

# **Construcción de un sistema para determinar la corrosión atmosférica basada en la exposición de alambre de acero sobre tubo de cobre y su uso para caracterizar la corrosión de distintas zonas de Cuernavaca Morelos.**

Pablo Fierro, Sebastián García, Adolfo Méndez, Andrés Morales  
Colegio Marymount  
Estrella del Norte #6 Col. Rancho Tetela, Fax: 311-42-77, E-Mail:  
marymount@marymount.edu.mx

## **Resumen**

La corrosión es un fenómeno electroquímico la cual causa el desgaste de los metales. Con la utilización del prototipo “alambre sobre tornillo” comprobamos que en Cuernavaca hay corrosión de tipo C3. El prototipo está diseñado para medir la corrosión y este lo conforma un tubo de cobre al cual se le enrolla un alambre de acero para que se pudiera dar el caso de corrosión galvánica. Uno se hace cátodo, el tubo, y el otro ánodo, el alambre. El ánodo es el que se oxida por su pérdida de electrones y pierde peso. Esa pérdida de peso la medimos después de tres meses de exposición a la intemperie. Para la medición utilizamos una fórmula empírica, la cual quiere decir que se logró llevar a cabo por prueba y error. Con los resultados de la fórmula fue posible clasificar las muestras por su tipo de corrosión y con eso concluimos que en las cuatro zonas donde fue expuesto el prototipo hay corrosión moderada-severa.

## **Introducción**

La corrosión es el desgaste de metales debido a una reacción química. Lo que provoca la corrosión es un flujo eléctrico masivo generado por las diferencias químicas entre las piezas implicadas<sup>1</sup>. La corrosión es un fenómeno electroquímico, esto quiere decir que se forma un cátodo y un ánodo. Una corriente de electrones se establece cuando existe una diferencia de potenciales entre un punto y otro. Cuando desde una especie química migran electrones hacia otra especie, se dice que la especie que los emite se comporta como un ánodo y se lleva a cabo la oxidación, y aquella que los recibe se comporta como un cátodo y en ella se lleva a cabo la reducción. Este par de metales constituye la llamada pila galvánica, en donde la especie que se oxida (ánodo) cede sus electrones y la especie que se reduce (cátodo) acepta electrones<sup>2</sup>.

En nuestro experimento veremos la corrosión galvánica que es la más común de todas y se establece cuando dos metales distintos entre sí actúan como ánodo uno de ellos y el otro como cátodo. Aquel que tenga el potencial de reducción más negativo procederá como una oxidación y viceversa aquel metal o especie química que exhiba un potencial de reducción más positivo procederá como una reducción. Este par de metales constituye la llamada pila galvánica. Siempre que la corrosión esté originada por una reacción electroquímica (oxidación), la velocidad a la que tiene lugar dependerá en alguna medida de la temperatura, de la salinidad del fluido en contacto con el metal y de las propiedades de los metales en cuestión<sup>3</sup>.

De todas las formas de corrosión, la atmosférica es la que produce mayor cantidad de daños en el material y en mayor proporción. Grandes cantidades de metal de automóviles, puentes o edificios están expuestas a la atmósfera y por lo mismo se ven atacados por oxígeno y agua. La severidad de esta clase de corrosión se incrementa cuando la sal, los compuestos de sulfuro y otros contaminantes atmosféricos están presentes.

### Antecedentes

Para nuestro proyecto, utilizamos el cobre y el acero ya que son dos de los metales más usados del planeta. Aplicamos una técnica denominada “alambre sobre tornillo”, y consta de enrollar el alambre de acero alrededor del tubo de cobre para que se pueda desarrollar la corrosión galvánica. Por la diferencia química que hay entre el cobre y el acero, se forma un cátodo, el cobre, y el otro ánodo, el acero. Esta técnica ya ha sido utilizada por nuestro asesor y descrita en su libro: *Corrosión y Protección de Metales en las Atmósferas de Iberoamérica*<sup>5</sup> pero con la diferencia de que él utilizó para los cables: aluminio, zinc galvanizado y fierro; y para los tubos: cobre, plástico y acero.



