

## ENSAYOS PRELIMINARES PARA LA DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL CLORURO FÉRRICO <sup>1</sup>

Matías G. Krujoski<sup>2</sup>, Jorge A. Olsson<sup>3</sup>, María C. Zaccaro<sup>4</sup>, Lea V. Santiago<sup>5</sup>,  
José A. Posluszny<sup>6</sup>, Víctor H. Kurtz<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Trabajo de Investigación, Proyecto del Programa de Incentivos Código 16I142

<sup>2</sup> Integrante de Proyecto, Estudiante de Ingeniería Electrónica, matiaskrujoski@gmail.com

<sup>3</sup> Integrante de Proyecto, Ingeniero Electricista, jorgealbertoolsson@gmail.com

<sup>4</sup> Integrante de Proyecto, Lic. en Ciencias Químicas, zaccaro@fio.unam.edu.ar

<sup>5</sup> Integrante de Proyecto, Técnica Laboratorista, lea.santiago@gmail.com

<sup>6</sup> Integrante de Proyecto, Mgter. Ingeniero Químico, posluj@fio.unam.edu.ar

<sup>7</sup> Director de Proyecto, Mgter. Ingeniero Electricista, kurtzvh@fio.unam.edu.ar

### Resumen

Cuando en el laboratorio se realizan prácticas con fines educativos es necesario enseñar a los estudiantes cuáles son las condiciones adecuadas de trabajo no solo en términos de seguridad sino también en referencia a la gestión de los residuos que se generen durante estas prácticas. Para poder desarrollar un método que permita la recuperación de la solución de cloruro férrico utilizada en las prácticas de elaboración de PCBs es necesario determinar primero cuál es la vida útil de esta solución. Se ensayaron 10 placas, partiendo de una solución nueva de cloruro férrico, la cual fue reutilizada durante los 9 ataques químicos restantes. Se registró el tiempo necesario para la realización del ataque químico, así como también, la conductividad y el pH de la solución de cloruro férrico antes y después de su utilización. La información obtenida es de gran valor para el desarrollo de una metodología que permita la recuperación de la solución de cloruro férrico para su reutilización.

**Palabras Clave:**  $FeCl_3(ac)$  y  $Cu(s)$  – Recuperación – Reutilización

### Introducción

Este trabajo presenta los lineamientos generales para la determinación experimental de la vida útil de la solución ácida de cloruro férrico ( $FeCl_3(ac)$ ) durante el ataque químico sobre placas de cobre ( $Cu(s)$ ), utilizadas para la construcción de circuitos impresos (PCBs). Los riesgos del trabajo con cloruro férrico en las prácticas de laboratorio fueron analizados y documentados por (Olsson, Santiago, & Xander, 2015).

La necesidad de la determinación de la vida útil la solución ácida, surge la necesidad de utilizar eficientemente el producto, para poder descartarlo en la confección de PCBs y pasar a una etapa de recuperación. El impacto ambiental que genera el trabajo en el laboratorio puede ser reducido o incluso eliminado de manera efectiva sin comprometer la investigación, la seguridad y la enseñanza si se crea conciencia en minimizar la generación de residuos; y si, además, estas actividades se complementan con acciones de reciclado (Safe, 2011) y (Olsson, Santiago, & Zaccaro, 2016). En la actualidad no existe en nuestro territorio una política y metodología definida de reciclaje y/o tratamiento de estos residuos. Como puede apreciarse en los siguientes comentarios sobre el tema, extraídos de un foro de la web.

- *Yo por lo pronto lo tiro en el descampado del frente a mi casa...*
- *le tiro un chorro de agua hirviendo, en 10 minutos la placa esta, y al ácido usado, lo tiro, lógicamente..*
- *yo lo meto en un balde lo lleno de agua para que se diluya lo más posible y lo tiro por el desagüe de la calle.*
- *Como por aquí lamentablemente no hay política de reciclaje se va por el caño.*

Luego se estudió las características de la presentación comercial del producto químico analizado; en cuyo rotulado se puede leer textualmente “Cloruro Férrico concentrado. Solución acuosa saturada para el grabado de circuitos impresos de cobre, para placas de epoxi o fenólicas” (Electroquímica Delta, 2017). Como puede apreciarse en la Figura 1 que exhibe la botella de la solución comercial utilizada.



Figura 1: Botella de solución nueva

La frase *Solución acuosa saturada* nos permite conocer su concentración inicial, se dice que una disolución está saturada a una determinada temperatura cuando no admite más cantidad de soluto disuelto. Para el compuesto bajo estudio, esto se da en 92 g/100 ml (20 °C) (Manahan, 1994). La solución de cloruro férrico que se utiliza está compuesta por un 38,4% en peso de cloruro férrico, 0,47% de cloruro ferroso y un 0,4% de cloruro de hidrógeno; de acuerdo con la hoja de análisis aportada por el fabricante.

