



Identificación del Trabajo	
Área:	Medio ambiente, contingencias y desarrollo sustentable
Categoría:	Alumno
Regional:	Rosario

Empleo de la Norma ASTM G50-10 y la Norma ISO 9223 para la Medición de la Corrosión Atmosférica en dos Zonas con Diferentes Características de Contaminación

Ma. Constanza GIGLIO, Pamela E. MAJORANO, Ma. Victoria DONADELLO, Lucía M. POLITO

Grupo de Estudio Sobre Energía y Medio Ambiente (G.E.S.E) (Zeballos 1346, Rosario), Facultad Regional Rosario, UTN

E-mail de autores: mgiglio@frro.utn.edu.ar, pmajorano@frro.utn.edu.ar, mdonadello@frro.utn.edu.ar, lpolito@frro.utn.edu.ar

El presente trabajo ha sido realizado bajo la supervisión del Ing. Leonardo C. Ferrari y la Ing. Mabel A. Dupuy en el marco del proyecto “Estudio Comparativo de la Corrosión Atmosférica sobre Muestras de Acero al Carbono entre una Zona Urbana y una Industrial” el cual está siendo llevado a cabo por el G.E.S.E de la UTN – FRRo. (2016 – 2019)

Resumen

Este trabajo muestra un estudio comparativo de la corrosión atmosférica existente entre una zona urbana y una industrial sobre cupones de acero al carbono, mediante el empleo de la Norma ASTM G50-10 (2015) y la Norma ISO 9223 (2012).

Se describe el armado de las estaciones de monitoreo, la preparación de los cupones que serán expuestos a distintos niveles de contaminación atmosférica y el tratamiento posterior de los mismos para evaluar comparativamente los efectos de la corrosión. Cada estación de monitoreo permanece cuatro años en cada zona, y cada cuatro meses se extraen tres cupones para su análisis.

Mediante los resultados de un cuatrimestre de mediciones y proyectando el ritmo de corrosión obtenido a un año de duración, se observó que el correspondiente a la zona industrial resulta cuatro veces superior al de la zona urbana, mostrando indicios de la diferencia de agresividad atmosférica sobre los materiales entre ambos lugares.

Palabras Claves: corrosión; acero al carbono; zona urbana; zona industrial

1. Introducción

El presente proyecto está siendo llevado a cabo por el Grupo de Estudio Sobre Energía y Medio Ambiente (G.E.S.E) de la Universidad Tecnológica Facultad Regional Rosario. El mismo es un proyecto de investigación homologado de 48 meses de duración, cuya finalización se prevé para fines del año 2019.

El objetivo que se propone es medir la corrosión atmosférica, mediante el empleo de la Norma ASTM G50-10 (2015) y la Norma ISO 9223 (2012) en dos zonas con clima y geografía similar pero con distintos niveles de contaminación en el aire respirable, una corresponde a una zona urbana y la otra a una zona industrial.

Existe una importante cantidad de estudios de corrosión realizados en distintas partes del mundo, a partir de los cuales se establece que aproximadamente el 50 % de las pérdidas por corrosión se deben a la corrosión atmosférica. Como antecedente más completo en el ámbito nacional, se cita la tarea de investigación realizada por el Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas de las Fuerzas Armadas (CITEFA) (Vilche J., et. al. 1995 y 1997). Entre 1970 y 1989 se desarrolló la infraestructura necesaria para efectuar estudios de corrosión atmosférica en la Argentina. Se construyeron estaciones para ensayos a la intemperie con distintas características obteniéndose el Mapa de Corrosión Atmosférica del país. No obstante, en nuestro medio, es decir Rosario y zona de influencia, no se registran antecedentes cercanos de los efectos de la corrosión atmosférica sobre testigos de acero al carbono. De aquí la importancia de realizar este tipo de estudios, el cual aportará información al Mapa de Corrosión Atmosférica del país en zonas que no se dispone de valores de referencia y por lo tanto los resultados obtenidos serán originales.

El efecto que provoca la corrosión sobre los materiales es la degradación de los mismos, que a través de los años puede destruirlos si no se los protege con algún tratamiento en la superficie expuesta. Las muestras a utilizar serán de acero al carbono, material extensamente utilizado para la construcción de bienes en general. Por lo tanto, mediante el presente trabajo además se espera aportar información útil para ser considerada por constructores y usuarios de materiales aplicados a la fabricación de bienes.

