



Componente formativo

Diseño de placas para circuito impreso

Breve descripción:

El presente componente formativo se encamina al diseño de placas para circuitos impresos, pasando por las herramientas de diseño asistido por computador y la normativa para su creación.

Área ocupacional:

Procesamiento, fabricación y ensamble

Junio 2023

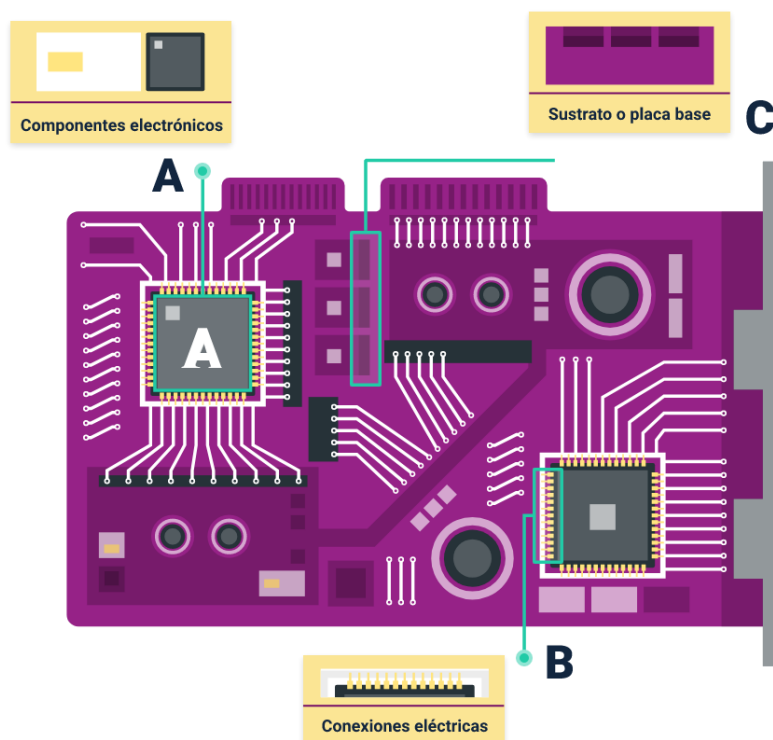
Tabla de contenido

Introducción.....	3
1. Implementación del diseño para la fabricación del circuito impreso, en software especializado	4
2. Herramientas de diseño (CAD/CAM)	11
3. Normativa.....	18
3.1. Normas internacionales y nacionales de diseño y manufactura de productos electrónicos	19
3.2. Normas de seguridad y salud en el trabajo.....	20
4. Documentación del diseño para la fabricación de la placa de circuito impreso	21
Síntesis	25
Material complementario	26
Glosario	27
Referencias bibliográficas	28
Créditos	29

Introducción

En los componentes formativos anteriores se ha trabajado sobre los circuitos eléctricos y electrónicos, estos abren el camino hacia las tarjetas electrónicas que serán revisadas en el presente componente formativo para conocer sus características, funciones, aplicaciones y normativas internacionales y nacionales.

Figura 1. Circuito impreso



- componentes electrónicos.
- conexiones eléctricas.
- sustrato o placas de base.

Un circuito impreso es la unión de diferentes circuitos para cumplir una o varias tareas dependiendo de la configuración de este, especialmente en aplicaciones industriales, académicas y otras.

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 esta (Salas, Pérez y Ramírez, s. f.).

1. Implementación del diseño para la fabricación del circuito impreso, en software especializado

Para el diseño de un circuito impreso se utilizan componentes eléctricos como las resistencias, condensadores, bobinas, diodos y transistores -vistos en los componentes anteriores-, que cumplen la tarea de un objetivo determinado. Son populares en las instituciones educativas del área de electrónica y sirven de base para diferentes aplicaciones.

Hay una gran variedad de programas para diseñar los circuitos impresos. Según Proto Electronics (s.f.), existen distintos softwares gratuitos (de uso libre) y de pago para el diseño de circuitos impresos, que van desde la fase de protocolo hasta la industrialización, los cuales tienden a costar decenas de miles de dólares, entonces, ¿cómo saber escoger?

Sobre la base de las preferencias de los clientes de Proto Electronics (s.f.), se ha establecido la clasificación de los diez mejores programas de CAO electrónico.

