

# *“Seguridad en los laboratorios químicos”*

## SEGURIDAD EN LA CONFECCIÓN DE CIRCUITOS IMPRESOS

Jorge A. Olsson<sup>(1)</sup> - Victor H. Kurtz<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ingeniería. Dpto. de Electrónica. [jorgealbertoolsson@gmail.com](mailto:jorgealbertoolsson@gmail.com)

<sup>(2)</sup> Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ingeniería. Dpto. de Electrónica. [kurtzvh@gmail.com](mailto:kurtzvh@gmail.com)

# Resumen

- Con el objetivo de promover buenas prácticas seguras en los estudiantes de ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones, se evaluó la seguridad durante el grabado de placas de circuitos impresos utilizadas en electrónica, mediante el proceso de reacción química del cloruro férrico con el cobre.
- Con esto se pretende evitar accidentes e incidentes; además de lograr una formación adecuada en riesgos laborales. Se analizó inicialmente el proceso de fabricación de las placas siguiendo el procedimiento práctico habitual, según los lineamientos presentados en las guías de trabajos prácticos de laboratorio correspondientes a la asignatura Electrónica y Dispositivos, del Departamento de Electrónica de la Facultad de Ingeniería.
- Del análisis de las reacciones y productos, así como la exposición y riesgo del método, **se concluyó que es conveniente y necesaria la implementación de acciones preventivas con el fin de minimizar los riesgos latentes en este proceso.**

# Introducción

- La rutina diaria, hace que muchas veces no prestemos la debida atención a los temas inherentes a la seguridad. Esta desatención se puede deber a desconocimiento, descuido, falta de información o de presupuesto, entre otros, pudiendo ocasionar incidentes sin consecuencias o accidentes y enfermedades profesionales.
- Con el fin de estudiar los riesgos presentes en la confección de circuitos impresos didácticos, realizados en forma artesanal por los alumnos, se evaluaron los riesgos de exposición y peligros así como las medidas de seguridad necesarias y convenientes a tener en cuenta en estas prácticas, tanto en el ámbito académico como en el profesional y laboral.
- El objetivo del trabajo fue promover buenas prácticas seguras en los estudiantes de ingeniería, evitando accidentes e incidentes; además de lograr una formación adecuada en área temática relacionada con los riesgos laborales.

# El Circuito Impreso

- La denominación "Circuito Impreso" deriva del término inglés "Printed Circuit", esta última denominación da lugar a la sigla PCB (Printed Circuit Board) Placa de Circuito Impreso. En este trabajo, el término "circuito impreso" se utiliza para describir el proceso de fabricación de placas conductoras en ciertas condiciones.
- En un circuito impreso, las pistas conductoras unen los distintos componentes que forman un circuito electrónico; esto se logra por medio de un proceso de corrosión en una placa de material aislante recubierta de una delgada capa de metal distribuida uniformemente; el esquema de conexiones se imprime por algún método particular que impide la acción de la solución corrosiva formando así la pista conductora.
- De este modo, El PCB es un medio para sostener mecánicamente y conectar eléctricamente componentes electrónicos en pistas de material conductor (generalmente de cobre) y laminadas sobre un sustrato no conductor, comúnmente baquelita (fenólico) o fibra de vidrio (fiberglass), como se muestra en las figuras N°1 y N°2 [1]

# El Circuito Impreso

La denominación "Circuito Impreso" deriva del término inglés "Printed Circuit", esta última denominación da lugar a la sigla PCB (Printed Circuit Board) Placa de Circuito Impreso. En este trabajo, el término "circuito impreso" se utiliza para describir el proceso de fabricación de placas conductoras en ciertas condiciones.