Para poder realizar la medición de la corrosión se instalaron dos estaciones, una en cada zona, las cuales consisten en una estructura de bastidores y la colocación de cupones de acero al carbono los que serán sometidos a estudio. Los ensayos de corrosión atmosférica sobre metales se encuentran definidos en el marco de la Norma ASTM G50-10, la cual detalla los procedimientos para evaluar la resistencia a la corrosión de distintos metales cuando se exponen a la intemperie.

Las estaciones de monitoreo permanecerán instaladas durante 4 años en ambas zonas. Cada cuatro meses se retirarán tres cupones de cada una para su posterior análisis. En este informe se presenta el análisis de los resultados obtenidos durante el primer cuatrimestre de estudio.

La medición de la corrosión que presenta tanto la zona urbana como la industrial, nos permite determinar la categoría de corrosividad de cada zona según lo establecido por la Norma ISO 9223 (2012), de acuerdo a lo que se muestra en la Tabla I. De esta manera podemos comparar el nivel de agresividad atmosférica sobre los materiales entre ambas zonas.

Tabla I. Categorías de Corrosividad, según Norma ISO 9223 (2012)

Categoría de Corrosividad		Velocidad de Corrosión (r_{corr})	
		Unidad	Acero al Carbono
C1	Muy Baja	g/m ² .año	$r_{corr} \leq 10$
		µm/año	$r_{corr} \leq 1,3$
C2	Baja	g/m ² .año	$10 < r_{corr} \leq 200$
		µm/año	$1,3 < r_{corr} \leq 25$
C3	Mediana	g/m ² .año	$200 < r_{corr} \leq 400$
		µm/año	$25 < r_{corr} \leq 50$
C4	Alta	g/m ² .año	$400 < r_{corr} \leq 650$
		µm/año	$50 < r_{corr} \leq 80$
C5	Muy Alta	g/m ² .año	$650 < r_{corr} \leq 1500$
		µm/año	$80 < r_{corr} \leq 200$
CX	Extrema	g/m ² .año	$1500 < r_{corr} \leq 5500$
		µm/año	$200 < r_{corr} \leq 700$

2. Metodología

A continuación, se describe la metodología del armado de las estaciones de monitoreo de corrosión, la cual comprende el armado de los bastidores y la preparación y colocación de los cupones de corrosión en los mismos. Luego se detalla donde se instalaron dichas estaciones, y el tratamiento que reciben los cupones cumplido su periodo de exposición.

2.1 Armado de los bastidores

Para el armado de los bastidores en primer lugar se ensamblaron las patas laterales izquierdas con la barra transversal formando un ángulo de 33° con la horizontal (ángulo aproximadamente igual a la latitud a la cual se encuentran ubicadas las localidades donde se colocaron las muestras), tal como lo exige la Norma ASTM G50-10 (2015). A ésta última se montaron cinco barras roscadas, las que seguidamente se ensamblaron a la barra transversal derecha junto con sus correspondientes patas. Luego se montaron dos barras que unen cada par de patas y se ajustó la estructura. Los ensambles se realizaron mediante tornillos, tuercas y arandelas.

En la Figura 1 y Figura 2 se puede observar la estructura de los mismos con sus correspondientes medidas.

