. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM  
jc\_axotla@fesc.cuautitlan2.unam.mx

(2) Dpto. de Química. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM  
fridam@unam.mx

---

*Se han desarrollado diversas formulaciones de pinturas con propiedades anticorrosivas para evitar la degradación de los materiales metálicos. Las formulaciones anticorrosivas fundamentalmente contenían compuestos de plomo o de cromo hexavalente que contaminaban el medio ambiente y representaban un riesgo para la salud humana. Hoy en día las normativas en diferentes países exigen el uso de recubrimientos anticorrosivos de baja toxicidad y que se cumpla con los límites permitidos de emisión de los compuestos orgánicos volátiles.*

*La protección anticorrosiva de los aceros pintados se puede lograr si se forma una barrera impermeable, lo que es factible alcanzar con una capa gruesa de recubrimiento, la cual puede representar altos costos. Esta protección, también se puede alcanzar con el uso de pigmentos inhibidores de la corrosión, y también mediante un tratamiento químico de la superficie previo a la aplicación de la pintura.*

*Los convertidores de óxidos, son formulaciones químicas que se aplican en el metal para transformar a óxidos los elementos presentes en la superficie, a fin de lograr la pasivación del material, eliminando la posibilidad de un ataque futuro después de la aplicación de un recubrimiento*

*En el presente trabajo se evalúa el desempeño que tiene el alcohol isopropílico y una combinación al 50% de alcohol isopropílico con alcohol terbutílico, como vehículo para la formación de convertidores de óxidos mediante el uso de los ácidos tánico y fosfórico a diferentes concentraciones, los cuales fueron aplicados a probetas de prueba de un acero normalizado SAE 1010 limpiadas mediante un proceso de arenado (sandblast), hasta metal blanco (grado A Sa 2 ½ de la norma SIS 05 59 00). Se utilizó una cámara de niebla salina donde las probetas permanecieron durante 1000 horas. Los resultados obtenidos en las probetas de prueba demuestran la acción que tienen los tratamientos sobre la superficie de los materiales evaluando el grado y densidad de ampollamiento, el porcentaje de oxidación, el avance o crecimiento de la corrosión y la adherencia como una medida de las propiedades físicas de los recubrimientos. Se concluyó que la mezcla del alcohol isopropílico y terbutílico como disolvente para una concentración alta de ácido tánico y fosforico funcionan mejor como convertidores de óxidos.*

---

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad se desarrollan diversas formulaciones de pinturas con propiedades anticorrosivas para evitar la degradación de los materiales metálicos. Las formulaciones anticorrosivas fundamentalmente contenían compuestos de plomo o de cromo hexavalente que contaminaban el medio ambiente y representaban un riesgo para la salud humana. Hoy en día las normativas en diferentes países exigen el uso de recubrimientos anticorrosivos de baja toxicidad y que se cumpla con los límites permitidos de emisión de los compuestos orgánicos volátiles. Debido a lo anterior en el campo de la protección de los metales, la investigación se ha desarrollado en dos vertientes: sustituir los pigmentos inhibidores de la corrosión que son tóxicos y sustituir los solventes<sup>1</sup>. La protección anticorrosiva de los

aceros pintados se puede lograr si se forma una barrera impermeable, lo que es factible alcanzar con una capa gruesa de recubrimiento, la cual puede representar altos costos. Esta protección, también se puede alcanzar con el uso de pigmentos inhibidores de la corrosión<sup>2,3,4</sup>, y también mediante un tratamiento químico de la superficie previo a la aplicación de la pintura. Numerosos esfuerzos y trabajo de investigación se han realizado desde 1970, utilizando zinc, pirofosfato y tripolifosfato de zinc para reemplazar los cromatos y se han desarrollado diversos tratamientos para aplicar a la superficie antes del pintado, conocidos como primarios (primer). Dentro de estos tratamientos primarios podemos citar a los convertidores de óxidos. Los convertidores de óxidos<sup>5,6,7</sup>, son formulaciones químicas que se aplican en el metal para transformar a óxidos los elementos presentes en la superficie, a fin de lograr la pasivación<sup>8</sup> del material, eliminando la posibilidad de un ataque futuro después de la aplicación de un recubrimiento. El presente trabajo de investigación se centrará en la evaluación de diferentes formulaciones realizadas a partir de los ácidos fosfóricos y tánicos con diferentes solventes como tratamientos primarios aplicados a probetas de acero 1010. A probetas tratadas con estas formulaciones químicas y sin tratar se les aplicó un esquema de pintado y se colocaron en una cámara de niebla salina. Se evaluó el porcentaje de oxidación, ampollamiento y adherencia en cada una de las probetas a fin de determinar si el tratamiento químico es eficiente, es decir si se consigue mediante la transformación de los óxidos presentes en la superficie del metal formar una película pasivante que proteja al material del medio.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

Se utilizaron probetas de acero normalizado SAE 1010, se rectificaron y se limpiaron mediante un proceso de arenado a metal blanco grado A Sa 2 ½, de acuerdo a la norma SSPC-SP-5-63, para eliminar totalmente las cascarillas de laminación, óxidos, pintura y materias extrañas.

