

# TECNICAS DE DISEÑO, DESARROLLO Y MONTAJE DE CIRCUITOS IMPRESOS

Robert Salas

[roberts@ula.ve](mailto:roberts@ula.ve)

Laboratorio de Instrumentación Científica, Facultad de Ciencias,  
Universidad de los Andes, Venezuela

José Fernando Pérez

[iosperez@ula.ve](mailto:iosperez@ula.ve)

Laboratorio de Instrumentación Científica, Facultad de Ciencias,  
Universidad de los Andes, Venezuela

Jimer Ramírez

[jimer@ula.ve](mailto:jimer@ula.ve)

Laboratorio de Electrónica, Departamento Física, Facultad de Ciencias,  
Universidad de los Andes, Venezuela

## Abstract

En el desarrollo y fabricación de prototipos electrónicos, con funciones de instrumentación, automatización y control, es necesario realizar un diseño preliminar del circuito y del arte de la placa, para ello es imperioso conocer una serie de herramientas y consideraciones teóricas y técnicas, que permitan al desarrollador crear y estudiar con detalle, los modelos y esquemas de la electrónica a implementar. Así como consejos de seguridad, montaje y técnicas de soldadura, con criterios de selección del método apropiado según la función, complejidad o susceptibilidad de la misma.

## Resumen

El artículo nombra y brinda las funciones principales de las Herramientas Computacionales (CAD), utilizado por los autores, para el diseño de circuitos impresos, desarrollo del esquemático, simulación y fabricación del arte de PCB. Se establecen técnicas, normas y recomendaciones que se deben tomar en cuenta durante el avance del mismo, se presentan posibles soluciones a las diversas anomalías, físicas, electromagnéticas y de radiación, presentes en el PCB. Con la ayuda de las teorías básicas estudiadas en las carreras de ciencias e ingeniería, y con el apoyo de software especializado.

**Palabras Claves:** herramientas, fabricación, circuito impreso, PCB, anomalías, soluciones, software.

## 1 INTRODUCCIÓN

El desarrollo de placas de circuito impreso o Printed Circuit Board (PCB) es utilizado en las universidades, empresas y grupos de investigación para fabricación y/o modificación de equipos con funciones específicas de instrumentación, control y automatización. En la Universidad de los Andes (ULA), el Laboratorio de Instrumentación Científica de la Facultad de Ciencias (LIC-C) se dedica al diseño y desarrollo electrónico para brindar continuidad en el funcionamiento de instrumental científico y así cumplir con sus objetivos de mantenimiento preventivo y correctivo de equipos de laboratorio.

Entre los diseños y modificaciones, por lo general, se debe realizar circuitos electrónicos que involucran: sensores, acondicionadores de señal, microcontroladores y actuadores, los cuales requieren líneas de control y de potencia, con alto grado de integración en los sistemas microcontrolados y susceptibilidad por ruido en los circuitos acondicionadores; por ello, para su implementación en PCBs, se debe tener en cuenta las teorías básicas de electromagnetismo y sus interferencias electromagnéticas.

En el artículo los autores brindan una clasificación de las técnicas para la elaboración de PCBs, en función de las técnicas para eliminar el excedente de cobre, estas técnicas son la elaboración de PCB mediante Ataque Químico y la elaboración de PCB por máquinas Fresadoras o Sin Químicos. Para llevar a cabo este objetivo, es necesario definir el esquemático del circuito y el

diagrama de conexiones que formarán las pistas de cobre sobre la placa. Centrando nuestro enfoque en la técnica de ataque químico, se explican los pasos generales para la elaboración de PCBs, utilizando herramientas computacionales para el desarrollo general, se exponen las técnicas y consideraciones en el diseño del arte de pcbs, las técnicas de transferencia o impresión del arte a la placa de cobre y las observaciones de montaje y soldadura, así como consejos útiles que mejoren la calidad de PCBs diseñados.

