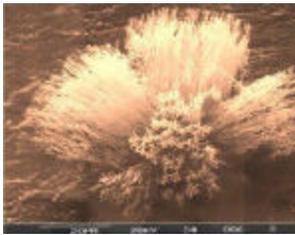


# Cabina de investigación de corrosión para la industria electrónica en interiores

Juan F. Flores Preciado, Benjamín Valdez Salas, Miguel W. Schorr  
Instituto de Ingeniería, Laboratorio de Corrosión y Materiales.  
Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali.  
jffp\_uabc@hotmail.com



## RESUMEN

*Los problemas de corrosión en componentes y equipos electrónicos en la industria electrónica de Mexicali, son ocasionados por la interacción de los factores climáticos y ambientales con los componentes electrónicos, presentes en el interior de las plantas industriales. Se diseñó y construyó una cabina para simular las condiciones del interior de planta y monitorear el comportamiento de los metales utilizados en la fabricación de componentes electrónicos: plata, cobre, acero al carbono, estaño y níquel. El diseño de la cabina sigue los lineamientos establecidos en el proyecto Iberoamericano TROPICORR-CYTED.*

## PALABRAS CLAVES

Corrosión, componentes electrónicos, TROPICORR-CYTED, contaminantes ambientales, condiciones interiores.

## ABSTRACT

*Electronic components and devices, produced by the electronics industry in the city of Mexicali, present severe corrosion damage. Due to the interaction between the metallic components, the climatic factors and the environment contaminants. A cabinet was designed to study the behavior of the metals used in the manufacture of electronic devices: silver, copper, steel, tin and nickel. The cabinet was designed in order to simulate the indoor conditions of the electronics industry following the rules of the Iberoamerica TROPICORR-CYTED project.*

## KEY WORDS

Corrosion, electronics components, TROPICORR-CYTED, environmental contaminants, indoor conditions.

## INTRODUCCIÓN

El estudio de la corrosión de componentes electrónicos en interiores ha tomado importancia en varias zonas del país como Mexicali, Baja California, debido a problemas de manufactura ocasionados por corrosión en maquiladoras de la ciudad. Extensas zonas en el interior de plantas industriales no disponen ni de equipos de remoción de contaminantes: ácido sulfhídrico ( $H_2S$ ), polvo, bióxido de azufre ( $SO_2$ ),

iones cloruro (Cl), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), ni de equipos de aire acondicionado que controlen la humedad del ambiente.

Los contaminantes que ingresan a las plantas se depositan sobre los componentes electrónicos, su higroscopicidad permite la absorción de humedad del ambiente, formándose un electrolito que facilita el proceso de corrosión. Incluso a baja humedad, el  $\text{H}_2\text{S}$  y el  $\text{SO}_2$  provocan la sulfuración de plata y cobre originando problemas de soldabilidad.<sup>1-3</sup>

Para investigar este problema de corrosión, se diseñó y construyó un sistema para monitorear el comportamiento de metales utilizados en la fabricación de componentes electrónicos: plata, cobre, acero al carbono, estaño y níquel, expuestos dentro de una cabina que permite la entrada de contaminantes y humedad como en un planta industrial.

Este artículo analiza los factores que provocan la corrosión de los componentes electrónicos en interiores de plantas industriales, y las características de la cabina.

## CORROSIÓN EN EQUIPOS ELECTRÓNICOS

La corrosión es la reacción de un metal o de una aleación con el medio y sus factores reactivos teniendo como consecuencia su deterioro o destrucción<sup>(4)</sup>. En el equipo electrónico, la corrosión es definida como el deterioro de los componentes metálicos, resultado de una reacción con su ambiente. Gases corrosivos y vapor de agua, en contacto con los metales provocan el crecimiento de varios productos de la reacción química. A medida que la reacción química continúa, estos productos de corrosión forman capas insolubles sobre los circuitos produciendo fallas como cortos circuitos, picaduras, grietas y pérdida de masa del metal. Los contaminantes atmosféricos aceleran la corrosión a través de su acción sobre la conductividad eléctrica del proceso catódico y anódico.<sup>5</sup>

Diseños actuales de equipos electrónicos requieren del uso de una gran cantidad de componentes y un rápido procesamiento de señales, resultando en componentes más pequeños y espaciamentos reducidos, así como elementos metálicos muy delgados. Niveles extremadamente

pequeños de contaminantes presentes en el ambiente donde se manufacturan estos equipos provocan problemas de corrosión.<sup>5</sup>

Problemas de corrosión comunes en la manufactura de equipo electrónico son: la sulfuración de plata y cobre, el crecimiento de filamentos y cristales de sulfuro de plata y corrosión en recubrimientos metálicos. La figura 1 muestra un soporte de plata utilizado en la manufactura de microchips con productos de sulfuración que disminuyen la adherencia de la soldadura. Las zonas oscuras presentan sulfuros como productos de corrosión.<sup>1</sup>



Fig. 1. Soporte de plata con problemas de sulfuración.