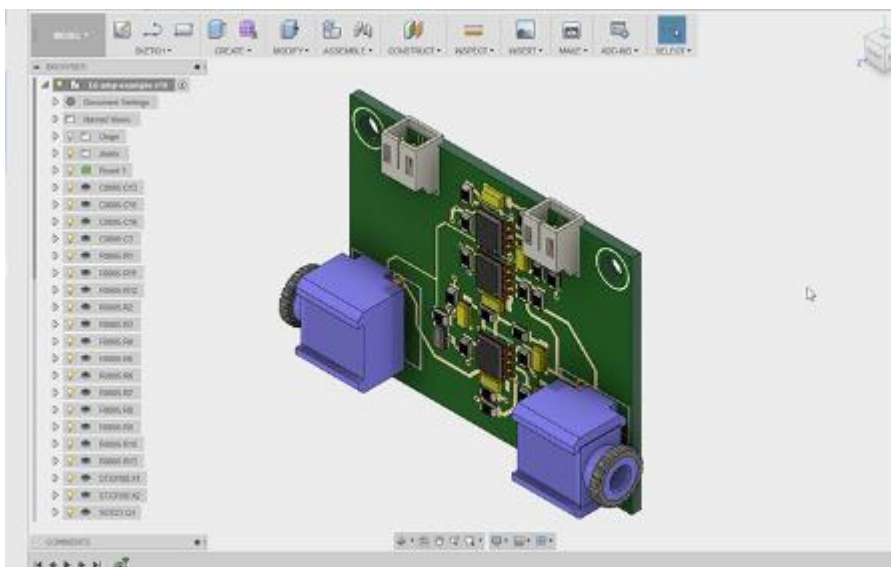
1. Eagle

Es un programa informático para diseño de circuitos impresos y tarjetas electrónicas creado por la empresa alemana *Cad Soft Computer GmbH*, la cual fue posteriormente adquirida por Autodesk en 2016. EAGLE significa *Easily Applicable Graphical Layout Editor*.

Este programa permite crear y editar diagramas electrónicos, editar tarjetas de circuitos impresos con enrutadores y generar archivos GERBER. Posee una amplia biblioteca de componentes y trabaja con un programa de programación similar al lenguaje C.

Cuenta con un sinnúmero de tutoriales, cuatro versiones de costo y una para el campo educacional que no tiene valor. Adicional a ello, posee la ventaja de funcionar fuera de Windows en ambientes Mac OS X o Linux.

Imagen 1. programa informático para diseño de circuitos impresos y tarjetas electrónicas



Si desea conocer más sobre este *software*, le invitamos a revisar el [enlace](#).

La anterior descripción de los programas más utilizados en el diseño de circuitos impresos es una relación actual (de la época), pero puede cambiar fácilmente debido a los avances de la tecnología, actualizaciones de los programas de las empresas o también por nuevos *softwares* o versiones de los desarrolladores libres. Sin embargo, existen muchos otros programas para el diseño de las PCB que, posiblemente, se puedan esperar durante el curso o que en el interés de investigación aplicada los aprendices puedan encontrar.

2. Altium

Creada con el nombre de *Protel Systems* en Australia, transformándose en Altium en 2001 para convertirse como empresa del mercado estadounidense. El programa es utilizado por un alto número de usuarios y ofrece otras herramientas adicionales a las de la industria.

Permite el diseño de las tarjetas impresas de circuitos o PCB, de las siglas en inglés *Printed Circuit Boards*, con su etapa de diagramación, incluyendo los planos, ubicación de componentes y rutas de conexión, además de documentación y simulación.

Trae, además, diseño en tercera dimensión, circuito impreso y de esquema, como las salidas (file outputs) de archivos de fabricación. Se caracteriza por el diseño de fabricación *Design for Manufacturing* (DFM) para asegurarse que sus diseños de PCB son funcionales, fiables y fáciles de fabricar.

Está preparado para trabajo en sistemas educativos al igual que para grandes empresas, entre las cuales, es uno de los programas favoritos. *Altium Designer* está diseñada únicamente para *Windows*.