A lo largo de los años y por continuas mejoras, hemos adquirido experiencia y recopilado información de las diversas técnicas existentes, que incluyen material bibliográfico, fotográfico y de video en la elaboración de PCBs, para así facilitar la formación al personal técnico, investigadores y profesionales del área.

## 2. MARCO TEÓRICO

Una placa de circuito impreso (PCBs) es una plancha de material rígido aislante, cubierta por unas pistas de cobre en una de sus caras o en ambas, para servir como conductor o de interconexión eléctrica entre los distintos componentes que se montarán sobre ella.

La materia prima consiste en una plancha aislante, típicamente de “fibra de vidrio” o “Baquelita”, cubierta completamente por una lámina de cobre. Dependiendo del tipo de placa, el cobre puede ir a su vez protegido por una capa de resina fotosensible [1].

### 2.1. Clasificación de las técnicas para la elaboración de PCBs:

Los autores hemos clasificado los métodos de elaboración de PCB en función de las técnicas para eliminar el excedente de cobre; así como el método de transferencia del arte de circuito a la placa de cobre, tal como se indica a continuación:

#### 2.1.1 Elaboración de PCB mediante Ataque Químico:

##### 2.1.1.1 Elaboración y Transferencia del Arte de Circuito Impreso a la placa de cobre:

2.1.1.1.1 Manual o Artesanal: El circuito se realiza directamente sobre la placa de cobre, se utiliza solo en casos de circuitos electrónicos de baja complejidad. Ver figura 1.

2.1.1.1.1.1 Marcador con Tinta Indeleble, Resistente al Agua, contiene acrílico,

2.1.1.1.1.2 Cintas plásticas adheribles y/o Transferibles de Pistas y sus variaciones según encapsulados de componentes: PAD, SIP, DIP o DIL, entre otros.

2.1.1.1.1.3 Con ambos recursos

##### 2.1.1.1.1 Diseño Asistido por Computadora o por sus siglas en inglés (CAD):

##### 2.1.1.2.1 Transferencia o impresión del Arte a la placa de Cobre:

2.1.1.2.1.1 Serigrafía: Malla o Pantalla (Marco y Tela), Paleta, Fotoemulsión, Pintura Acrílica

2.1.1.2.1.2 Papel “Transfer”.

2.1.1.2.1.3 Tarjeta Sensibilizada

##### 2.1.1.3 Ataque Químico con ácido para la oxidación o eliminación del cobre (Cu) no deseado.

### 2.1.2 Elaboración de PCB por máquinas Fresadoras o Sin Químicos:

#### 2.1.2.1 Diseño del PCB con la ayuda de un CAD.

#### 2.1.2.2 Máquinas Fresadoras o Router (todas requieren de CAD) para eliminar el Cu no deseado



**Figura 1. Elaboración de PCBs mediante ataque químico utilizando el método Manual o Artesanal.**

Conforme avanza la tecnología, los PCBs se convierten en parte fundamental en el desarrollo de circuitos electrónicos, cada vez con mayor densidad y por ende exige exactitud y precisión, esto

hace necesario la utilización de diseños asistidos por computadora, es por ello que nuestro trabajo, se centra en definir y especificar este método, así como también la eliminación de excedente de cobre con ataque químico, dejando a un lado, no por menos importante, el método manual o artesanal y la elaboración de PCB por máquinas Fresadoras.

## 2.2 Pasos generales para la elaboración de PCBs utilizando los métodos de ataque químico [1,3]:

- **Diseño:** Un circuito complejo requiere el uso de herramientas computacionales que permitan diseñar y simular el esquema electrónico y su arte de circuito impreso.
- **Cortado:** Conocido el tamaño del circuito impreso, se procede a realizar el corte de la tarjeta.
- **Impresión en la placa de cobre:** una vez que la máscara esta lista, se procede a grabarla en la placa, este procedimiento depende de la técnica a utilizar.
- **Atacado del cobre:** se inserta la placa de cobre previamente grabada, en soluciones acidas que eliminan el cobre no deseado.
- **Limpieza y taladrado:** se realiza el lavado y limpieza de la placa para eliminar todas las impurezas, luego se perforan los orificios en donde se colocaran los componentes.
- **Soldadura:** etapa donde se realiza el montaje (colocación y soldadura) de los componentes.
- **Pruebas de Funcionamiento:** Antes de realizar interconexiones se verifica el funcionamiento del circuito (Cortocircuitos, circuitos abiertos, soldaduras frías, entre otros.)