Figura 1. De izquierda a derecha, tubo de plástico, cobre y acero; y los cables de aluminio, zinc galvanizado y fierro. Utilizados por el Dr. Uruchurtu



Figura 2. Técnica de alambre sobre tornillo donde el tubo es de cobre y el alambre es de acero, el sistema utilizado para este proyecto.

Alumnos de nuestro colegio ya habían hecho un trabajo similar: *Evaluación de la corrosión atmosférica en cinco sitios de Cuernavaca*<sup>4</sup>. A diferencia del nuestro, los compañeros analizaron placas de aluminio y utilizaron la Ley de Faraday para obtener resultados y así aplicarlos a la misma fórmula empírica que utilizaremos. Con esos datos, ellas comprobaron la existencia de corrosión atmosférica para luego catalogarla.

La técnica que utilizaremos de “alambre sobre tornillo” fue planteada por nuestro asesor, el Dr. Uruchurtu, y tiene la ventaja de reducir el tiempo que se debe esperar para la obtención de datos de corrosión comparándolo con la técnica que generalmente se usa para medir la corrosión que es la técnica con laminas de aluminio. Con tres meses de exposición de nuestro prototipo se obtienen los mismos resultados que de un año de exposición de la otra técnica. Los compañeros de nuestro colegio no necesitaron de un año- aunque utilizaron la técnica de placas de aluminio- porque ellas obtenían datos midiendo cada semana la diferencia de cargas que tenían los metales.

## Objetivos

- Construir un prototipo capaz de medir la corrosión atmosférica, como el que se aprecia en la Figura 2, de un tubo de cobre de 20 cm con un alambre de fierro enrollado a presión.
- Evaluar la agresividad atmosférica en los materiales metálicos en diferentes aéreas de Cuernavaca, usando un modelo de alambre sobre tornillo, desarrollado por nuestro asesor.
- Comprobar la efectividad comparándola con los resultados obtenidos por nuestro asesor en sus propios experimentos que hizo como se puede apreciar en la Imagen 1, de la técnica alambre sobre tornillo para determinar la agresividad atmosférica.
- Hacer un mapa de isolineales de corrosividad atmosférica, juntando los datos de experimentos anteriores mencionados en antecedentes.

## Metodología

- *Equipo instrumental:*

Tubo de cobre 2.5 m de diámetro de 1 pulgada de ancho.

Alambre de acero suave 15 m, 3 mm de espesor.

24 cinturones de plástico para apretar los alambres al tubo de cobre.

Lijas de 600 para limpiar al alambre al haber transcurrido los 3 meses.

Balanza analítica para pesar los metales antes y después del experimento.

Solución de ácido para limpiar los alambres al haber transcurrido 90 días.

4 tablas de madera de 30 cm por 15 cm, en las que se harán 3 agujeros de 1 pulgada donde se colocarán los tubos de cobre.

Debemos pesar los alambres de metal, para poder notar los cambios en las características del alambre y las nuevas propiedades que adquirió.

Desarrollamos la técnica alambre sobre tornillo gracias a la ayuda del doctor Uruchurtu. Esta técnica la formamos como se puede apreciar en la figura 1. Esta consta de una tabla de madera de una pulgada y media con un área de 10 por 40 cm. En esta perforamos 3 círculos en cada una de un diámetro de una pulgada y media y sobre ellos pusimos un tubo de cobre con un diámetro de una pulgada, en el cual enrollamos lo más pegado posible al tubo, un alambre de acero de 10 metros de largo y para asegurarlos a la perfección. Cada una de las 4 muestras de las maderas con los tubos fue colocada en las azoteas de cada casa donde los integrantes del equipo vive, se puede apreciar en la Imagen 3. Estas fueron colocadas a 30 grados de inclinación y viendo hacia el sur, ya que con estas especificaciones, se obtiene la mayor cantidad de luz solar lo que propicia a tener mejores resultados, debido a que sufre con mayor frecuencia cambios de temperatura. Recordemos que factores como el sol, lluvia, humedad afectan más a los metales y como resultado la corrosión es más rápida.