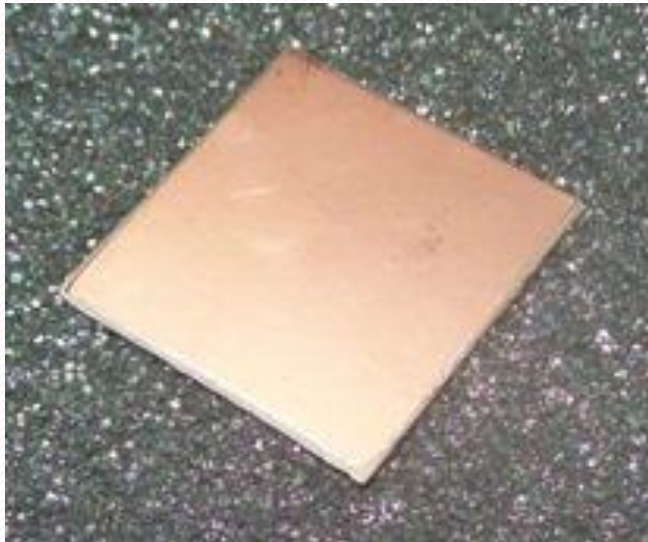


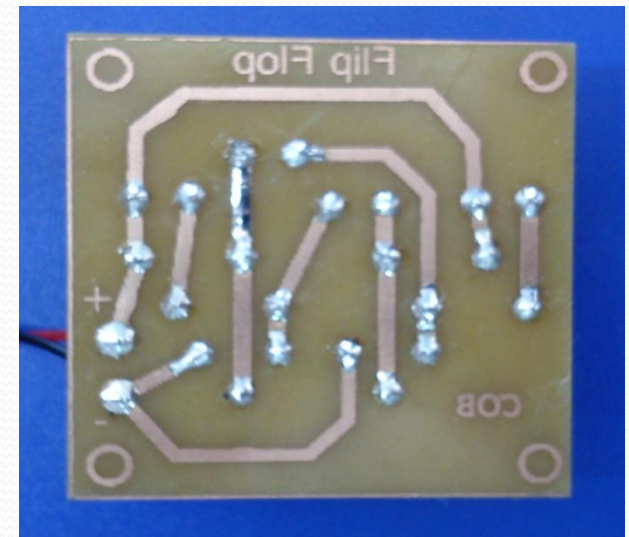
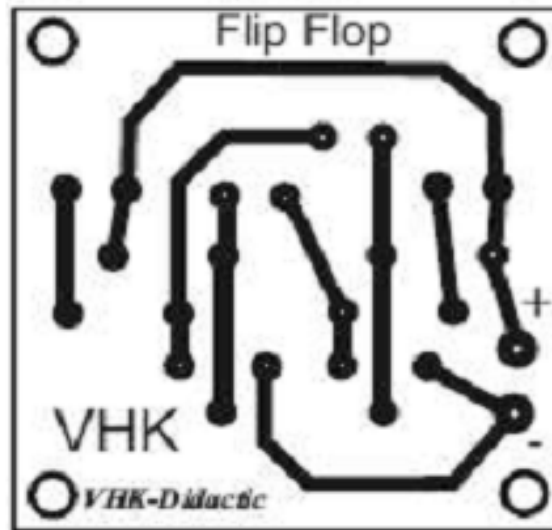
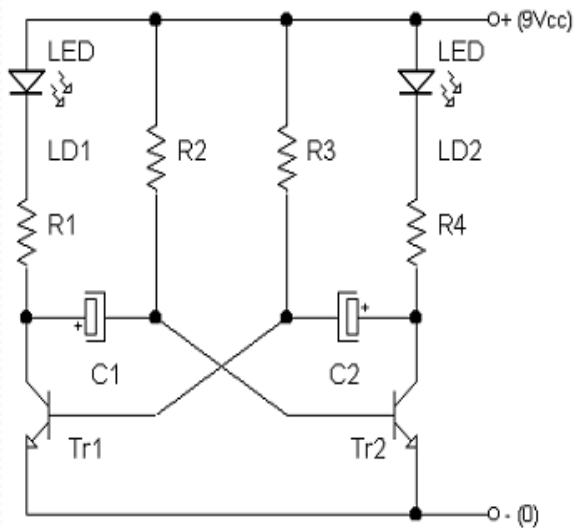
Figura Nº1: Placa cobreada de un PCB



Figura Nº2: Corte de una placa virgen cobreada [1]

# El Circuito Impreso

Para la realización de un PCB debemos partir del diseño expresado en el esquema del circuito electrónico correspondiente y del tamaño de los componentes. Esta actividad puede ser manual o asistida por computadoras, utilizando en este caso programas específicos (VER figuras N°3 y N°4) [2].