### 2.2.1. Herramientas computacionales de diseño:

En el diseño, es necesario definir el esquemático del circuito y el diagrama de conexiones que formarán las pistas de cobre sobre la placa. Generalmente se hace en dos fases; en primer lugar, partiendo de las especificaciones sobre la funcionalidad del circuito, se deciden los componentes a utilizar y las interconexiones necesarias entre ellos, y a través del editor de esquemas del software se realiza el diagrama esquemático. Después, con esa información se define la máscara en el editor del arte del PCB, que es una representación virtual de los componentes sobre la placa, y se establece la forma física de las conexiones entre ellos.

Para realizar un circuito eléctrico o electrónico, el diseñador requiere de documentación, hojas técnicas de fabricantes y/o apoyo de Herramientas Computacionales que orienten en cuanto a las variables, parámetros y componentes requeridos. Algunas de estas herramientas usadas por los autores, se muestran en la tabla 1

Herramientas Computacionales	Descripción de su Uso	Licencia o regulaciones
switcherCAD, BodeCAD y FilterCAD	Realiza esquemático, simulación, análisis en el tiempo y en la frecuencia. Diseño de Filtros Eléctricos/Electrónicos	Gratis, de Linear Technology Corp. [18]
SciLab	Paquete científico para cálculos numéricos, realiza análisis en el tiempo y frecuencia (similar a MatLab)	código abierto (open source) [19]
SAPWIN	Esquemático y Analizador de Circuitos, Se obtiene expresión matemática del circuito propuesto	Gratis, Universidad de Florencia, Italia. [20]
CircuitCalculator	Calcula el ancho de Pistas para PCB. Encuentra los valores comerciales de Resistencias y Condensadores	Gratis (página Web) [9]

**Tabla 1. Muestra algunas herramientas computacionales y su aplicación en el diseño de PCBs.**

Es recomendable la Elaboración y Simulación del Circuito Esquemático previo a la elaboración del PCB; para ello, el diseñador cuenta con una amplia gama de posibilidades para su realización tabla 2.

Empresa o Fabricante	Nombre Del CAD	Circuito Esquemático	Circuito Impreso	Observaciones
<i>Cadence</i>	<i>Orcad</i>	<i>Capture</i>	<i>Orcad PCB</i>	<i>No sacará actualizaciones [11]</i>
<i>National Instruments antes de Electronic WorkBench</i>	<i>Circuit Design</i>	<i>Multisim</i>	<i>Ultiboard</i>	<i>Simula uC, interacciona con Tarjetas de Adquisición y LabVIEW N. Inst., 3D [16].</i>

Altium	Designer			Unificó las herramientas Simulación, visualización 3D, FPGA, no simula uC, es lo mejor de Altium
	Protel	Foundation	Implementation	No uC
	P-CAD			Obsoleto
LabCenter	Proteus	Isis	Ares	Simula uC, 3D. No trabaja con FPGA [13]
Cadsoft	Eagle	Schematic	Board	No simula [15].
Sunstone	PCB123	Schematic	Layout	No simula
MicroSim Corporation	DesignLab	Microsim	MicrosimPCB	con Pspice, FPGA, PCB
Linear Technology Corporation	SwitcherCAD	SwCAD		No realiza PCB [18].
Technology Sales Inc.	Easy-PC	Schematic	PCB Layout	Easy-Spice, 3D [22].
Bentley System	MicroStation			
Mentor Graphics		Mentor Design	Mentor Board	Sch, PCB y 3D
Zuken	CADSTAR	CADSTAR Schematics	CADSTAR Layout	Sch, PCB y 3D

**Tabla 2. Muestra los diferentes tipos de CADs y sus respectivos fabricantes.**

Existen aplicaciones como LP Calculator de la compañía PCB Matrix Corp ([www.pcbmatrix.com](http://www.pcbmatrix.com)) que facilitan la elaboración de librerías para la creación de encapsulados o footprint y su visualización en tres dimensiones (3D); sin embargo, todos los programas ilustrados en la tabla 2, también permiten la creación de nuevos componentes, pero su procedimiento requiere de mayor dedicación y tiempo. Otra posibilidad es la importación de librerías creadas por otros CADs para ser implementado en nuestros proyectos.