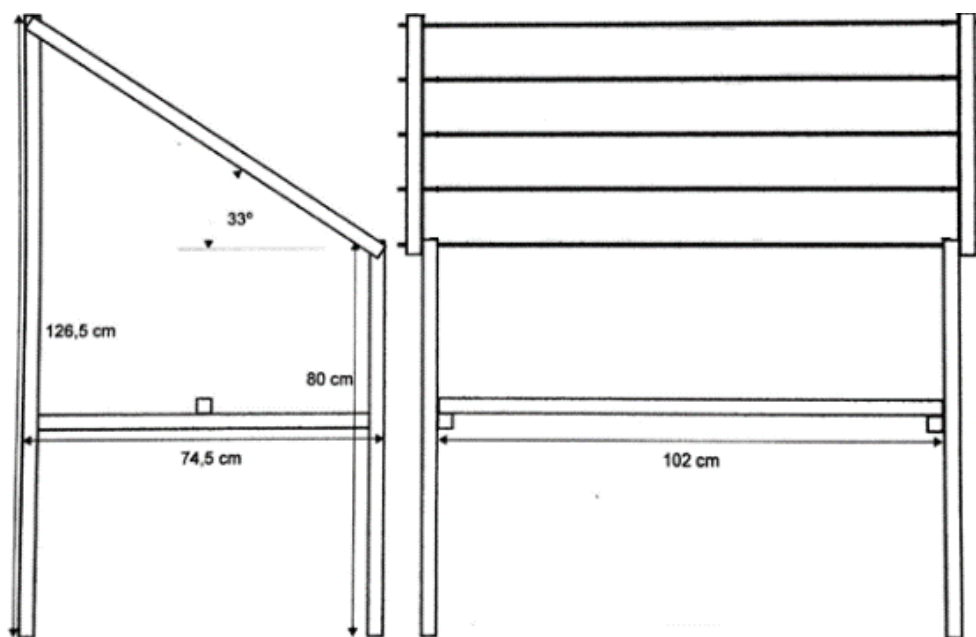


Figura 1. Estructura de los bastidores

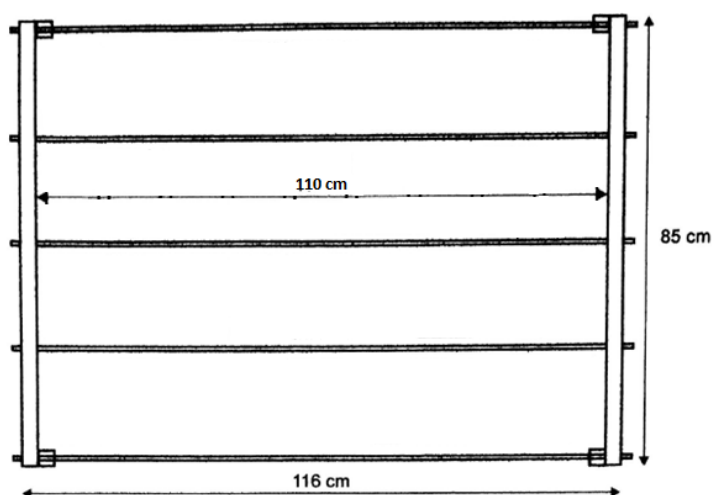


Figura 2. Estructura de los bastidores

2.2 Preparación de los cupones de corrosión

Los cupones de corrosión son piezas rectangulares de acero al carbono cuyas dimensiones son 10 x 15 cm y de 1mm de espesor. La preparación de los mismos, previo a su colocación en los bastidores, consistió en la limpieza, pesada, identificación y perforación según lo establecido en la Norma ASTM G1-03 (2011), como se detalla a continuación.

En cuanto a la limpieza, en primer lugar, se desengrasaron ambas caras de los cupones con detergente y agua. Luego, se secaron con toallas de papel evitando dejar residuos y se dispusieron intercalados con papel aluminio para que exista una capa de aire entre los mismos. Posteriormente se procedió al secado en estufa a una temperatura igual a 107°C durante un día. Al cabo del mismo, se colocaron en un

dsecador durante otras 24 horas. De esta manera, los cupones se encontraron listos para efectuar su pesada a la centésima de gramo.

Seguidamente, a cada cupón se le colocó un precinto identificatorio que posee cinco dígitos, donde los dos primeros indican la estación de monitoreo a la que pertenece y el resto el período al que corresponde. Para protegerlos de la humedad ambiente hasta el momento de su colocación en los bastidores se empaquetaron con papel film.

Finalmente, para colocarlos en los bastidores, los mismos se perforaron como se muestra en la Figura 3. Las perforaciones superiores no se realizaron de manera simétrica con el objetivo de facilitar la identificación de la cara superior e inferior durante la instalación.



Figura 3. Cupón de corrosión perforado

2.3 Armado de las estaciones de monitoreo de corrosión

Para el armado de las estaciones de monitoreo se sujetaron los cupones a los bastidores mediante precinto plástico tal como se indica en la Figura 4. Los cupones se dispusieron de forma tal que la perforación superiores más alejada del borde quedara del lado izquierdo.