En la página *web* de *Altium* puede descargar una versión completa de prueba y probarla durante 15 días. También se encuentran disponibles talleres virtuales. [Clic aquí.](#)

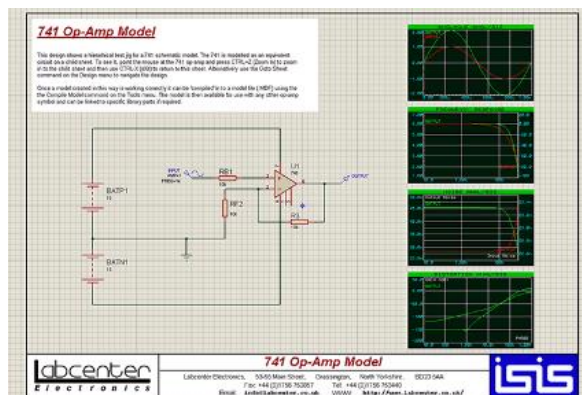
3. Proteus

Fue fabricado por *Lab Center Electronics Ltd.*, empresa del Reino Unido. Se caracteriza por dos paquetes principales de programas: ISIS, para la creación de esquemas y simulación eléctrica, y ARES para la solución de enrutamiento del PCB, con la disposición automática de los componentes.

El programa IRIS trae integrado el módulo VSM que se encarga del modelado virtual del sistema. El programa ARES, o *Advanced Routing and Editing Software* (*Software* de Edición y Ruteo Avanzado) se encarga del enrutado, ubicación de componentes y la fabricación propia del circuito impreso. Posee una amplia biblioteca de componentes en la librería.

Tiene dos herramientas poderosas para la fabricación automática de los circuitos *auto router* y *electra auto router*, lo cual facilita el diseño.

Imagen 2. Modelo Op-Amp.



Nota. Tomada de Proto-electronics (s.f.)

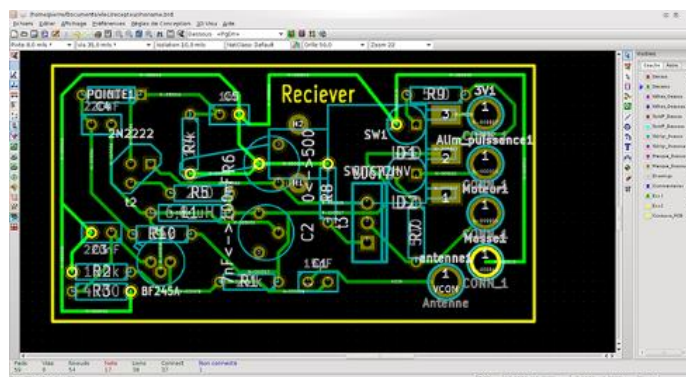
Si desea conocer más sobre este software, le invitamos a revisar el enlace. [Clic aquí.](#)

4. KiCad

Es un programa libre y de código abierto para el diseño de tarjetas de circuito impresos, desarrollado inicialmente por Jean-Pierre Charras y actualmente administrado por *Kicad Development Team*. Este programa de diseño incluye la gestión de esquemas, el enrutamiento de PCB y la posibilidad de modelado en 3D para los ingenieros electrónicos.

Cumple con todas las funcionalidades de un buen programa de diseño de PCB, con gestión de proyectos, edición de planos y esquemas electrónicos, edición de circuitos impresos, ubicación de componentes, uso de archivos Gerber, y herramientas de ayuda para el cálculo de componentes.

Imagen 3. Diseño de tarjetas de circuito impreso.



Si desea conocer más sobre este software, le invitamos a revisar el enlace. [Clic aquí.](#)

5. Velocidad *OrCAD PCB Designer*

Es otro programa muy utilizado en el diseño de tarjetas de circuitos impresos, desarrollado por la fusión de SDA Systems y ECAD, usado para dibujar planos o esquemas electrónicos, simulación o modelado y para la elaboración de los circuitos impresos y sus respectivas placas.

Ayuda en la colocación de los componentes y enrutamiento, a través de la opción de enrutamiento interactivo; puede realizar modificación automática, tiene mejora de rendimiento y de la fiabilidad del PCB. Además, cuenta con simulación mecánica y eléctrica de los circuitos eléctricos electrónicos, librerías y editor de símbolos.