Una vez que hayan pasado los tres meses de exposición, el alambre se va a retirar del tubo de cobre y con una solución de limpieza de productos de corrosión se va a limpiar para poderlo pesar. Conforme a la pérdida de peso se le va aplicar una fórmula ya predeterminada y con el resultado se podrá clasificar conforme a la cantidad de corrosión que cada alambre obtendrá.

- *Secuencia en imágenes del procedimiento( explicada en el párrafo anterior)*



*Solución de limpieza de productos de corrosión:*

- 500 ml. Acido clorhídrico
- 3.5 gr hexametilmetril

Ó

- 200 gr citrato de amonio
- 1 L agua destilada
- (esta fue la utilizada)

*Fórmula:*

- $Y = A + Bx$ , donde x es la pérdida de peso en gramos del alambre en porcentaje. Hay que mencionar que x no puede ser cero ya que siempre se va a ver pérdida de peso. A y B son valores ya predeterminados por Doyle y Wright <sup>6</sup>, imagen anexa 1.

*Clasificación de valores de corrosión: (en resultados de la fórmula)*

- 0-2 = insignificante
- >2-5= moderada
- >5-10= moderada severa
- >10-20= severa
- >20= muy severa

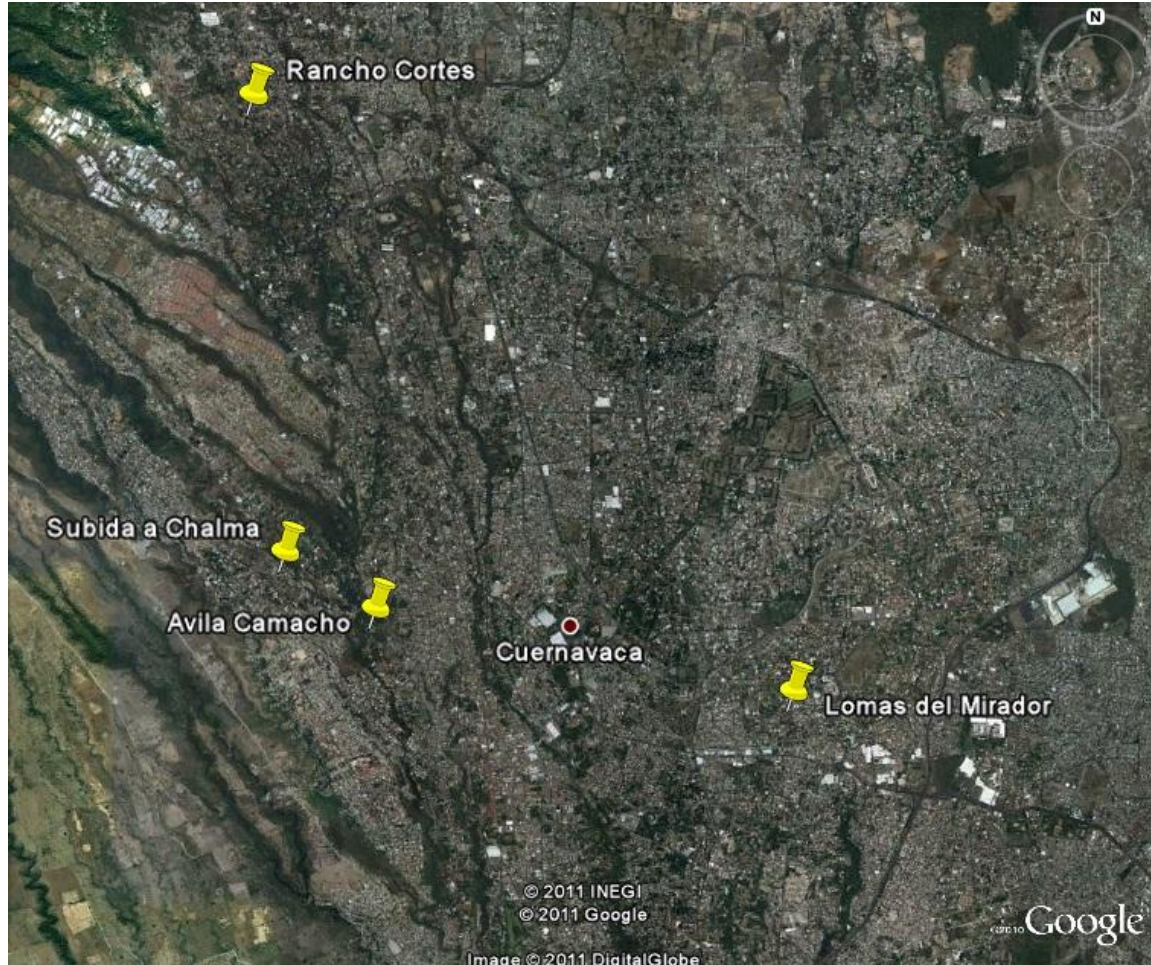