### 3. TECNICAS Y CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DEL ARTE DE PCBs

Elección adecuada de los componentes:

- Tomar en cuenta las limitaciones de inventarios en los proveedores: se deben adquirir todos los componentes y conectores o tener seguridad del despacho de los encapsulados a utilizar, motivado a que posiblemente se fabrique una tarjeta, que no pueda ser operativa con los componentes vigentes en el momento de su uso.
- Antes de hacer la placa verifique cuidadosamente la interconexión y numeración de cada componente y de cada circuito integrado, así como también la correspondencia del tamaño de cada uno de ellos en el PCB [5,6].

Efecto resistivo en las pistas:

- Diseñar las pistas teniendo en cuenta la longitud, grosor y máxima corriente que deban conducir: es recomendable utilizar herramientas de software como [9] para determinar y calcular las dimensiones de pistas a usar según parámetros solicitados; ya que estas dimensiones, mal diseñadas, podrán incrementar el valor de una resistencia no deseada y causar problemas por caídas de tensión o servir de fusible al limitar el paso de corriente. Todo material conductor presenta una resistividad propia y según las dimensiones del mismo, tendremos una resistencia eléctrica [16], expresado por la ecuación 1:

$$\text{Ecuación 1. Resistencia eléctrica} \quad R = \rho \frac{l}{A}$$

En donde:

- R Resistencia eléctrica, expresado en Ohm [  $\Omega$  ]
- $\rho$  Resistividad del Material en unidades de [  $\Omega\text{m}$  ]
- l Longitud que por las unidades del Sistema Internacional es el metro [ m ]
- A Área transversal dado en [  $\text{m}^2$  ]

- En los circuitos de instrumentación y de medición, ubicar los componentes de tal forma que la longitud de las pistas sea lo mas pequeña posible, para evitar efectos de carga en la línea de interconexión.

Efecto térmico:

- Estudiar la colocación de los componentes teniendo en cuenta la interconexión, interferencias térmicas e interferencias electromagnéticas. Las condiciones de temperatura [7,8,16] podrán causar ligeras variaciones en el valor de resistencia, motivado a que la resistividad de un material (ecuación 2) dependerá de las condiciones térmicas en las que se encuentre:

Ecuación 2. Resistividad de un material. 
$$\rho = \rho_o (1 + \alpha(T - T_o))$$

$\alpha$  Coeficiente de Temperatura

$\rho_o$  Resistividad a una Temperatura de referencia

T Temperatura actual

$T_o$  Temperatura referencial

- Colocar disipadores a los dispositivos de potencia, acompañado de grasa termo conductiva entre ellos. Los espacios de aire se deben evitar motivado a que es un mal conductor térmico, lo que implicaría una mala disipación, recalentamiento y daño de componente.
- Ubicar los disipadores en lugares ventilados y alejados de componentes susceptibles a la temperatura.

Efecto Capacitivo e Inductivo:

- Para evitar corrientes inducidas, producto de circuitos de alta potencia, se debe distanciar los circuitos de control de los circuitos de potencia.
- Se conoce que la capacitancia para placas paralelas viene expresado de la forma [16]:

Ecuación 3. Capacitancia para placas paralelas 
$$C = \epsilon_0 \frac{\epsilon_r A}{d}$$

$\epsilon_0$ : constante dieléctrica del vacío

$\epsilon_r$ : constante dieléctrica o permitividad relativa del material dieléctrico entre las placas.