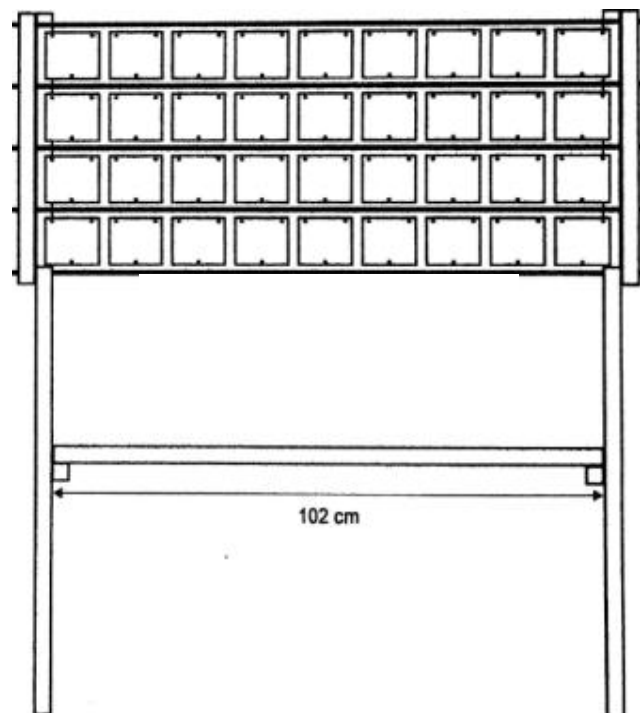


Figura 4. Estación de monitoreo (bastidor y cupones)

Se tomó por conveniencia que los períodos de monitoreo comiencen en la esquina superior izquierda y el período más lejano esté dispuesto en la esquina inferior derecha. Además, a cada cupón se le asocio una letra y un número para indicar la posición ocupada en el bastidor como se muestra en la Figura 5.

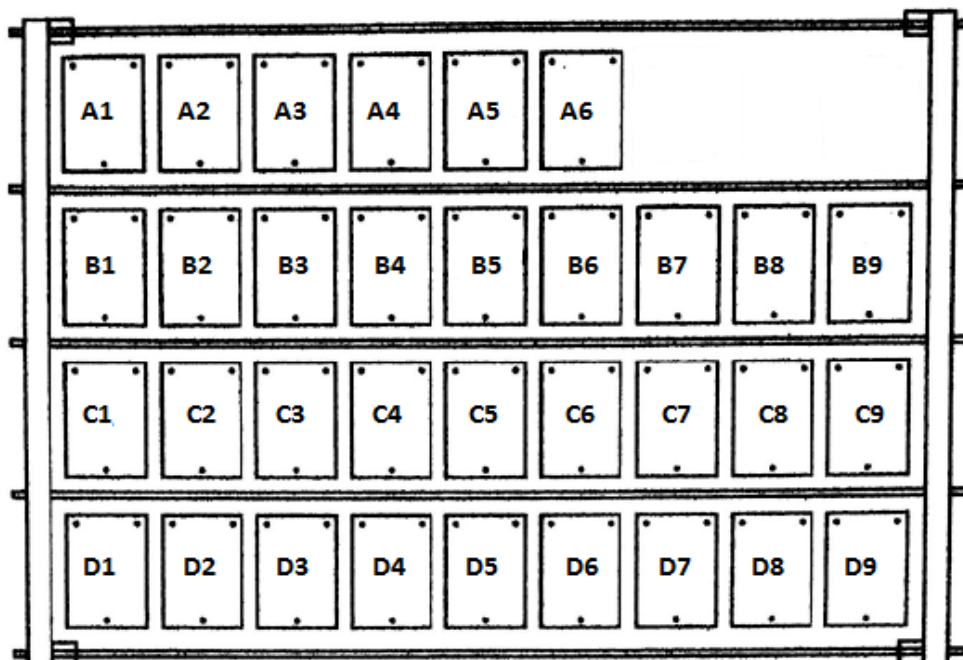


Figura 5. Disposición de cupones en el bastidor, con letra y número

2.4 Instalación de las estaciones de monitoreo de corrosión

Los sitios de ubicación de las estaciones de monitoreo se evaluaron teniendo en cuenta las características que la Norma ASTM G50 –10 (2015) establece, las cuales son: lugares limpios, bien drenados, zonas en las cuales los cupones se vean sometidos a todos los efectos atmosféricos, sin incidencia de sombras de árboles, edificios o estructuras, ni afectadas por el acceso continuo de personas.