Imagen 3. Zonas donde se expusieron los prototipos.

## **Resultados y Discusión**

Las tablas mostradas muestran los resultados que obtuvimos por medio de la exposición de la técnica alambre sobre tornillo después de 90 días. Numeramos los alambres y utilizamos la solución de 200 gr de amonio con un litro de agua destilada. Con esto limpiamos varias veces y pesándolo cada vez que salía de la solución hasta que nos dio un peso fijo en la báscula.

**Prototipo expuesto en Subida a Chalma**

<b>Alambre</b>	<b>Peso original (gr)</b>	<b>Peso actual (gr)</b>	<b>Formula <math>Y=A+Bx</math> <i>m/año</i></b>	<b>Categoría de corrosión</b>
Alambre 1	102.93	102	7.12	Moderada severa
Alambre 2	102.94	102.03	7.11	Moderada severa
Alambre 3	102.94	102.04	7.11	Moderada severa

**Prototipo expuesto en Ávila Camacho**

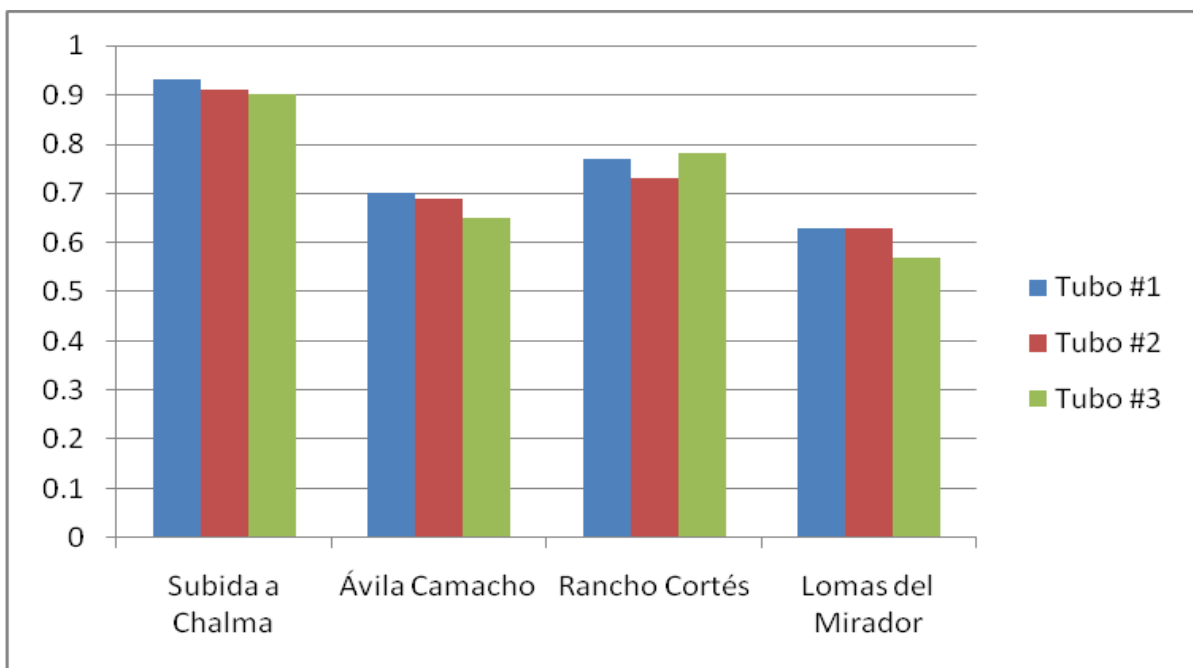
<b>Tubos</b>	<b>Peso original (gr)</b>	<b>Peso actual (gr)</b>	<b>Formula <math>Y=A+Bx</math> <i>m/año</i></b>	<b>Categoría de corrosión</b>
Alambre 1	102.83	102.13	7.12	Moderada severa
Alambre 2	102.85	102.16	7.11	Moderada severa
Alambre 3	102.77	102.12	7.11	Moderada severa