La plata es muy sensible a la presencia de  $\text{H}_2\text{S}$  y  $\text{SO}_2$ , formando sulfuro de plata ( $\text{Ag}_2\text{S}$ ) en la superficie al reaccionar con  $\text{H}_2\text{S}$  presente en el ambiente, incluso en concentraciones menores a 1ppm. Estos contaminantes provenientes de emanaciones industriales y de los gases de escape de automóviles penetran a las plantas de manufactura<sup>(6)</sup>. Cuando hay una capa de  $\text{Ag}_2\text{S}$  suficientemente gruesa y una temperatura adecuada, comienza un proceso de crecimiento de pequeños filamentos de  $\text{Ag}_2\text{S}$ . Tal es el caso de filamentos de  $\text{Ag}_2\text{S}$  que provocan un sobrecalentamiento de un conector de plata. Los filamentos crecen en áreas expuestas al  $\text{H}_2\text{S}$  generando un aumento en la resistencia eléctrica del elemento originando sobrecalentamiento, interrupción en el flujo de la corriente y al final se produce una falla (figura 2).

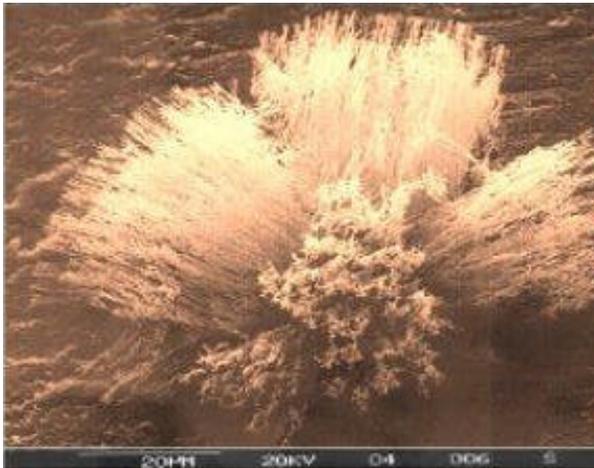


Fig. 2 Barbas de sulfuro de plata en conector.

También el cobre es susceptible a este fenómeno originando sulfuro de cobre ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ). Algunos componentes electrónicos son recubiertos en sus terminales con un mejor conductor como la plata pero si el recubrimiento presenta defectos, el vapor de agua y compuestos corrosivos penetran hacia el metal base ocasionando corrosión y desprendiendo el recubrimiento.<sup>2</sup>

### ACCIÓN DE LOS CONTAMINANTES EN EL INTERIOR DE PLANTAS INDUSTRIALES

Los contaminantes y factores ambientales como la humedad, penetran a distintas zonas de plantas industriales (área de almacenaje, embarque y producción) por ventanillas y puertas. El ambiente corrosivo que se forma afecta a los metales con los que se manufacturan los componentes y equipos electrónicos.

La presencia de humedad es crucial para inducir corrosión. La naturaleza electroquímica del proceso de corrosión implica la presencia de un electrolito proveniente de la atmósfera. La difusión del oxígeno proveniente del aire disuelto y de contaminantes a través de la capa acuosa es el factor que controla la velocidad de corrosión.<sup>7</sup> El electrolito formado por la humedad presente en el ambiente es un promotor de la reacción electroquímica; también proporciona una mayor velocidad de absorción de contaminantes y aumenta la corrosividad del electrolito.<sup>7-9</sup>

La velocidad de corrosión aumenta con la temperatura, por el incremento de la energía de

activación de las reacciones químicas y electroquímicas acrecentando la velocidad de difusión en el electrolito.<sup>9</sup> Como resultado de los procesos de dilatación térmica que experimentan los metales ante los cambios cíclicos de temperatura, los óxidos que los recubren se rompen y desprenden. Así, una nueva superficie desnuda y activa se pondrá en contacto con el ambiente provocando una pérdida de masa.<sup>7</sup>

La sulfuración del cobre por acción del  $\text{H}_2\text{S}$  y  $\text{SO}_2$  ocurre incluso a baja humedad. El níquel en ambientes con ligera contaminación sufre poca corrosión visible; la intensidad de corrosión se determina por el contenido de dióxido de azufre y humedad.