A: el área efectiva de las placas

d: distancia entre las placas o espesor del dieléctrico

- Por lo anterior, para evitar el efecto de capacitancias parásitas, se debe evitar el paralelismo entre pistas o planos y se aconseja utilizar rectas horizontales en una cara (Cara de Componentes o lado Superior) con rectas verticales en la otra (Lado inferior o cara de soldadura)
- Para reducir el ruido de conmutación en los circuitos digitales, colocar un condensador de 0,1uF entre fuente y tierra, lo mas cercano posible a cada integrado. Colocar cada 10 integrados un condensador de 10uF y por cada módulo o tarjeta electrónica colocar un condensador de 47uF [2,4].
- Orientar de forma perpendicular al PCB las bobinas y transformadores, para evitar las influencias magnéticas que sobre otros circuitos; ya que en un solenoide, el campo magnético se concentra sobre su eje axial.
- Para los circuitos de alta frecuencia, es recomendable que las curvas de las pistas no superen un ángulo de 45°, ya que podría producirse un auto inducción sobre la misma, deformando su señal.
- Para evitar las EMI (Interferencias Electromagnéticas) y brindar protección eléctrica, se deben separar los planos de tierra analógico y digital o utilizar acoplamientos (transformador, opto acopladores, aisladores de radio frecuencia, etc.). Para circuitos susceptibles, se debe dejar espacio para fijar las jaulas de Faraday [3].

Transferencia del Arte a la Placa:

- Colocar etiqueta o texto al PCBs, para identificar el lado adecuado a transferir en el cobre.



- Verificar que la superficie de cobre no presente imperfecciones, lijar, desengrasar y limpiar con solventes, antes de grabar la máscara.
- Si el grabado de la máscara presenta algunas discontinuidades en las pistas, utilizar el marcador punta fina para corregirlas, esto se debe realizar antes de sumergir la tarjeta en el ácido.
- Tomar en cuenta el tiempo de oxidación del cobre, en función del reactivo utilizado. Entre los oxidantes más usados se encuentran: el Ácido Nítrico ( $HNO_3$ ), Ácido Clorhídrico ( $HCl$ ), Cloruro Férrico ( $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ) o Ácido Percloruro de Hierro.

#### 4.2 Técnica de fabricación y desarrollo de PCBs por Serigrafía.

Esta técnica consiste en proteger con pintura acrílica (plástica) todas las pistas, uniones y planos de tierra y texto deseado del circuito, para así remover u oxidar el Cu no protegido. Requiere de un conjunto de materiales de serigrafía, como lo son: la pantalla (marco de madera con tela o malla), foto emulsión, insoladora (Fuente de Luz visible), paleta plástica, removedor de pantalla, limpiador Universal, pinturas acrílicas para serigrafía, estopa.

##### 4.2.1 Pasos para la transferencia de la imagen a la placa de cobre por Serigrafía:

- Limpiar la pantalla. No deben existir poros tapados en la malla.
- Imprimir en acetato o transparencia, en blanco y negro, con abundante toner o tinta.
- Aplicar foto emulsión en forma uniforme a la malla de serigrafía.
- Colocar el acetato con el arte del PCB sobre la pantalla foto emulsionada, sobre ellos la insoladora.
- Lavar con abundante agua y secar la malla. Quedarán los poros sellados donde no exista la imagen del PCB.
- Colocar la malla en contacto directo con la superficie de Cu y pintar con acrílico.
- Las partes deseadas quedarán protegidas con pintura.
- Quitar y dejar secar la pintura ubicado en la placa de Cu. En caso deseado, seguir pintando sobre otras láminas de Cobre, tantas veces como circuitos impresos deseados o hasta que la calidad de impresión se deteriore; de requerirse, limpiar y secar la pantalla para luego continuar con las impresiones de pintura sobre las láminas de Cu.
- Al finalizar las impresiones, limpiar y secar con precaución la pantalla para evitar que se tapen los poros de interés.
- Una vez seca la pintura, se procede al ataque químico u oxidación del Cu no deseado.

