**FORMATO PARA EL DESARROLLO DE COMPONENTE FORMATIVO**

|  |  |
| --- | --- |
| PROGRAMA DE FORMACIÓN | Diseño y elaboración de circuitos impresos |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| COMPETENCIA | 280501088 - Implementar tarjetas electrónicas de acuerdo a las normas internacionales vigentes. | RESULTADOS DE APRENDIZAJE | 280501088-04. Generar la orden de trabajo de acuerdo a los requerimientos del cliente. |

|  |  |
| --- | --- |
| NÚMERO DEL COMPONENTE FORMATIVO | 04 |
| NOMBRE DEL COMPONENTE FORMATIVO | Fabricación del *Board* |
| BREVE DESCRIPCIÓN | La fabricación de circuitos impresos incluye perforación, ensamblaje y pruebas. Se utilizan métodos manuales *(motortool*) e industriales (CNC) con archivos Excellon y Gerber. La secuencia de montaje empieza con componentes pequeños y sigue un orden preciso. Se requieren equipos de protección durante la soldadura y corte de pines. Finalmente, se realizan pruebas para asegurar el funcionamiento del circuito. |
| PALABRAS CLAVE | Perforación, ensamblaje, circuitos impresos, CNC, soldadura |

|  |  |
| --- | --- |
| ÁREA OCUPACIONAL | 2 - CIENCIAS NATURALES, APLICADAS Y RELACIONADAS |
| IDIOMA | Español |

1. **TABLA DE CONTENIDOS:**
2. **Métodos de fabricación de circuitos impresos**
   1. Métodos convencionales
   2. **Métodos industriales**
   3. **Impresión de circuitos fotosensibilizados y placas fotosensibles**
3. Ruteado con máquinas CNC
4. Aplicación de antisolder mediante serigrafía (*Screen)*
5. **INTRODUCCIÓN**

La fabricación de circuitos impresos es un proceso clave en el desarrollo de dispositivos electrónicos, ya que permite integrar y conectar componentes eléctricos de manera eficiente. Para crear un circuito funcional, se debe realizar un diseño que luego se transfiere a una placa de cobre, marcando las áreas que formarán las pistas de conexión.

|  |  |
| --- | --- |
| TERRASSA, SPAIN-MARCH 19, 2019: Vintage Microchip PIC 16F 887 in the National Museum of Science and Technology of Catalonia | Posteriormente, se perfora la tarjeta para insertar los pines de los componentes, asegurando que estos queden bien sujetos y alineados con el diseño. La perforación puede hacerse de manera manual, con herramientas como ***motortools***, o industrialmente mediante máquinas CNC, que siguen archivos digitales específicos para asegurar precisión en cada perforación. |

Finalmente, se ensambla el circuito uniendo los componentes mediante soldadura, asegurando un buen contacto eléctrico y mecánico. Durante el proceso, se toman medidas de seguridad, como el uso de gafas y guantes, y se verifica el funcionamiento del circuito a través de pruebas. Este enfoque garantiza un ensamblaje duradero y funcional.

1. **DESARROLLO DE CONTENIDOS:** 
   * + 1. **Métodos de fabricación de circuitos impresos**

El proceso de diseño y desarrollo de circuitos llega a la etapa en la que el diseño elaborado en el *software* debe transferirse a la placa de cobre (bakelita) para su posterior fijación y ensamblaje de componentes. Existen distintos métodos para realizar esta transferencia, cada uno con características técnicas y formas de aplicación que dependen de las tecnologías disponibles. Los métodos incluyen:

* 1. **Métodos convencionales**

Los métodos convencionales se utilizan manualmente para la producción de circuitos a pequeña escala y suelen ser prácticos para la realización de prototipos y ejemplos. A continuación, se describen algunos de estos métodos:

|  |
| --- |
| Slide  CF04\_1.1\_Métodos convencionales |

|  |  |
| --- | --- |
| Símbolo de alerta de campana amarilla vectorial 3D redes sociales Icono de notificación de signo de exclamación rojo aislado. | **Nota.** La temperatura puede variar según la marca del papel. En caso de usar papeles de dibujo no termo transferibles, la plancha debe estar a su máxima potencia. |