Con el objetivo de desarrollar un método que permita determinar de manera práctica, económica, y sencilla la vida útil del cloruro férrico para el grabado de PCB, en el presente trabajo se documentan los resultados de ensayos donde se analiza la evolución de las variables descriptas, con miras a utilizarlas como indicadores del envejecimiento del cloruro férrico.

## Metodología

Para la determinación de la vida útil del  $\text{FeCl}_3$  se registró, en primer lugar, en forma experimental el tiempo requerido para el ataque químico de una serie de placas; es decir, el tiempo insumido por el proceso de remoción del cobre sin enmascarar. Este registro se realizó para ensayos sucesivos con placas de diseño similar según (Kurtz, 2015), manteniendo constante la temperatura de la solución en  $30^\circ\text{C}$  con una temperatura ambiente de  $20^\circ\text{C}$ . En la Figura 2 puede apreciarse como luce una placa PCB enmascarada (traza de pistas con tinta indeleble) lista para ser sometida al proceso de ataque químico.



Figura 2: Placa PCB enmascarada para ataque químico

En la Figura 3 puede apreciarse como resulta la placa PCB luego de finalizado el ataque con el cloruro, evidenciándose la remoción del cobre sin enmascarar (el color marrón es del material fenólico que actúa como soporte mecánico de la placa).

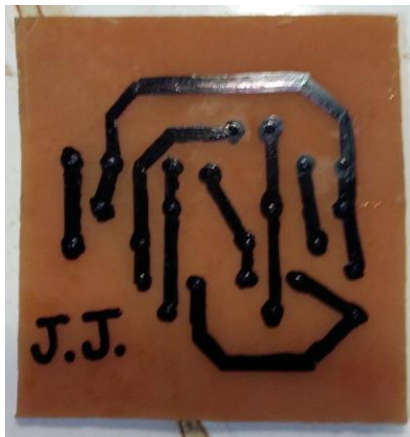


Figura 3: Placa PCB luego del ataque químico

Tradicionalmente, en el uso práctico del cloruro férrico para el grabado de circuitos impresos, se considera que ha finalizado la vida útil del producto cuando el tiempo del grabado supera los 45 minutos. En la Figura 4 se presenta una fotografía tomada durante la realización de los ensayos, donde puede apreciarse el registro de temperatura de la solución y del agua en utilizada para el “baño maría” con el objeto de mantener la temperatura de la solución.

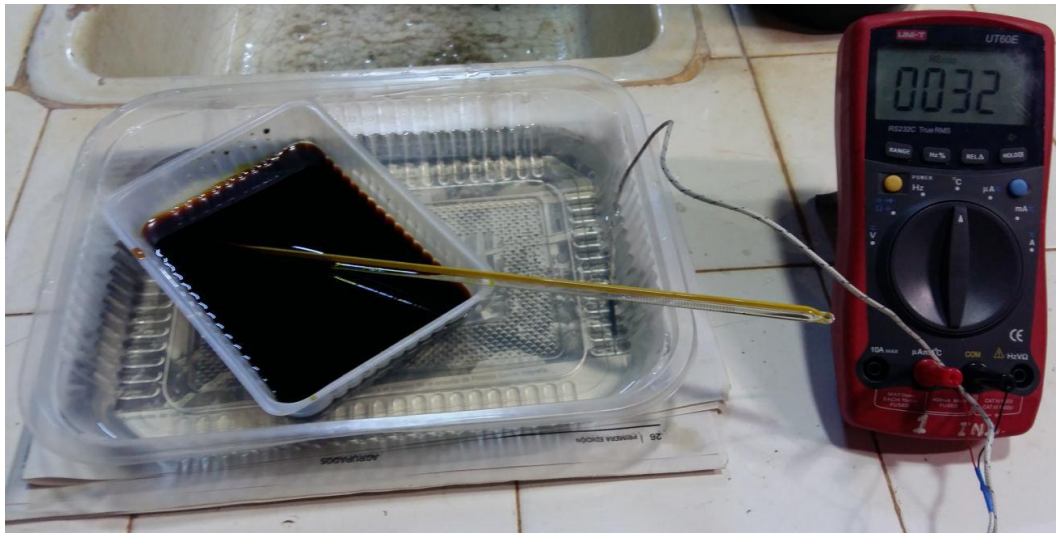


Figura 4: Proceso de ataque químico del PCB con el cloruro férrico a temperatura controlada

Además del registro de tiempos de ataque, se almacenaron muestras del producto nuevo al ser abierto el envase comercial y del producto luego de ser utilizado para el ataque de la serie de placas utilizadas para el ensayo. Con estas muestras del producto se realizó la medición de la resistencia eléctrica de la solución mediante una estructura de electrodos de Carbón (por tratarse éste de un material inerte al cloruro férrico), manteniendo en todos los casos una separación de 7,5 mm entre los electrodos y sumergidos en el cloruro a una profundidad de 3 mm. De esta manera, los valores de resistencia eléctrica de la muestra resultan ser una medida indirecta de la conductividad eléctrica de la misma, quedando pendiente un proceso de calibración para el método de medición propuesto.