#### 4.3 Técnica de fabricación y desarrollo de PCBs por papel Transfer:

Consiste en transferir el arte del PCB impresa por fotocopiado o impresión láser sobre un papel transfer o satinado (textura lisa y brillante), que permita por calor ser desprendido y adherido a la placa de cobre; es decir, al calentar el papel, este transfiere el toner correspondiente al arte directamente a la placa, así una capa de carbón protegerá las partes deseadas del circuito para el momento de ser atacado por el ácido. Esta es una técnica sencilla donde se emplea plancha de calentamiento o mejor aún laminadora de carnet, motivado a que sus rodillos térmicos aplicarán igual presión y calor en cada parte de la placa. Este método reduce significativamente el tiempo necesario para realizar PCBs, presenta la ventaja que se pueden construir pistas finas de hasta 0.1mm y se pueden realizar con más facilidad impresos doble cara.

##### 4.3.1 Pasos para la transferencia de la imagen del papel transfer a la placa de cobre.

- Imprimir con abundante toner, la imagen en el papel transfer; usar láser o fotocopiadora.
- Cortar la baquelita al tamaño de la imagen y lijar las imperfecciones.
- Limpiar, desengrasar y secar la baquelita.
- Colocar la placa con la cara de cobre hacia arriba, seguidamente, colocar la imagen del papel transfer, con el lado de impresión del toner en contacto directo con la superficie de cobre.
- Aplicar calor y verificar continuamente que el toner se adhiera lo mejor posible a la placa.
- Sumergir el papel con la baquelita en una bandeja de agua y realizar presión sobre el papel en la placa. Retirar lentamente el papel.

#### 4.4 Técnica de fabricación y desarrollo de PCBs por tarjeta sensibilizada:

Esta técnica consiste en utilizar una placa especial presensibilizada de fábrica o sensibilizada

manualmente con soluciones especiales (KPR aerosol o solución foto resistiva positiva); es decir, una placa de circuito impreso en la que el cobre se recubre con una capa de resina fotosensible o foto resistiva positiva, que por sus propiedades químicas, al ser expuesta a la luz ultravioleta (insoladora), permitirá disolver con los reveladores (solución altamente alcalina), la laca protectora, sólo en las zonas donde se deba eliminar después el cobre.

#### 4.4.1 Pasos para la transferencia de la imagen del acetato a la placa presensibilizada.

- Imprimir con impresora láser o fotocopiadora, la imagen en la transparencia o acetato.
- Cubrir la placa con la transparencia. Colocar el lado de impresión del toner en contacto directo con la resina protectora de la superficie de cobre.
- Colocar la placa en la insoladora; el tiempo de exposición a los rayos UV depende de la sensibilidad de la placa.
- Retirar la transparencia y sumergir la placa en el revelador líquido (soda cáustica o revelador universal sin hidróxido de sodio). Usar cuarto oscuro y vigilar continuamente su revelado.
- Lavar con abundante agua.

En la figura 4, se muestra el arte de PCB diseñado a través de un CAD, el programa utilizado es el Ares del Proteus, este un arte de prueba utilizado para verificar, cual es la técnica de fabricación que presenta mejores resultados finales, la pistas enumeradas con T8, T10, T12, T15, T20, significan que son de ocho milésimas, diez milésimas, doce milésimas, quince milésimas y veinte milésimas respectivamente. Esto se realiza para observar la resolución máxima que se puede alcanzar con cada una de las técnicas. En la figura 5 y 6, se observa fotos del PCB fabricado con las diferentes técnicas, tarjeta sensibilizada y papel transfer respectivamente.

La técnica de serigrafía es la empleada para diagramar la ubicación de los distintos componentes, motivado a que su pintura no es conductora, también como vimos, se puede usar para realizar el circuito impreso. Es el método de mayor duración para la elaboración de un PCB, su calidad dependerá del número de hilos por centímetro cuadrado, para una línea recta en diagonal, se podrá observar en forma escalonada; además de la calidad, en limpieza, de sus poros y de sus pinturas.