**Prototipo expuesto en Rancho Cortes**

<b>Tubos</b>	<b>Peso original (gr)</b>	<b>Peso actual (gr)</b>	<b>Formula <math>Y=A+Bx</math> <i>m/año</i></b>	<b>Categoría de corrosión</b>
Alambre 1	102.77	102	7.12	Moderada severa
Alambre 2	102.71	101.98	7.12	Moderada severa
Alambre 3	102.83	102.05	7.11	Moderada severa

**Prototipo expuesto en Lomas del Mirador**

<b>Tubos</b>	<b>Peso original (gr)</b>	<b>Peso actual (gr)</b>	<b>Formula <math>Y=A+Bx</math> <i>m/año</i></b>	<b>Categoría de corrosión</b>
Alambre 1	102.86	102.23	7.11	Moderada severa
Alambre 2	102.89	102.26	7.11	Moderada severa
Alambre 3	102.92	102.35	7.11	Moderada severa



## Conclusiones

Con los resultados que obtuvimos por medio de la exposición del prototipo alambre sobre tornillo por tres meses, concluimos que en las zonas expuestas hay una corrosión atmosférica moderada-severa o C3 por medio de la Norma ISO utilizando la fórmula empírica usada de Doyle y Wright, sin ningún tipo de variación. Realizando la prueba t con un nivel de significancia de 5% (95 % de confiabilidad) no hay ninguna diferencia importante en las zonas bajo estudio.

## Bibliografía

<sup>1</sup> Autor anónimo, *Tipos de Corrosión*, <http://www.textoscientificos.com/quimica/corrosion/tipos>, consultada el martes 15 de febrero, 2011. Página confiable ya que nuestro asesor nos la recomendó.

<sup>2</sup>Corrosión, <http://es.wikipedia.org/wiki/Corrosión>, consultada el martes 15 de febrero del 2011.

<sup>3</sup> Clasificación de ambientes de intemperie para protección anticorrosiva, Autor Anónimo, Iberdrola, noviembre de 1994, consultada en:[http://www2.iberdrola.es/DIEFI/928Norm.nsf/0/855512426c296420c125686b005a6ba/\\$FILE/00-06-51\(1-0\)nw.pdf](http://www2.iberdrola.es/DIEFI/928Norm.nsf/0/855512426c296420c125686b005a6ba/$FILE/00-06-51(1-0)nw.pdf)

<sup>4</sup>*EVALUACIÓN DE LA CORROSION ATMOSFERICA EN CINCO SITIOS DE CUERNAVACA*, Cecilia Altschuler, Pamela Rodríguez, Paulina Sosa y Anna Zisa, reporte final del curso de Metodología de la Investigación 2010,

Colegio Marymount, consultada en [www.acmor.org.mx/reportes\\_marymount.php](http://www.acmor.org.mx/reportes_marymount.php), el 20 de febrero 2011

<sup>5</sup> Morcillo, M., Almeida, E. Rosales, B., Uruchurtu, J., Marrocos, M(1999) *Corrosión y protección de metales en las atmósferas de Iberoamérica parte 1*, CYTED-Madrid, España

<sup>6</sup> *EVALUATION OF THE ATMOSPHERIC CORROSION OF A RURAL AND INDUSTRIAL AREAS OF CUERNAVACA USING THE WIRE AND BOLT CLIMAT METHOD*, M. Ruiz, J. Uruchurtu, Universidad Autónoma del Estado de Morelos-CIICAp, 2001.