Finalmente, para las muestras de cloruro férrico nuevo y usado, también se realizaron mediciones del pH, recurriendo para esto al instrumento comercial Pocket PH-Meter BOE 5190000, calibrado previamente a dos puntos con soluciones patrón de pH=7 y pH=4.

## Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se presentan los resultados de mediciones de tiempo de ataque para cada una de las placas procesadas en la serie de ensayos registrados en el laboratorio.

Tabla 1: Tiempos de ataque químico para cada placa

N° Placa	Hora Inicio	Hora Fin	Tiempo [min]
1	14:54	15:00	6
2	15:08	15:18	10
3	15:33	15:44	11
4	15:53	16:12	19

En la Figura 5 puede apreciarse una gráfica del tiempo de reacción en función de la cantidad de placas procesadas, a partir de los datos de la Tabla 1. En la misma se puede apreciar el incremento del tiempo de ataque a medida que aumenta la cantidad de placas procesadas con la solución; es decir, se evidencia el deterioro de la capacidad de remoción del cobre.

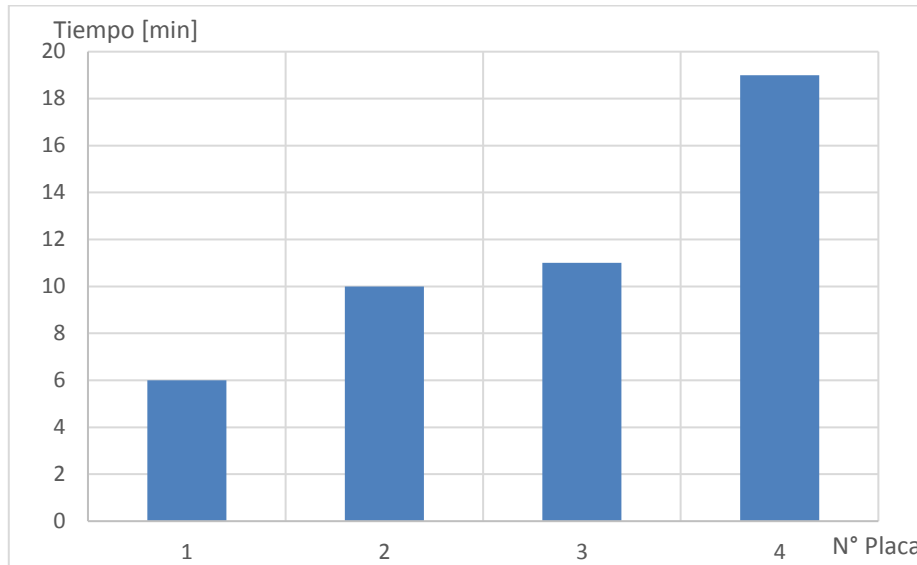


Figura 5: Gráfica del tiempo de ataque químico requerido por cada placa

En la Tabla 2 se presentan los resultados de la medición de resistencia eléctrica de la solución, según el procedimiento explicado previamente.

Tabla 2: Mediciones de resistencia eléctrica

Muestra	Resistencia [ $\Omega$ ]
Cloruro nuevo	129
Cloruro usado	165

En base a los resultados de las mediciones de resistencia eléctrica de las muestras se puede inferir que la conductividad eléctrica de la solución disminuye a medida que ésta se desgasta por el uso; es decir, cuando disminuye la concentración de  $\text{FeCl}_3$  y aumenta el cobre disuelto en la solución debido al resultado de la reacción.

Finalmente, en la Tabla 3 se presentan los resultados de la medición de pH de las muestras.

Tabla 3: Mediciones de pH

Muestra	pH
Cloruro nuevo	1,4
Cloruro usado	1,1

## Conclusiones

Considerando que los ensayos realizados permitieron registrar cambios significativos en los valores numéricos de las variables seleccionadas como indicadores del desgaste debido al uso del cloruro férrico, se puede concluir que el método de análisis propuesto es acertado. De este modo, se puede afirmar que es necesario ejecutar un número mayor de ensayos bajo las condiciones y metodologías utilizadas en el presente trabajo a los efectos de calibrar el método de análisis de desgaste; y así finalmente ajustar una metodología que permita determinar en forma práctica la finalización de la vida útil de la solución, para dar paso a la fase de reciclaje.

## Referencias

Kurtz, V. (2015). Laboratorio 19a-11-331- Circuito Impreso- Electrónica y Dispositivos. Misiones.

Manahan, S. E. (1994). *Environmental chemistry*. Lewis Publishers.

Olsson, J., Santiago, L., & Xander, G. (2015). Seguridad en la Confección de Circuitos Impresos. *Jornadas de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Extensión, Vinculación y Muestras de la Producción a la Comunidad 2015*. Oberá: Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Misiones.

Olsson, J., Santiago, L., & Zaccaro. (2016). Metodología electroquímica propuesta para recuperar soluciones de cloruro férrico utilizadas en la elaboración de circuitos impresos de cobre. *Jornadas de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Extensión, Vinculación y Muestras de la Producción a la Comunidad 2016*. Oberá: Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Misiones.