Figura 4. Arte del PCB diseñado en el CAD.



Figura 5. PCB elaborado por Tarjeta Sensibilizada.



Figura 6. PCB elaborado con papel transfer

En la figura 7 y 8, se observa fotos del PCB fabricado con las diferentes técnicas, tarjeta sensibilizada y papel transfer respectivamente. Al realizar una ampliación fotográfica se encuentra que el método de tarjetas sensibilizadas es el que ofrece los mejores resultados; sin embargo, es el de mayor costo y sus resultados podrán cambiar según el almacenamiento y/o la calidad de la placa presensibilizada.



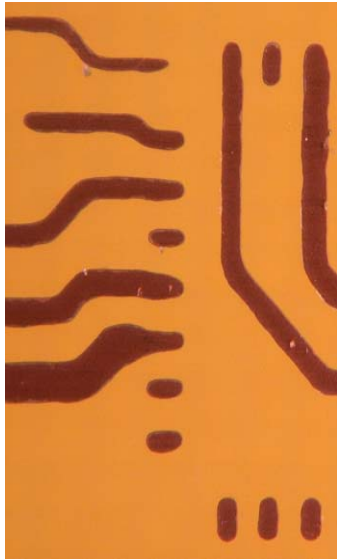


Figura 7. PCB Tarjeta Sensibilizada.

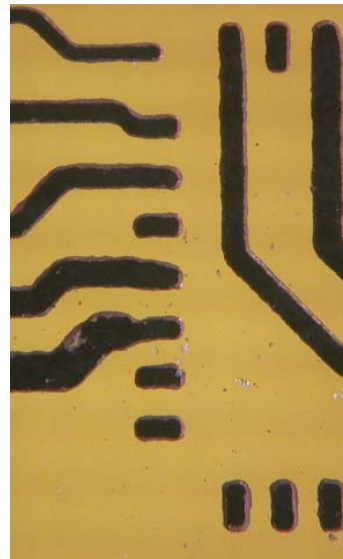


Figura 8. PCB con papel transfer.

#### 5 CONSIDERACIONES DE MONTAJE:

- Luego de eliminar las partes de cobre que quedaron desprotegidas con el atacado, se procede a limpiar la placa y a perforar los agujeros por donde se introducen los componentes.
- Se recomienda utilizar brocas de 0.6 a 1.25 mm de diámetro.
- Limpiar nuevamente la placa eliminando óxidos e impurezas.
- Colocar y ubicar los componentes en la dirección y posición correcta.
- Escoger el tipo de estaño adecuado.
- Utilizar el soldador para calentar el metal a soldar, y fundir el estaño directamente sobre este último.
- Colocar el soldador en un ángulo de 45 grados.
- No soplar la soldadura.
- Soldar los componentes más pequeños primero.
- Luego de soldar todos los componentes es recomendable utilizar solventes protectores de impreso (barniz, laca, acetona o tinner + perrubio).

#### CONCLUSIONES

Se encontró que la calidad del circuito impreso por el método de papel transfer, dependerá de la temperatura, presión y calidad del papel; además, en los primeros circuitos a elaborar, se requiere de diversos ensayos para conseguir los mejores resultados. Por otra parte, el exceso de calor causa que el toner se funda y pierda su uniformidad.

Tal como se observa en las fotos comparativas de las técnicas, en general, hemos encontrado que el método de tarjetas sensibilizadas es el que ofrece los mejores resultados; sin embargo, es el de mayor costo y sus resultados podrán cambiar según el almacenamiento y/o la calidad del sensibilizado. La técnica de serigrafía es recomendable utilizarla para diagramar la ubicación de los distintos componentes en la placa de circuito impreso, motivado a que su pintura no es conductora.