* 1. **Métodos industriales**

Estos métodos permiten la producción a gran escala de circuitos impresos con alta precisión y calidad. Son ideales para proyectos industriales o de mayor envergadura. Entre los métodos más utilizados están:

**Serigrafía**

La serigrafía es una técnica antigua que permite transferir tinta a través de una malla de seda en un marco de madera. En la fabricación de circuitos impresos, esta técnica facilita la reproducción en serie del mismo diseño sin perder calidad, ideal para prototipos y aplicaciones industriales. El proceso de serigrafía en circuitos impresos es:

|  |
| --- |
| Pestañas  CF04\_1.2\_Serigrafía |

* 1. **I****mpresión de circuitos fotosensibilizados y placas fotosensibles**

Para finalizar el proceso y obtener el circuito impreso en la placa, se sigue el siguiente procedimiento:

|  |
| --- |
| Pestañas  CF04\_1.3\_Impresión de circuitos fotosensibilizados y placas fotosensibles |

La fotosensibilización de placas de cobre se realiza:

|  |
| --- |
| Acordeón  CF04\_1.3\_La fotosensibilización |

Una vez revelada y enjuagada, la placa puede retocarse con marcador para corregir imperfecciones y dejarla lista para el montaje de componentes electrónicos en el circuito.

1. **Ruteado con máquinas *CNC***

|  |  |
| --- | --- |
| El primer avance en el campo del control numérico computarizado (*CNC*) fue desarrollado en la década de 1940 por el inventor estadounidense John T. Parsons junto con su empleado Frank L. Stulen. No obstante, la primera fresadora data de 1818 y fue creada por el estadounidense Eli Whitney, con el objetivo de agilizar la fabricación de fusiles en Connecticut. Desde entonces, los esfuerzos se han orientado a mejorar la productividad, precisión, velocidad y flexibilidad de las máquinas y herramientas. Este tipo de tecnología ha facilitado la mecanización de piezas complejas, especialmente en la industria aeronáutica, que serían difíciles de fabricar manualmente. | CNC drilling machine is working with metal plate. Close-up |

Asimismo, sistemas controlados por computadora, como el *CEREC* de la marca alemana Sirona, se emplean para diseñar piezas dentales en cerámica. En el desarrollo de estas herramientas se integran sistemas robóticos, como los implementados en el laboratorio de manufactura del Instituto Tecnológico de Puebla. Los sistemas *CNC* también se utilizan en la elaboración de circuitos impresos, creando máquinas cada vez más eficientes y con protocolos más estandarizados.

|  |  |
| --- | --- |
| cnc laser machinery for metal cutting. | Hoy en día, los productos tecnológicos que ofrecen soluciones económicas a las necesidades de la industria y del hogar han ganado gran aceptación, convirtiéndose en una alternativa para implementar sistemas de automatización, control de procesos y domótica. En la producción industrial de *PCB*, se emplea maquinaria especializada tanto en procesos químicos como en el ensamblaje y pruebas de las tarjetas. |

**Proceso de ruteado en máquinas *CNC***

Este proceso comienza con un prototipo, generalmente realizado por máquinas *CNC*, que graban las pistas en la tarjeta mediante el ruteado. La máquina sigue las coordenadas cargadas en su memoria, utilizando una fresa rotatoria de alta velocidad.

|  |  |
| --- | --- |
| The image shows the production of aviation aluminum parts: workers at CNC machines, product quality control, technological operations for the aviation industry. | Las tarjetas producidas mediante ruteado se destinan principalmente a pruebas o prototipos; la producción en masa se realiza mediante procesos químicos, mientras que el ensamblaje se delega a máquinas de control numérico. Las máquinas *CNC* actuales han evolucionado rápidamente gracias a los avances en electrónica, mecánica y mecatrónica. |