Cadence Design Systems es una empresa líder en el mercado de *software* de CAO electrónico; y edita los programas *Allegro PCB Designer* y *OrCAD*.

Si desea conocer más sobre este software, le invitamos a revisar el enlace. [Clic aquí.](#)

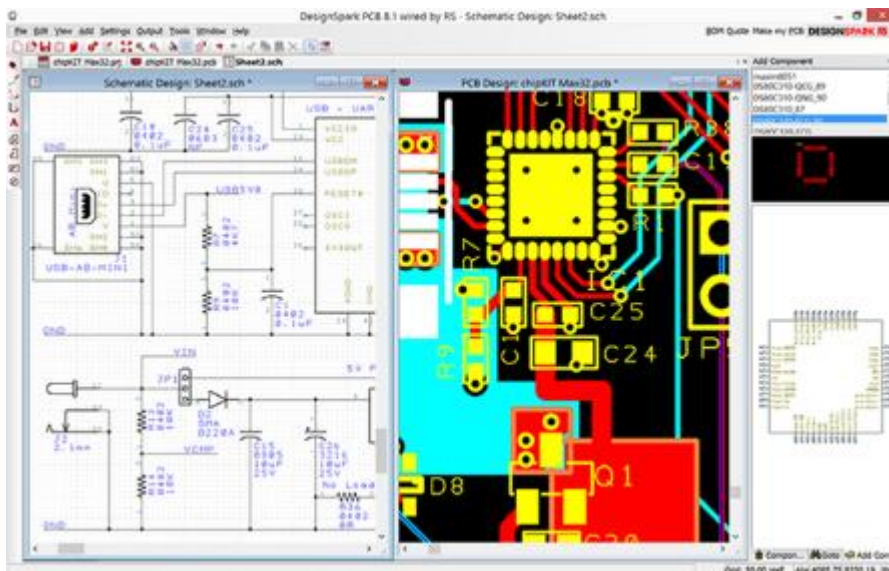
6. *Design Spark*

Es un programa de diseño asistido por computador CAD electrónico libre, resultado de la colaboración entre el principal distribuidor de componentes del mundo, *RS Components*, y el desarrollador de *software* *Number One Systems*. Es un programa único y motor poderoso de diseño de PCB que habilita la captura de esquemáticos, diseño de las tarjetas de circuitos impresos y sus planos.

Tiene centro de diseño, herramientas CAD eléctricas y mecánicas, librerías, foros de la comunidad y la Universidad de RS Componentes. Genera archivos Gerber para documentación y archivos de perforación *Excellon*.

Si desea conocer más sobre este software, le invitamos a revisar el enlace. [Clic aquí.](#)

Imagen 4. Design Spark.



Nota.Tomado de Rds10 (2019).

7. Protel

Es un programa conocido como la versión inicial de *Altium Designer*, pero no por eso es reconocido, sino por sus grandes fortalezas en el diseño de tarjetas de circuitos impresos PCB.

Se destaca por su exactitud y eficiencia en el diseño de placas, esquemas y diseño de componentes. Su problema es la antigüedad del programa y el uso de herramientas especiales para su actualización.

Si desea conocer más sobre este software, le invitamos a revisar el enlace. [Clic aquí.](#)