Posteriormente se sometieron a un proceso de corrosión hasta alcanzar un grado C, de acuerdo a la norma SIS 05 59 00, una vez alcanzada esta corrosión se limpiaron y fueron pintadas con seis diferentes formulaciones de convertidores de óxidos. Con alcohol isopropílico; Tratamiento 1.- 153grs/9.3ml ácido tánico-fosfórico, Tratamiento 2.- 2.27grs/9.3ml ácido tánico-fosfórico, Tratamiento 3.- 4.55grs/9.3ml ácido tánico-fosfórico. Con mezcla de alcoholes isopropílico y terbutílico. Tratamiento 4.- 153grs/9.3ml ácido tánico-fosfórico, Tratamiento 5.- 2.27grs/9.3ml ácido tánico-fosfórico, Tratamiento 6.- 4.55grs/9.3ml ácido tánico-fosfórico. El proceso de pintado con estos convertidores de óxidos fue de forma completamente al azar para evitar que los resultados sean contaminados por efectos de variables inconvenientes desconocidas que puedan salir de control durante el experimento. Se dejaron secar durante suficiente tiempo para que los convertidores de óxidos reaccionaran con el metal y formaran los óxidos en la superficie.

Posteriormente se limpiaron y fueron pintadas con dos manos de un recubrimiento A con pintura vinil-acrílica y recubrimiento B con pintura de poliuretano. Se les hizo a todas las probetas una hendidura como lo marca la norma ASTM D1654-92 antes de colocarlas en la cámara de niebla salina, inmediatamente fueron puestas a 45 grados en la cámara durante 1000 horas, donde se ocupó una solución salina disolviendo 5 partes de cloruro de sodio en 95 partes de agua, conforme a la norma ASTM B117-94, para simular un ambiente salino como situación crítica.

## **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **3.1. Evaluación del ampollamiento**

Recubrimiento A. Al comparar las probetas de prueba a las que se les aplicó el tratamiento 1 con las que se les aplicó el 4, se observó que el grado de ampollamiento y densidad, fue menor en las probetas que tenían el tratamiento 4. En lo que respecta a las probetas con el tratamiento 2 y 5, se sigue observando menor grado y densidad de ampollamiento para las tratadas con el tratamiento 5. La comparación entre las probetas de prueba con el tratamiento 3 y el 6, dieron resultados similares de densidad y grados de ampollamiento,

aun cuando se observa ligeramente menor ampollamiento en las probetas tratadas con el tratamiento 6.

Recubrimiento B Comparando las probetas tratadas con el tratamiento 1 y 4, se observa un mayor grado de ampollamiento en las probetas con el tratamiento 1, aunque es muy poca la diferencia. También observa que las probetas con el tratamiento 2 presentaron menor grado de ampollamiento que las que tenían el tratamiento 5, pero debe señalarse que el grado de ampollamiento fue muy pequeño en estos dos tratamientos. En la comparación del tratamiento 3 con el 6, se observa que las probetas a las que se les aplicó el tratamiento 3 son las que presentan menor grado de ampollamiento y densidad.

### **3.2. Evaluación de la oxidación.**

Recubrimiento A. Para el tratamiento 1 se observa un mayor porcentaje de corrosión sobre las probetas de prueba en comparación con las sometidas al tratamiento 4. De la misma forma se observa que para el tratamiento 2, el porcentaje de oxidación disminuye, pero aumenta en el caso del tratamiento 5, de un 33% a un 50%. Al comparar el tratamiento 3 con el 6 se encontró que el porcentaje de oxidación aumentó de un 33% a un 50% en las probetas de prueba.