Los componentes generales de los sistemas *CNC* son:

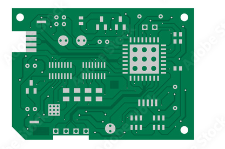
|  |
| --- |
| Acordeón  CF04\_2\_Proceso de ruteado en máquinas *CNC* |

**Generación de archivos *Gerber***

Existen múltiples programas para el diseño de *PCBs* asistidos por computadora. Los archivos *Gerber*, en formato *ASCII*, contienen información de coordenadas y tipos de líneas, lo cual permite a los *plotters* reproducir el *layout*, capa por capa. Este formato es estándar en la industria, asegurando la claridad y precisión necesarias para la fabricación de un *PCB*.

Para generar archivos *Gerber*, el *layout* del *PCB* debe cumplir con ciertos requisitos:

Los archivos *Gerber* necesarios para la fabricación incluyen serigrafía superior, máscara antisoldante, pistas de cobre, borde del *PCB* y soldadura en pasta.



**Herramientas utilizadas en *CNC***

Entre las herramientas comunes para el ruteado de cobre se encuentran las fresas chaflanadoras, fresas de corte y grabadores de bisel. Estas herramientas permiten líneas de corte de diferentes grosores según la aplicación.

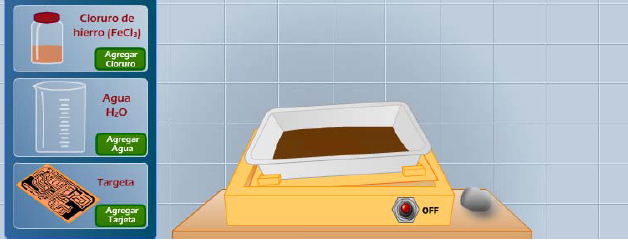


**Proceso químico para el ataque del cobre**

|  |  |
| --- | --- |
| Después de realizar el arte del circuito en la placa de cobre, se utiliza cloruro férrico (*FeCl₃*) para atacar el cobre expuesto y conservar únicamente las pistas. Este proceso se realiza en una solución de cloruro férrico, y es fundamental mantener la placa en constante movimiento dentro de la solución para asegurar un ataque uniforme. | FeCl3 iron(III) chloride CAS 7705-08-0 chemical substance in white plastic laboratory packaging |

El cloruro férrico, disuelto en agua, libera calor y reacciona con el cobre, formando cloruros de hierro y cobre. Es importante que la placa se lave adecuadamente tras el proceso para eliminar restos de cobre y evitar cortocircuitos.

**Figura 1.** Componentes generales del atacado de cobre por medios químicos



**Precauciones para el manejo de ácidos**

Para trabajar con sustancias químicas, como el cloruro férrico, se deben tomar las siguientes precauciones:

1. **Aplicación de *antisolder* mediante serigrafía *(Screen)***

En el proceso de diseño y desarrollo de los circuitos, se llega a una etapa en la que es necesario recubrir el cobre con materiales químicos altamente resistentes, capaces de soportar el manejo y las condiciones ambientales de trabajo.

**Figura 2.** Componentes para la aplicación del antisolder



Preparación de la máscara antisoldante para protección del cobre en circuitos impresos:

|  |
| --- |
| Acordeón  CF04\_3\_Aplicación de antisolder mediante serigrafía (Screen) |

**Aplicación de antisolder mediante lámina fotosensible**

|  |  |
| --- | --- |
| La aplicación de antisolder con láminas fotosensibles es comúnmente utilizada en entornos industriales. Existen películas sintéticas, como el *Dry-film Soldermask*, que requieren secado mediante rodillos calientes, siendo este el método más convencional. Sin embargo, el proceso exige laminadores especiales que se ajusten al grosor del sustrato, generalmente de 1/16", para lograr los mejores resultados. También se requiere la aplicación de aire caliente, horneado y exposición controlada a luz UV para asegurar una adecuada adhesión y curado sobre la lámina de cobre. Este método es recomendado para personas con experiencia en la laminación *Dry-film* y con acceso a las herramientas necesarias. | Close-up of soldering iron working on delicate electronic components, hardware integration, detailed craftsmanship |

**Nota.** Trabajar con una lámpara incandescente en una habitación con luz solar indirecta (se recomienda el uso de persianas o cortinas). No es necesario un cuarto oscuro fotográfico.