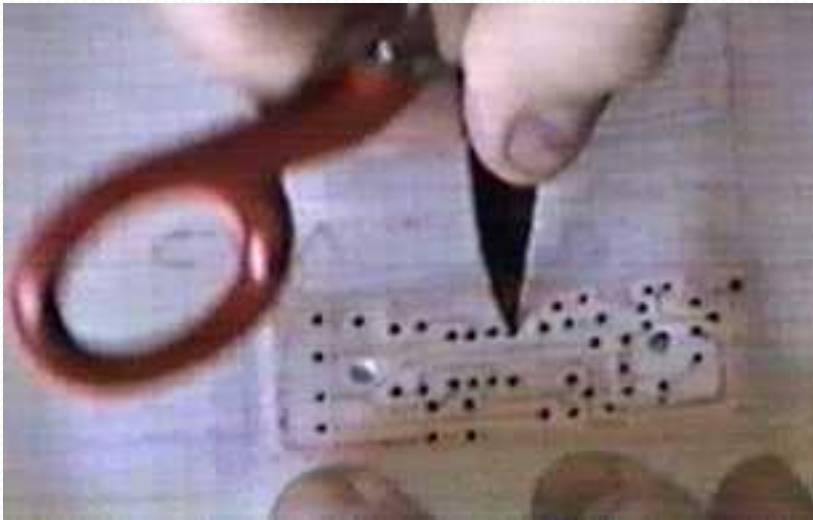




# El Circuito Impreso

## Diseño Manual

- El diseño manual consiste en dibujar, pintar o imprimir, con alguna tinta solvente, sobre la placa cobreada la zona que no se ataca con la solución corrosiva



# Procedimiento de Laboratorio

- **1-** Recortar la placa conforme a la medida del circuito a confeccionar (5 x 5 m).
- **2-** Recortar el esquema impreso de la figura, del circuito presentado en la oportunidad para la práctica, dejando unos 4 mm o más por lado.
- **3-** Fijar la figura recortada en papel, sobre la placa virgen del lado del cobre.
- **4-** Con la ayuda de un pequeño y bien afilado punzón (puede ser un destornillador en desuso), marcar los agujeros donde se fijaran los componentes (un leve golpe, ya basta). **RIESGO**



# Procedimiento de Laboratorio

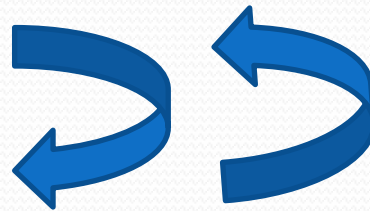
- **5.**Retirar el papel con el dibujo.
- **6.**Limpiar la placa marcada con la ayuda de una, “lana de acero” del tipo “virulana”, en forma circular sin ejercer mucha presión hasta que se vea bien brillante en toda la superficie.
- **7.**Con un algodón, limpiar la superficie con alcohol.
- **8.**Copiar el dibujo del esquema a confeccionar, tomando como guía las marcas punzonadas, con un marcador al solvente.
- **9.**Dejar secar bien.

# Procedimiento de Laboratorio

- **10.** Verter en un recipiente de plástico o vidrio, el “**cloruro férrico**”. **RIESGO**
- **11.** Introducir la placa que se pretende atacar en la solución férrica. **RIESGO**
- **12.** Dejar hasta que se haya corroído el material que no fue pintado. **RIESGO**
- **13.** El tiempo dependerá de la temperatura del cloruro férrico y de la concentración. **RIESGO**
- **14.** Agitar la solución para que la corrosión sea homogénea. **RIESGO**
- **15.** Una vez concluida la etapa de atacado, retirar la placa del cloruro con la ayuda de alguna herramienta no metálica. **RIESGO**
- **16.** Limpiar muy bien con agua corriente. **RIESGO**

# Procedimiento de Laboratorio

- **17.**Neutralizar la acción del ácido, con jabón común o solución de  $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$  (amoníaco+agua,) en relación 5/100.
- **18.**Limpiar nuevamente con abundante agua corriente.
- **19.**Secar o dejar secar la placa.
- **20.**Pasar flux protector.
- **21.**Perforar. **RIESGO**



# Cloruro férrico - Riesgos

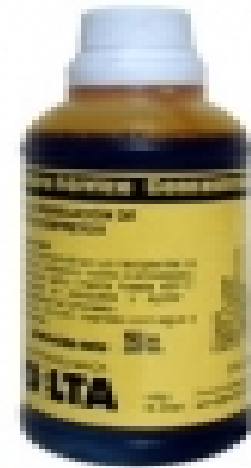
- La evaluación del riesgo de incidentes o accidentes al trabajar con la solución de cloruro férrico en las actividades y procedimientos mencionados en los puntos anteriores, se debe tener en cuenta a partir del momento de:
- la adquisición del producto,
- su transporte y almacenamiento,
- su uso,
- reciclado o descarte final si fuera necesario.

# CLOURUO FERRICO EN SOLUCIÓN

- IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS
- No es inflamable.
- Producto corrosivo.
- El producto causa quemaduras.
- El producto puede hidrolizarse y formar precipitados de hidróxido de metal, según el nivel de dilución.
- La solubilidad del aluminio depende del valor del PH.