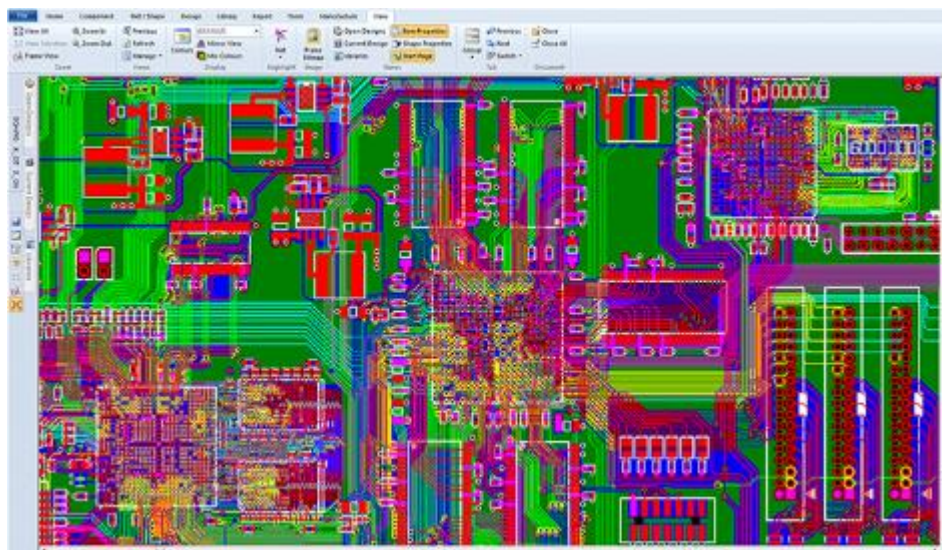
8. CADSTAR

Es una herramienta de *software* de automatización del diseño electrónico (EDA) basada en *Windows* para diseñar y crear diagramas esquemáticos y placas de circuito impreso (PCB). Proporciona a los ingenieros una herramienta para el diseño de placas de circuito impreso simples o complejas, de varias capas.

Cadstar abarca la captura de esquemas, la gestión de variantes, la colocación, el enrutamiento automático y de alta velocidad, la integridad de la señal, la integridad de la energía, el análisis de EMC, la comprobación de las reglas de diseño y la producción de datos de fabricación.

Es un programa de más de 25 años de servicio creado por franceses y en el 2019, se ha lanzado la nueva versión denominada *eCadstar*; ahora perteneciente a un grupo japonés *Zuken*.

Imagen 5. Cadstar.



Si desea conocer más sobre este software, le invitamos a revisar el enlace. [Clic aquí.](#)

9. Sprint-Layout

Sprint-Layout es un programa utilizado para el diseño rápido y sencillo de placas de circuito impreso. Dispone de una amplia biblioteca con una serie de componentes comunes, desarrollado por *Abacom*.

Es un software fácil de utilizar para el diseño de tarjetas de circuitos impresos electrónicos con la ventaja de bibliotecas, función automatizada de PCB, en doble cara, generación de archivos para documentación *Gerber* y *Excellon*, entre las principales características.

Si desea conocer más sobre este software, le invitamos a revisar el enlace. [Clic aquí.](#)

10. PADS PCB

PADS es desarrollado por la *Société Mentor Graphic*, empresa francesa adquirida por el grupo Siemens de Alemania. Está pensado para la pequeña y gran empresa, pues permite una fácil configuración del diseño de PCB. El programa soporta al técnico o ingeniero desde el inicio del prediseño hasta la impresión final.

Tiene varias características relacionadas con el diseño de planos, gestión de las cargas eléctricas, rutas de conexión, librerías de componentes, ubicación y enrutamiento interactivo con herramientas CAD, archivos de documentación, simulación analógica y/o digital. Análisis de la integridad de la señal transmitida y de las cargas eléctricas o físicas comprometidas.

Si desea conocer más sobre este software, le invitamos a revisar el enlace. [Clic aquí.](#)

La anterior descripción de los programas más utilizados en el diseño de circuitos impresos es una relación actual (de la época), pero puede cambiar fácilmente debido a los avances de la tecnología, actualizaciones de los programas de las empresas o también por nuevos softwares o versiones de los desarrolladores libres. Sin embargo, existen muchos otros programas para el diseño de las PCB que, posiblemente, se puedan esperar durante el curso o que en el interés de investigación aplicada los aprendices puedan encontrar.

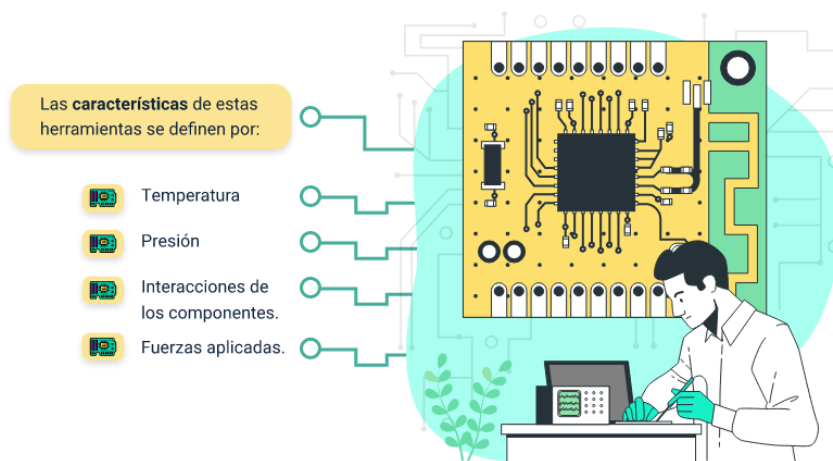
2. Herramientas de diseño (CAD/CAM)