En la superficie del acero, aparecen óxidos y otros productos de corrosión en forma espontánea. El acero tiene una capacidad de protección limitada y es muy sensible a la humedad y al dióxido de azufre.

La velocidad de corrosión de la plata en interiores y en exteriores está severamente afectada por la presencia de iones cloruro,  $\text{H}_2\text{S}$  y  $\text{SO}_2$ . Los  $\text{NO}_x$  aceleran el proceso de corrosión de la plata. El estaño rápidamente se cubre con una capa de óxido con buenas propiedades de protección, pero el contenido de cloro y cloruros en la atmósfera, ataca la capa pasiva y se incrementa la velocidad de corrosión, especialmente en combinación con una alta humedad<sup>(10)</sup>. En presencia de humedad iones cloruros reaccionan rápidamente con el cobre, estaño, plata y acero<sup>(6)</sup>. Incluso en concentraciones muy bajas en el ambiente, estos gases corrosivos penetran la capa pasiva de ciertos metales y generan corrosión. Las partículas de polvo provocan un fuerte decaimiento de la resistencia a la corrosión de los metales por su adherencia en la superficie y su capacidad de absorber agua y ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Estas partículas contienen contaminantes adheridos como cloruros, que rompen la capa pasiva que protege la superficie iniciando procesos de corrosión.<sup>7</sup>

### CABINA DE SIMULACIÓN

Identificada la relevancia de estudiar la corrosión en ambientes interiores de la industria electrónica, se diseñó y construyó un sistema para monitorear el comportamiento de metales utilizados en la fabricación de componentes electrónicos expuestos

dentro de una cabina, a la presencia de contaminantes atmosféricos y humedad, lo cual se realiza sin necesidad de trasladarnos a las fábricas para colocar las probetas de estudio.

Según sus dimensiones, (figura 3) y el material utilizado en su construcción (aluminio de 1/8 de pulgada), la cabina es un equipo liviano y de fácil manejo.

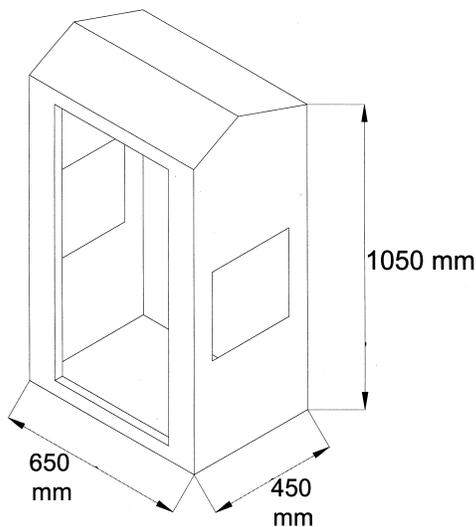


Fig. 3. Dimensiones de la cabina de simulación.



Fig. 4. Cabina de simulación de condiciones de interiores.

Zonas que no cuentan con sistemas de filtración y purificación del aire interior, son críticas por la presencia de compuestos corrosivos provenientes de la atmósfera, que ingresan por ventanillas y puertas. La cabina cuenta con ventanillas en las paredes laterales que permiten la entrada de gases corrosivos y vapor de agua y al no contar con sistemas de remoción de contaminantes, se crea un ambiente corrosivo similar al de las plantas industriales (figura 4).

Para el diseño del sistema, se consultaron las normas de la European Telecommunication Standard ETS 300 019 - 1-0, 1-3, que señalan las características de un sistema de estudio de ambientes donde se maneje equipo electrónico y de telecomunicaciones que no cuentan con equipos de control de temperatura, humedad y contaminantes.

La tabla 1 presenta el equipamiento presente en el interior de la cabina para el monitoreo de contaminantes y factores climáticos, así como el funcionamiento de cada dispositivo. Otros

Tabla 1. Equipamiento para monitoreo de contaminantes y factores climáticos en la cabina.