# COLORURO FERRICO EN SOLUCIÓN

- GENERALIDADES
- **COLOR:** Amarillo oscuro
- **ASPECTO FÍSICO:** líquido
- **OLOR:** leve olor ácido .



Pictogramas de seguridad de algunas presentaciones comerciales



# Pictogramas de seguridad



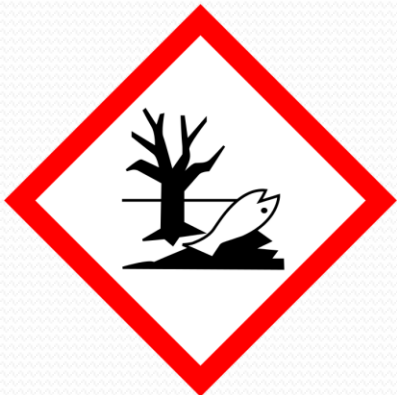
**Definición:** Estos productos químicos causan destrucción de tejidos vivos y/o materiales inertes.

**Precaución:** No inhalar y evitar el contacto con la piel, ojos y ropas.



**Definición:** Sustancias y preparaciones que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, pueden implicar riesgos a la salud graves o agudos

**Precaución:** Debe ser evitado el contacto con el cuerpo humano, así como la inhalación de los vapores.



**Definición:** El contacto de esa sustancia con el medio ambiente puede provocar daños al ecosistema a corto o largo plazo.

**Manipulación:** Debido a su riesgo potencial, no debe ser liberado en las cañerías, en el suelo o el medio ambiente.

<https://caymansseo.com/pictogramas-de-seguridad>

# Pictogramas de seguridad

		<b>bombona de gas</b>	<b>Gases a presión</b> en un recipiente (gases comprimidos, licuados o disueltos). Algunos pueden explotar con el calor. Los licuados refrigerados pueden producir quemaduras o heridas relacionadas con el frío, son las llamadas quemaduras o heridas criogénicas.
		<b>Calavera con tibias</b>	<b>Tóxicos:</b> sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en pequeñas cantidades producen efectos adversos para la salud. Pueden provocar náuseas, vómitos, dolores de cabeza, pérdida de conocimiento e, incluso, la muerte.
		<b>Corrosión</b>	<b>Corrosivos:</b> Pueden causar daños irreversibles a la piel u ojos, en caso de contacto o proyección.
 <b>Xn Nocivos</b> <b>Xi Irritantes</b>		<b>Exclamación</b>	Producen efectos adversos en dosis altas. También pueden producir irritación en ojos, garganta, nariz y piel. Provocan alergias cutáneas, somnolencia y vértigo.
		<b>Peligro par la salud</b>	Pueden ser: Cancerígenos (pueden provocar cáncer); Mutágenos (pueden modificar el ADN de las células); Tóxicos para la reproducción; Pueden modificar el funcionamiento de ciertos órganos, como el hígado, el sistema nervioso, etc., provocar alergias respiratorias o entrañar graves efectos sobre los pulmones..
 <b>N</b>		<b>Medio ambiente</b>	<b>Peligroso para el medio ambiente:</b> presentan o puedan presentar un peligro inmediato o futuro. Provocan efectos nefastos para los organismos del medio acuático (peces, crustáceos, algas, otras plantas acuáticas, etc.). Símbolo en el que no suele existir la palabra de advertencia pero, cuando existe, es siempre: "Atención".

# **CLORURO FERRICO EN SOLUCIÓN**

- **RIESGOS PRINCIPALES PARA LA SALUD:**
- PUEDE CAUSAR IRRITACIÓN EN EL TRACTO RESPIRATORIO, LA PIEL, LOS OJOS Y EL TRACTO INTESTINAL. SE PUEDEN PRODUCIR DAÑOS OCULARES PERMANENTES TAL COMO :  
DECOLORACIÓN DE TEJIDOS CORNEALES.
- **POSIBLES EFECTOS PARA LA SALUD:**
- DOSIS REPETIDAS PUEDEN CAUSAR POSIBLE DAÑO AL HÍGADO Y AL PÁNCREAS.

# CLORURO FERRICO EN SOLUCIÓN

- **EXPOSICIÓN CON LA PIEL:**
- **EXPOSICIÓN A CORTO PLAZO:** Irritación
- **EXPOSICIÓN PROLONGADA:**
- Dermatitis, pudiendo causar ulceración dependiendo de la temperatura, concentración y tiempo de exposición.