El proceso de aplicación de antisoldante en circuitos impresos implica limpiar el sustrato, adherir la lámina con presión para eliminar aire y agua, exponer a luz UV con un patrón positivo, revelar en solución y curar en horno para garantizar un recubrimiento resistente:

|  |
| --- |
| Slide  CF04\_3\_El proceso de aplicación de antisoldante |

**Método de perforación manual de tarjetas impresas**

La perforación manual suele realizarse mediante taladros pequeños o motortools, permitiendo una maniobra precisa y ajustable. A continuación, se detallan las instrucciones:

|  |
| --- |
| Pasos  CF04\_3\_Método de perforación manual de tarjetas impresas |

**Método industrial de perforación de tarjetas impresas**

Las perforaciones industriales se realizan con máquinas CNC y requieren archivos generados específicamente para guiar el proceso en la tarjeta. Antes de generar los archivos Gerber y Excellon Drilling será necesario adecuar el *layout* para la manufactura de su circuito impreso, siguiendo las siguientes recomendaciones:

|  |  |
| --- | --- |
| Circuit Board with Advanced Microchip on Assembly Line. Electronic Devices Production Industry. Fully Automated PCB Assembly Line. Electronics Manufacturing Facility or Factory |  |

**Brocas y herramientas**

Las herramientas para perforación son de "Micro Grano" de carburo, lo que les da durabilidad y precisión. A continuación, se presentan sus características:

**Tabla 1.** Brocas y herramientas utilizadas para la perforación de tarjetas impresas

|  |  |
| --- | --- |
| **Característica** | **Valor** |
| Geometría | 2 flautas, zanco 3.18 mm |
| Largo | 1.5 ± 0.010 pulgadas |
| Vida anticipada | 3,000 perforaciones (en FR4 epóxico) |
| Material | Carburo sólido de *micrograno* |
| RPM de operación | 20 k – 100 k RPM |

**Ensamble de componentes de circuitos impresos**

Para el montaje de componentes en un circuito electrónico, se debe seguir una secuencia específica comenzando con los componentes más pequeños, como puentes, diodos, resistencias, y avanzando hasta los componentes más grandes, como pines de conexión y zócalos de circuitos integrados.

|  |
| --- |
| Slide  CF04\_3\_Ensamble de componentes de circuitos impresos |

1. **SÍNTESIS**

A continuación, se presenta una síntesis de la temática estudiada en el componente formativo.

A diagram of a company

Description automatically generated with medium confidence

1. **ACTIVIDADES DIDÁCTICAS (Se debe incorporar mínimo 1, máximo 2)**

|  |  |
| --- | --- |
| DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD DIDÁCTICA | |
| Nombre de la Actividad | Fabricación y ensamble de circuitos impresos |
| Objetivo de la actividad | Aplicar los procesos de perforación, ensamblaje y pruebas en la fabricación de circuitos impresos, asegurando precisión y funcionalidad en el montaje de componentes electrónicos. |
| Tipo de actividad sugerida | CUESTIONARIO |
| Archivo de la actividad  (Anexo donde se describe la actividad propuesta) | *CF04\_Actividad didactica* |