#### RECONOCIMIENTOS

A los estudiantes, pasantes, personal técnico y colaboradores del Laboratorio de Instrumentación Científica de la Facultad de Ciencias. ULA. Venezuela.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fernández, J. y J. Caride (2006). Técnicas de Montaje de Circuitos Impresos. Disponible abril 2007 de [http://chips.uvigo.es/articulos/PCBs\\_preliminar.pdf](http://chips.uvigo.es/articulos/PCBs_preliminar.pdf)
2. Ramírez, G. (2005). Fabricación Casera de Circuitos Impresos. Disponible junio 2007 de

- <http://www.geocities.com/ResearchTriangle/System/9627/un1.htm>.
3. Posada, C. (2007). Como evitar Interferencias. Disponible junio 2007 de [http://picmania.garcia-cuervo.com/Electronica\\_Basica\\_Interf.htm](http://picmania.garcia-cuervo.com/Electronica_Basica_Interf.htm)
  4. Tomado junio 2007 de <http://www.electronica2000.com>.
  5. Tomado junio 2007 de <http://www.todopic.com.ar>
  6. Tomado junio 2007 de <http://chips.uvigo.es>
  7. Effects Of Corners In PCB Traces PCB Thermal Copper Area. Disponible en:  
<http://circuitcalculator.com/wordpress/category/calculators/pcb/>
  8. Conductive Ink Traces Find PCB Trace Width Based on Power. Disponible en:  
<http://circuitcalculator.com/wordpress/category/calculators/pcb/>
  9. PCB Via Calculator y PCB Trace Width Calculator Disponible en:  
<http://circuitcalculator.com/wordpress/category/calculators/pcb/>
  10. National Semiconductor "Mounting of Surface Mount Components" August 2000 National Semiconductor Corporation
  11. Cadence OrCAD Disponible en: [www.cadence.com](http://www.cadence.com)
  12. National Instruments, Circuit Design. Disponible Julio 2008 en:  
[www.ni.com/academic/circuits.htm](http://www.ni.com/academic/circuits.htm)
  13. Altium, Designer Disponible Julio 2008 en: <http://www.altium.com/products/altiumdesigner/>
  14. LabCenter Electronics, Proteus. Disponible Julio 2008 en:  
<http://www.labcenter.co.uk/index.cfm>
  15. Cadsoft, Eagle. Disponible en: [www.cadsoftusa.com/](http://www.cadsoftusa.com/)
  16. Serway *Física para Ciencias e Ingeniería Vol. II 5ta Edición Mc Graw Hill 2005*.
  17. Protonic Chile S.A. "Requerimientos para la Fabricación de Circuitos Impresos" Abril -2003 Disponible en: <http://www.protonic.cl>
  18. Programas de Diseño y Simulación <http://www.linear.com/designtools/software/> Linear Technology Corp.
  19. Consorcio Scilab, <http://www.scilab.org/>
  20. Sapwin <http://www.cirlab.unifi.it/sapwin> University of Florence, Italy.
  21. Eagle [www.cadsoft.de/freeware.htm](http://www.cadsoft.de/freeware.htm) Cadsoft 2004
  22. Easy-PC <http://www.pcb-sw.com/9.html> Technology Sales Inc.
  23. Diccionario electrónico. <http://www.antex.co.uk/page.asp?id=glossary>

## REFERENCIAS DE APLICACIONES PRÁCTICAS

[www.ciens.ula.ve/~josperez](http://www.ciens.ula.ve/~josperez)  
[www.zuhe.ciens.ula.ve](http://www.zuhe.ciens.ula.ve)

## DATOS DE LOS AUTORES

Robert Salas

Laboratorio de Instrumentación Científica, Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela  
+58 (274) 2401264 Fax+58 (274) 2401286

[roberts@ula.ve](mailto:roberts@ula.ve)

José Fernando Pérez

Laboratorio de Instrumentación Científica, Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela  
+58 (274) 2401264 Fax+58 (274) 2401286

[josperez@ula.ve](mailto:josperez@ula.ve)

Jimer Ramírez

Laboratorio de Electrónica, Departamento Física, Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes, Venezuela  
+58 (274) 2401264 Fax+58 (274) 2401286

[jimer@ula.ve](mailto:jimer@ula.ve)