Recubrimiento B. Al comparar el tratamiento 1 con el 4, se observa que las probetas de prueba con el tratamiento 1, mostraron un mayor porcentaje de oxidación que las del tratamiento 4. Comparando las probetas a las que se les aplicó el tratamiento 2, con las que se les aplicó el 5, se observa que el porcentaje de oxidación es mayor en el tratamiento 2 que en el 5, pero en ambos, existe una disminución de oxidación en comparación con los tratamientos 1 y 4. Se observa para las probetas a las que se les aplicó el tratamiento 3 y 6, que el porcentaje de oxidación disminuyó hasta un 16% y se comportó de la misma forma en ambos casos.

### **3.3. Evaluación del avance de la corrosión.**

Después de mil horas de prueba, solo para las probetas cubiertas con el tratamiento 3, pintadas con el recubrimiento B, el avance de la corrosión fue ligeramente menor en comparación al mostrado con todos los otros tratamientos, pero aún así en todas las probetas observadas podemos decir que para mil horas de prueba en cámara salina, el avance de la corrosión fue por arriba del 75% de acuerdo con la norma ASTM D1654-92, como lo marca en los métodos de evaluación.

### **3.4. Evaluación de la adherencia.**

Recubrimiento A. Para las probetas con tratamiento 1, el porcentaje de desprendimiento se encuentra entre 35 y 65%, este es ligeramente mayor en comparación con el tratamiento 4. En cuanto a las probetas con tratamiento 2 hubo mayor desprendimiento de película que las que tenían el tratamiento 5. El porcentaje de desprendimiento se vio disminuido en las probetas que tenían el tratamiento 3, en comparación con las que se les aplicó el 6.

Recubrimiento B. Podemos observar que para los tratamientos 2 y 5, el porcentaje de desprendimiento aumenta de manera considerable.

## **4. CONCLUSIONES**

Tomando en cuenta las evaluaciones que se hicieron en base a las normas ASTM D714-87, ASTM D610-95, ASTM D1654-92 y ASTM3359-95 se puede concluir que las diversas formulaciones de los convertidores de óxidos pueden modificar la resistencia a la oxidación, la velocidad de corrosión, el ampollamiento que sufren los recubrimientos metálicos y el comportamiento de las propiedades de adhesión de éstos sobre los sustratos metálicos. Los ácidos tánico y fosfórico al ser disueltos en una mezcla de alcoholes isopropílico con terbutílico, mostraron mejores resultados como inhibidores de la corrosión. Las formulaciones de convertidores que contenían solo alcohol isopropílico, mostraron menor eficiencia como pasivadores, y solo cuando la concentración de ácido tánico fue aumentando, mostraron mejor posibilidad de protección. Con base en los resultados,

podemos concluir que las propiedades que tienen los ácidos tánico y fosfórico como pasivadores en el acero 1010, dependerá en gran medida de las concentraciones que se utilicen, así como también de la mezcla de alcohol isopropílico y terbutílico que se formule.

De la misma forma cabe hacer mención que el tiempo de reacción de los convertidores de óxidos es un factor importante para lograr la pasivación del material. En el presente estudio se determinó que los convertidores que contienen la composición de 4.55 grs. de ácido tánico con 9.2 ml de ácido fosfórico disueltos en la mezcla 50-50 de alcohol isopropílico con alcohol terbutílico son los que funcionan mejor en la protección de las probetas de acero 1010.

## 5. REFERENCIAS

- [1] A.N. Nigam, R.P. Tripathi and K. Dhoot. (1990). The effect of phosphoric acid on rust studied by mössbauer spectroscopy. *Corrosion Science* . 30 8/9 p. 799.
- [2] Bilurbina Alter L. Liesa Mestres F. Iribarren Laco J.I. *Corrosión y Protección*, Ediciones UPC. España, 2000.
- [3] C. A. Barrero, L. M. Ocampo, y C. E. Arroyave. (2001). Possible improvements in the action of some rust converters. *Corrosion Science*. 43. p1003.
- [4] C.A. Barrero, Ph.D. Thesis, University of Gent, Belgium, 1997
- [5] E. Almeida, D. Pereira, J. Waerenborgh, J.M.P. Cabral, M.O. Figueiredo, V.M.M. Lobo and M. Morcillo. (1993). Surface treatment of rusted steel with phosphoric acid solutions: a study using physico-chemical methods. *Progress in Organic Coatings*. 21 p. 327.
- [6] E. Almeida, D. Pereira, M.O. Figueiredo, V.M.M. Lobo and M. Morcillo. (1997). The influence of the interfacial conditions on rust conversion by phosphoric acid. *Corrosion Science*. 39 9 p. 1561.
- [7] J. Gust and J. Bobrowicz. (1993), Sealing and anti-corrosive action of tannin rust converters. *Corrosion (Houston)* 49, Issue 1 ,p 24.