DISPOSITIVO (Estandar)	OBJETIVO	FUNCIONAMIENTO
Termohigrógrafo	Medición de temperatura y humedad en el interior de la cabina.	Registra la temperatura y humedad relativa en unas hojas especiales fijadas en un tambor accionado por un sistema de relojería.
Plato de Sulfatación.ISO 9225-1992 Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Measurement of pollution, (Sulfation plate).	Medición del SO <sub>2</sub> presente en la cabina.	Exposición de una pasta de bióxido de plomo contenido en una caja de Petri de área conocida. El SO <sub>2</sub> reacciona con el bióxido de plomo para formar sulfato de plomo. <sup>12</sup>
Vela húmeda.ISO 9225 - 1992 Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Measurement of pollution, (Wet candle).	Determinación de cloruros en la cabina	Se recubre una superficie de área conocida con una gasa quirúrgica, inmersa en una solución fijadora de cloruros.La cantidad de cloruros depositados es determinada por análisis químico. <sup>12</sup>

contaminantes como los  $\text{NO}_x$  y polvo serán proporcionados por estaciones de monitoreo ambiental cercanas a las cabinas.

En el estado de Baja California se instalaron dos cabinas; una en Mexicali (ambiente urbano-industrial) y otra en Ensenada (ambiente marino). La Figura 5 muestra la cabina instalada en Mexicali, en la azotea del Instituto de Ingeniería de Universidad Autónoma de Baja California. Como se observa no existen restricciones para el flujo libre de aire del exterior, se distingue en la parte inferior el termohidrógrafo y en la superior las probetas de estudio.

### CONCLUSIONES

- Con la construcción e instalación de las cabinas de simulación en el estado de Baja California, se inicia un proyecto Iberoamericano que permitirá llevar a cabo una caracterización del ambiente que genera productos de corrosión en metales utilizados en la manufactura de componentes electrónicos, que han sido expuestos dentro de la cabina que por sus características simula las condiciones interiores de una planta industrial.
- Las probetas de estudio están expuestas en el interior a corrientes de aire, humedad y contaminantes ambientales que circulan a través de las ventanillas instaladas con rejillas y malla para impedir la entrada de agua de lluvia o de basura.
- Las cabinas están equipadas con una base para la colocación de equipo de medición de factores climáticos y de contaminantes, por ejemplo un termohidrógrafo para la medición de humedad y temperatura, una vela húmeda para la medición de cloruros y platos de sulfatación para la medición de sulfuros presentes en el interior de la cabina (Tabla I). Otros datos ambientales y meteorológicos serán proporcionados por estaciones meteorológicas de las ciudades donde se colocaron las cabinas.

### REFERENCIAS

1. B.Valdéz, N.Rosas G., M. Carrillo B.,A. Botello L., J. Sampedro G., L.Veleva M., II NACE Mexican Section Corrosion Congress, Simposium 4. Corrosión de Plata en la Industria Electrónica. México 2002.
2. J.F. Flores. Desarrollo de una Cabina para el Estudio de la Corrosión de Metales Utilizados en la Industria Electrónica a Condiciones de Interiores. Tesis de licenciatura en Ingeniería Mecánica. Universidad Autónoma de Baja California. México, 2003.
3. A.Ortíz – Prado, R. Schouwenaars y S.M. Cerrud – Sánchez. Metodología para la simulación acelerada del deterioro que por corrosión atmosférica se presenta en equipo electrónico. México, Ingeniería Vol.III – No. 4 2002, pp 145-156.
4. Labaria Mariaca Rodríguez, Joan Genescá Llongueras, Jorge Uruchurtu Chavarin, Luis Salvador Hernández. “Corrosión atmosférica (MICAT – México)” México, Plaza y Valdez Editores. 1999.
5. ASM Handbook Vol. 13 Corrosion. USA 1998.
6. Bella H. Chudnovsky, D.L. Swindler, J.R. Thompson. Silver Corrosion and Whiskers Growth on Power Contacts in Industrial Atmosphere of Pulp and Paper Plants. IEEE USA, 2001.
7. Juan Reyes Trujeque. Influencia de los principales factores climáticos y de la calidad del aire sobre la corrosión atmosférica de los metales en la costa sureste del golfo de México. México, Tesis de maestría en la Universidad Veracruzana. Julio 1999.
8. Sebastián Feliu/ Manuel Morcillo. Corrosión y protección de los metales en la atmósfera. España Ediciones Bellaterra, S.A. 1982.
9. Editor J.R. Davis,. Corrosion Understanding the basics. E.U.A. ASM International. 2000.