1. **MATERIAL COMPLEMENTARIO:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tema | Referencia APA del Material | Tipo de material  (Video, capítulo de libro, artículo, otro) | Enlace del Recurso o  Archivo del documento o material |
| Métodos de fabricación de circuitos impresos | Ideatronic (2017). Circuito impreso con el METODO DEL PLANCHADO/Ideatroni. [Archivo de video] Youtube. | Video | <https://www.youtube.com/watch?v=MX9_9U6Wnu8> |
| Impresión de circuitos fotosensibilizados y placas fotosensibles | [Ideatronic](https://www.youtube.com/@Ideatronic1) (2016). Como hacer circuitos impresos CASEROS/Ideatronic. [Archivo de video] Youtube. | Video | <https://www.youtube.com/watch?v=hlGfd4A6BAU> |
| Ruteado con máquinas CNC | GADGETBRO MX (2016). Fabricación de tarjeta electrónica (PCB) con la CNC router 3018Pro [Archivo de video] Youtube. | Video | <https://www.youtube.com/watch?v=swtIq31ooGE> |
| Aplicación de antisolder mediante serigrafía (*Screen)* | JF AUTOMECÁNICA- (2021).COMO APLICAR MASCARA ANTISOLDER UV EN PCB, METODO CASERO. [Archivo de video] Youtube. . | Video | <https://www.youtube.com/watch?v=A7CDXzJBVSo&ab_channel=JFAUTOMEC%C3%81NICA> |

1. **GLOSARIO:**

|  |  |
| --- | --- |
| TÉRMINO | SIGNIFICADO |
| Circuito impreso: | placa que permite conectar componentes electrónicos mediante pistas de cobre. |
| Perforación: | proceso de crear agujeros en el circuito impreso para insertar componentes electrónicos. |
| CNC: | máquina de control numérico utilizada para realizar perforaciones precisas en la fabricación de circuitos. |
| *Motortool:* | herramienta manual de alta velocidad utilizada en la perforación de placas de circuito impreso. |
| *Excellon:* | archivo digital que contiene instrucciones específicas para las perforaciones en máquinas CNC. |
| Gerber: | archivo que define el diseño y disposición de las pistas en un circuito impreso. |
| Soldadura: | proceso de unión de componentes en el circuito mediante un metal fundido que asegura el contacto eléctrico y mecánico. |
| Puente THT: | componente que conecta dos lados de una placa de circuito, generalmente en forma de tubo conductor para evitar oxidación. |
| Base para integrados: | soporte donde se insertan los circuitos integrados, permitiendo un reemplazo fácil sin necesidad de soldadura adicional. |
| *Solder mask:* | capa protectora aplicada sobre las pistas del circuito impreso para evitar cortocircuitos y proteger contra la oxidación. |

1. **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

Bosch, G. (2019). Manufactura de circuitos impresos: Procesos de perforación y ensamblaje. Editorial Electrónica Moderna.

Graham, S., & Parker, L. (2020). Introduction to PCB design and fabrication. PCB Books.

Hall, D. R. (2018). CNC machining and PCB fabrication. Springer.

Jansen, M., & Lee, T. (2021). The complete guide to circuit board assembly. Tech Press.

Johnson, M. (2017). Electronics assembly and soldering techniques. McGraw-Hill Education.

1. **CONTROL DEL DOCUMENTO**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Nombre | Cargo | Dependencia  *(Para el SENA indicar Regional y Centro de Formación)* | Fecha |
| Autor (es) | Francisco Arnaldo Vargas Bermúdez | Experto temático | Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios | 2017 |
| Paola Alexandra Moya | Evaluadora instruccional | Regional Antioquia - Centro de Servicios de Salud | 2024 |
|  | Olga Constanza Bermúdez Jaimes | Responsable Línea de Producción Antioquia | Regional Antioquia - Centro de Servicios de Salud | 2024 |

1. **CONTROL DE CAMBIOS**

**(Diligenciar únicamente si realiza ajustes a la Unidad Temática)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Nombre | Cargo | Dependencia | Fecha | Razón del Cambio |
| Autor (es) |  |  |  |  |  |