# CLORURO FERRICO EN SOLUCIÓN

- **CONTACTO CON LOS OJOS:**
- **EXPOSICIÓN A CORTO PLAZO:**
- Irritación.
- **EXPOSICIÓN PROLONGADA:**
- Disturbios visuales, decoloración tejidos corneales.
- **INGESTIÓN:**
- **EXPOSICIÓN A CORTO PLAZO:**
- Irritación en boca, esófago y estómago. Puede provocar náuseas y vómitos
- **EXPOSICIÓN PROLONGADA:** Repetidas ingestiones pueden provocar un daño a los riñones e hígado.

# CLORURO FERRICO EN SOLUCIÓN

- EFFECTOS POR SOBREEXPOSICIÓN:
- **INHALACIÓN:** Causa quemaduras en las mucosas. Produce tos, dolor pectoral, náuseas y dificultades respiratorias.
- **INGESTIÓN:** Produce náuseas, vómitos, diarrea; en cantidades importantes puede provocar perforación de esófago.
- **PIEL:** Produce irritación y eccemas.
- **OJOS:** En forma concentrada puede causar daños graves (Quemaduras), con posible opacificación permanente de la córnea.



# CLORURO FERRICO EN SOLUCIÓN

- **ESTADO CARCINOGENICO:**
- **OSHA: No** Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (Occupational Safety and Health Administration, OSHA)
- **NTP: No** Notas Técnicas de Prevención
- **IARC: No** Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer<sup>1</sup> (International Agency for Research on Cancer, IARC)

# CLORURO FERRICO EN SOLUCIÓN

- PRECAUCIONES PARA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE
- Evitar que el líquido penetre en alcantarillas o espacios cerrados,
- puede producir explosión si se inflama.
- Puede generar grandes cantidades de contaminantes peligrosos en el aire.
- Evitar que pueda filtrarse en la tierra o a aguas subterráneas, es muy contaminante.
- Evitar el contacto con la vegetación

# CLORURO FERRICO EN SOLUCIÓN

- MÉTODOS DE LIMPIEZA

- El agua pulverizada o nebulizada aplicada a los vapores de este producto acelera su dispersión por la atmósfera.
- La espuma contra incendios aplicada como película sobre los charcos de este producto retarda la eliminación de vapores a la atmósfera.
- Utilizar tierra, arena, serrín, arcilla, ceniza, polvo de cemento; agentes neutralizantes para disminuir el riesgo.
- Si es posible, trasvasar el producto derramado a un contenedor de recuperación. En caso contrario, trasladar a lugar seguro para su posterior eliminación.

# CLORURO FERRICO EN SOLUCIÓN

- **RIESGOS ESPECIALES**
- La descomposición térmica, (Mas de  $45^{\circ}\text{C}$ ) puede producir humos de cloruro de hidrógeno, gas altamente tóxico e irritante.

# Evaluación de riesgos

- Derrames accidentales de la solución (cloruro férrico).
- Salpicaduras accidentales en vestimenta, piel, ojos, instalaciones, etc.
- Uso de elementos inapropiados (recipientes y herramientas)
- Descomposición de la solución por temperaturas altas.
- Inhalación de vapores de reacción.
- Descarte incorrecto de la solución utilizada y los desechos.

# MEDIDAS PREVENTIVAS DE LA EXPOSICIÓN Y RIESGO:

- Brindar una clase de seguridad y concientización antes de la realización de los PCB
- Gestionar el uso del laboratorio de química para llevar a cabo esta tarea, ya que las instalaciones del mismo son adecuadas.
- Usar elementos de protección personal como ser guantes y antiparras resistentes a los químicos.
- Usar vestimenta adecuada.



# MEDIDAS PREVENTIVAS DE LA EXPOSICIÓN Y RIESGO:

- Utilizar doble recipiente de plástico, uno que contenga a la solución, y otro mayor capaz de contener las posibles salpicaduras.
- Verificar que las herramientas sean los apropiados.
- Verificar las condiciones de ventilación antes de comenzar con las actividades.
- Trabajar a temperatura ambiente o no mayor a 35°C para minimizar la emanación de vapores.
- Instruir a los participantes sobre los métodos de reciclado del cloruro férrico para evitar su descarte

# CONCLUSIÓN:

- Implementar un protocolo de seguridad durante la realización de un PCB trae aparejado múltiples beneficios, al igual que si lo hiciéramos en nuestras actividades cotidianas. Pero en el aula, estos beneficios se potencian con la articulación vertical y horizontal del cursado de la carrera, de forma tal que se puede pasar de una capacidad básica de realizar un PCB a una competencia profesional que permitirá a los futuros profesionales desempeñarse con responsabilidad individual y colectiva y actuar de acuerdo a ellas como así también la capacidad de reaccionar correctamente frente a situaciones imprevistas.