Las herramientas de diseño mediante asistencia de computador o CAD (*Computer Aided Design*), se utilizan para el desarrollo de tarjetas con componentes electrónicos. Igualmente las siglas CAM también proceden del inglés, *Computer Aided Manufacturing*, traducido como fabricación asistida por computador. Así mismo, es frecuente encontrar la sigla CAE, *Computer Aided Engineering*, traducida como ingeniería asistida por computador.

En un concepto general, las tres herramientas sirven para diseño, pero las más utilizadas son CAD/CAM. Los programas CAE se usan para una mayor complejidad.

A continuación, se presentan las características que definen estas herramientas.

Figura 2. Características



Las características de estas herramientas se definen por:

- a. Temperatura
- b. Presión
- c. Interacciones de los componentes.
- d. Fuerzas aplicadas.

Las características utilizadas se referencian según protocolos y parámetros programados en la simulación y están basados de acuerdo al trabajo, medio ambiente e interacciones que el modelo o prototipo debería realizar al iniciar la operación.

Los métodos de operación de estas herramientas permiten mejorar la producción de una empresa, la calidad, la comunicación entre los departamentos internos y una mejor documentación, ya que toda la información está almacenada en datos. Esto facilita la creación de tarjetas con componentes electrónicos, pues el diseño se exporta como medio electrónico para la impresión, prototipado, mecanizado y otras tareas relacionadas.

Las librerías o bibliotecas, por su parte, que se utilizan dentro de las herramientas de diseño, son archivos prediseñados o diseñados en la fábrica del programa CAD/CAM para facilitar el proceso de diseño en sí, por ejemplo, en ellas se encuentran los componentes

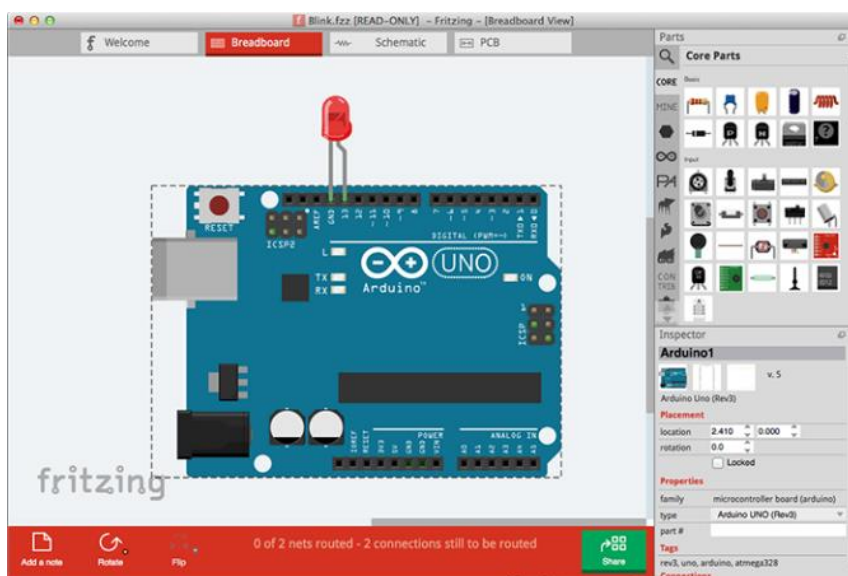
eléctricos/electrónicos, las fuentes de poder o voltaje, fuentes de corriente y algunos circuitos de uso general o cotidiano.

Los diseñadores pueden ir construyendo algunas librerías para su uso particular en los programas abiertos, estas librerías o bibliotecas de elementos, pueden ser utilizados por cualquier usuario. Hay casos de programas que utilizan millones de elementos en sus librerías.