El día 23 de mayo de 2016 se instalaron las estaciones de monitoreo, una en una zona urbana y la otra en una zona industrial. La primera se instaló en la terraza del edificio Anexo de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario, ubicado en la calle Zeballos 1346 de la ciudad de Rosario (zona urbana). La segunda estación, se instaló en la terraza de las oficinas de la empresa Brayco, ubicada en la intersección de las rutas nacionales N° A012 y N° 11, en la ciudad de San Lorenzo (zona industrial). Se instalaron teniendo en cuenta que las caras superiores de los cupones apunten hacia el norte y se fijaron correctamente al suelo en ambos sitios, ya que deberán permanecer allí durante 4 años.

Una vez comenzado el periodo de monitoreo, se procedió al registro de todas las variables relacionadas con la corrosión atmosférica en una hoja de datos, de acuerdo con las especificaciones establecidas en la Norma ASTM G92-86 (2015) y Norma G33-99 (2010), las cuales son: código del cupón, posición en el bastidor, masa inicial, fecha de inicio y de retiro de los mismos y período de exposición. También se registraron las condiciones climáticas a las cuales se encontraron afectadas las muestras metálicas por periodo, como ser temperatura y humedad ambiente, presión atmosférica y precipitaciones.

2.5 Tratamiento de los cupones de corrosión

Cada cuatro meses se retiran grupos de tres cupones para su posterior análisis.

En primer lugar, se efectúa un registro fotográfico de los mismos tal cual se retiran de los bastidores y se procede a la observación en el microscopio.

Seguidamente se procede a la limpieza de los mismos de acuerdo a lo establecido en la Norma ASTM G1-03 (2011). Ésta consiste, en principio, de un lavado químico con una solución de hidróxido de sodio y zinc metálico. Los cupones se sumergen en esta solución durante aproximadamente cuarenta minutos, a una temperatura entre 80°C y 90°C. Posteriormente se aplica un procedimiento mecánico, utilizando un cepillo de cerdas luego de un lavado con agua y detergente. Finalmente se secan en un desecador y se pesan nuevamente. Esto se repite hasta que la pesada arroje un valor constante. Se registra dicho valor.

2.6 Cálculo de la pérdida de masa por unidad de área y velocidad de corrosión de los cupones

La pérdida de masa por unidad de área que sufrió cada cupón, como consecuencia de la corrosión, se calculó a partir de la siguiente expresión:

$$M_a = \frac{M_1}{A} \quad (1)$$

Donde:

M_a = pérdida de masa por unidad de área [g/m^2]

M_1 = masa perdida [g]

A = superficie expuesta [m^2]

La velocidad de corrosión se determinó empleando las ecuaciones (2) y (3):

- Velocidad de corrosión 1:

$$C_1 = \frac{(8,76 \times 10^7) * M_1}{a * t * d} \quad (2)$$

Donde:

C_1 = velocidad de corrosión [$\mu\text{m}/\text{año}$]

M_1 = pérdida de masa [g]

a = área [cm^2]

t = tiempo [h]

d = densidad [g/cm^3] (en el caso del acero al carbono es $7,86 \text{ g}/\text{cm}^3$)

- Velocidad de corrosión 2:

$$C_2 = \frac{(1 \times 10^4 * d) * M_1}{a * t * d} \quad (3)$$

Donde:

C_2 = velocidad de corrosión [$\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{año}$]

M_1 = pérdida de masa [g]

a = área [cm^2]

t = tiempo [h]

d = densidad [g/cm^3]

3. Resultados

El primer grupo de muestras expuestas se retiró para su posterior estudio el día 23 de septiembre de 2016, cumpliendo con un tiempo de exposición de cuatro meses.

En la Tabla II y Tabla III se muestran los resultados obtenidos durante el primer cuatrimestre, correspondientes a los cupones de posiciones A1, A2, A3, ubicados en la zona industrial y en la zona urbana respectivamente. Durante el periodo de muestreo, se registró en promedio: temperatura ambiente de 11°C, presión de 1021 hPa, 60 mm de precipitaciones y 77 % de humedad.

Tabla II. Resultados ensayos de corrosión, Estación San Lorenzo (Zona industrial)

Resultados Estación San Lorenzo - Periodo Mayo a Septiembre de 2016				
ID Cupón	Posición	Pérdida de masa por unidad de área	Velocidad de Corrosión Proyectada	
		g/m ²	µm/año	g/m ² .año
15101	A1	141,69	53,5	420,5
15102	A2	176,44	66,6	523,6
15103	A3	157,06	59,3	466,1

Tabla III. Resultados ensayos de corrosión, Estación UTN Rosario (Zona urbana)

Resultados Estación UTN Rosario - Periodo Mayo a Septiembre de 2016				
ID Cupón	Posición	Pérdida de masa por unidad de área	Velocidad de Corrosión Proyectada	
		g/m ²	µm/año	g/m ² .año
12701	A1	39,43	14,9	117,0
12702	A2	35,42	13,4	105,1
12703	A3	38,76	14,6	115,0

4. Discusión

Comparando las velocidades de corrosión obtenidas en ambos sitios durante el primer cuatrimestre de monitoreo observamos que las correspondientes a la Estación San Lorenzo, ubicada en una zona industrial, resultan cuatro veces superiores a las de la Estación UTN, situada en una zona urbana.

En las Tablas II y III que anteceden, la columna de Velocidad de Corrosión se confeccionó proyectando el ritmo de corrosión obtenido para el primer cuatrimestre a un año de duración. Si se mantuviese ese ritmo de pérdida de masa al cabo de un año completo de estudio, la zona industrial analizada se clasificaría dentro de la categoría de corrosividad C4 (alta corrosividad) de acuerdo con las especificaciones de la Norma ISO 9223 (2012), en comparación con la zona urbana céntrica de la ciudad de Rosario bajo estudio, cuya atmósfera se clasificaría dentro la categoría C2 (baja corrosividad).

Puesto que la corrosión atmosférica es un fenómeno que se da en los materiales que están expuestos a la intemperie y considerando dos sitios con clima y geografía similar, la misma está influenciada por la concentración de gases

contaminantes, vapores, aerosoles, partículas y otros agentes oxidantes que se encuentran presentes en el aire.

Respecto a los sitios elegidos, las diferencias entre ambas zonas, consisten en el predominio de fuentes móviles de contaminación del aire en la zona urbana y la multiplicidad de fuentes fijas de emisión, además de la gran cantidad de vehículos de carga circulantes en la zona industrial. Por ello es de esperar que, en los ambientes industriales, como en el sitio de San Lorenzo, la corrosión atmosférica sea superior que en aquellos que poseen muy poca contaminación ambiental como es la ciudad de Rosario (Andrés D. A., et.al. 2018).

5. Conclusión

Para sacar conclusiones definitivas respecto de la clasificación de la agresividad atmosférica de acuerdo con la Norma ISO 9223 (2012), será necesario evaluar los resultados del estudio completo, de acuerdo con los tiempos de vigencia del presente proyecto de investigación. Sin embargo, los resultados posteriores a los correspondientes al periodo mostrado en este trabajo (los cuales actualmente están siendo analizados con mayor nivel de detalle) corroboran la diferencia de agresividad atmosférica existente sobre el material ensayado entre las zonas urbana e industrial analizadas.

Reconocimientos

Sobre la base del aporte al trabajo final presentado, se desea reconocer a los Ingenieros Andrés, Ferrero, Mackler, Ferrari y Dupuy.

Bibliografía

Andrés, D. A., Ferrero, E. J.; Ferrari, L.C. y Dupuy, M. A. (2018). "Estudio Comparativo de la Corrosión Atmosférica en una Zona Urbana y una Industrial". Revista Ingeniería Sanitaria y Ambiental. ISSN 0328-2937. Edición n° 134.

Vilche J., Varela F., Acuña G., Codaro E., Rosales B., Fernández A., Moriena G. (1995). "A survey of Argentinean Atmospheric Corrosion: I - Aluminium and Zinc Samples" Corrosion Science, Vol. 37, N° 6, 941 - 961 Elsevier Science Ltd.

Vilche J., Varela F., Acuña G., Codaro E., Rosales B., Fernández A., Moriena G. (1997) "A Survey of Argentinean Atmospheric Corrosion: II - Copper Samples", Corrosion Science, Vol. 39, N° 4, 655 – 679 Elsevier Science Ltd.

Norma ASTM G50-10 (2015). "Standard Practice for Conducting Atmospheric Corrosion Tests on Metals".

Norma ASTM G1-03 (2011). "Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens".

Norma ASTM G92-86 (2015). "Standard Practice for Characterization of Atmospheric Test Sites".

Norma ASTM G33-99 (2010). "Standard Practice for Recording Data from Atmospheric corrosion Tests of Metallic-Coated Steel Specimens".