Herramientas de diseño (CAD/CAM)

A continuación, se muestra un ejemplo de diseño mediante asistencia de computador o CAD (*Computer Aided Design*).

Imagen 1. Ejemplo de diseño mediante asistencia de computador o CAD



Nota. Tomado de Fritzing Team (2014)

Ahora, se indican algunas propiedades de las herramientas CAD/CAM.

a. Aspectos de integridad de señal

La integridad de señal es muy importante en la operación de las tarjetas electrónicas, ya que la frecuencia es portadora de la información y una variación de ella, podría alterar las características del circuito y de la información a transmitir. En las actividades de desarrollo,

diseño y construcción de circuitos impresos o tarjetas electrónicas es esencial conservar las señales eléctricas, es decir las señales del voltaje y corriente, y su relación con el tiempo, ya que se podrían añadir efectos externos como ruido o interferencias.

En las primeras tarjetas electrónicas preservar la señal era fundamental en los dispositivos electrónicos de aplicación militar, comunicaciones, medicina y aeroespacial. Actualmente, esto es requisito para todas las aplicaciones debido a la mayor interacción de los circuitos y de los dispositivos.

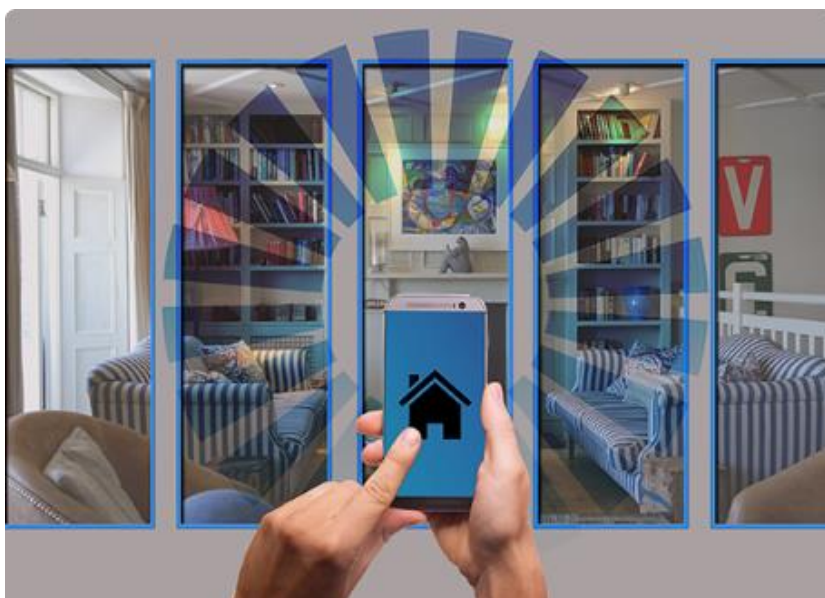
Expresa Aldo Morales (2009) en Ingeniare, revista chilena de ingeniería, sobre la confiabilidad de la señal, lo siguiente:

El tema de la integridad de las señales ha sido identificado, hace mucho tiempo, como un área clave para el desarrollo científico, pues la velocidad de los nuevos diseños digitales cada vez se incrementa más, llegando a los rangos de gigabits por segundo.

De hecho, la National Science Foundation (NSF) predijo, en un informe de un taller de sistemas de mil millones de transistores en 1998 (que se encuentra en un sitio Web de Princeton University), que: "El futuro diseño de circuitos integrados estará impulsado por las interconexiones, no transistores". Además, la tecnología de interconexión está cambiando rápidamente. Como resultado de ello, es fundamental el desarrollo de metodologías, algoritmos y métodos en la que puede manejar las interconexiones de las generaciones futuras.

La integridad de las señales es un gran problema hoy y lo será aún más en el futuro. Nuevas tecnologías de interconexión, como el cobre y las bajas temperaturas de las interconexiones, presentarán nuevos problemas. "Por lo tanto, el rendimiento de las interconexiones se ha convertido en uno de los factores claves en el funcionamiento de un sistema fiable a altas velocidades" (p. 4-5).

Por ejemplo, la interacción en internet de dispositivos, llamada internet de las cosas, y otros tipos de comunicación como el telerremoto utilizadas para control y supervisión.



b. Clasificación de pistas

Las pistas son los caminos de comunicación del circuito, generalmente están contruidos en cobre, material que es buen conductor, y su objetivo es conectar los diferentes elementos que conforman el circuito impreso.

En el principio, las placas tenían orificios para conectar los elementos con sus respectivos pines, técnica llamada a través del hueco, estos diseños eran realizados a mano. Actualmente se hacen con los programas de simulación y/o diseño electrónico.

Luego de diseñado el plano del circuito, se podría implementar para pruebas en un “protoboard”, el cual se puede definir como una placa de pruebas o tarjeta de pruebas, por su nombre en inglés, que facilita procesos de verificación y comprobación, ya que los componentes, se pueden desmontar o cambiar fácilmente. Las pistas pueden ir en una cara o en ambas caras de la placa.

Las pistas van sobre la placa, la cual está elaborada con un material no conductor, preferiblemente fibra de vidrio, cerámica, plástico u otros polímeros como la baquelita.

c. Redes críticas y no críticas

Las redes son como las carreteras del circuito, conectan los elementos entre sí o con otros circuitos para producir el objetivo o tarea de la tarjeta. Dependiendo de la complejidad de esta, existirán redes más críticas que otras.

Con los programas de diseño o simulación, se pueden utilizar las redes en vez de los cables que se utilizaban en las producciones manuales e incluso en las conexiones del protoboard; las redes tienen varios canales de comunicación para facilitar la ubicación de elementos y una optimización del espacio de la tarjeta, al igual que eficiencia del conductor.

De acuerdo con su tamaño y número de carriles de las redes se hacen más críticas y en especial por la clase de señal que transporta.

Las redes más críticas se encuentran en tarjetas multicapa. La imagen presenta un circuito impreso de cuatro capas.

d. Distorsión de cruce

La distorsión se presenta cuando las derivaciones asociadas con los agujeros de las vías pueden resonar y causarla en forma de onda. Las derivaciones en las vías se presentan especialmente en las interconexiones de las tarjetas de circuitos impresos en razón a que pueden atenuar o distorsionar las señales que pasan por ellas.

Las diferencias entre la impedancia característica de la pista y la impedancia de salida del conductor, o la impedancia de entrada de la carga, es la creación de reflexiones de la señal, las cuales, a su vez distorsiona la forma de onda de la señal. Las reflexiones reducen los márgenes de ruido del sistema y pueden causar fallos no deseados en las señales. Los efectos de líneas de transmisión dependen del tiempo de conmutación y no de la frecuencia de la señal.

Los cambios de impedancia pueden presentar una distorsión la cual puede ocasionar fallas severas en el sistema. Los sistemas digitales ayudan a solucionar este problema con controles de la impedancia.

Las variaciones de la señal pueden causar distorsiones y las caídas de la frecuencia, aumentarlas.

e. Terminaciones

En los circuitos impresos se presentan terminaciones de entrada y salida, caracterizadas por procedimientos de terminación entre las impresiones conductoras de circuitos impresos con la interconexión de los circuitos con el sistema.

La conexión de las terminaciones se puede hacer por contacto con el borde de la placa o por conexión tipo enchufe. Estas conexiones tipo enchufe se pueden realizar en forma unitaria o múltiple.

Se identifican también las terminaciones en la forma de soldar los alambres de un circuito impreso con el sistema a través de la placa y en la conexión de los conectores.

f. Interconexión

Las interconexiones son un elemento básico de los circuitos impresos y se podría decir que son la base de estos, pues a través de la comunicación de las pistas o conductos se transmite la señal, ayudan en la reducción de espacio en las tarjetas y, aunque las conexiones son complejas, contribuyen en la transmisión de las señales eléctricas.

De igual forma, por el tipo de conexiones permiten la clasificación de las tarjetas de una sola cara, de doble cara o multicapa.

g. Trazado y enrutamiento

El trazado se inició con el dibujo en papel de un croquis del circuito y mostraba sus rutas para convertirlo manualmente en planos-modelo que se pudieran digitalizar y utilizar actualmente por las máquinas trazadoras.

El dibujo modelo básico por lo general registra las siguientes impresiones:

1. Contorno de la placa.
2. Sistemas de referencia (con todas sus advertencias y marcas).
3. Impresión y rotulación de los conectores.

4. Posición del agujero sustento.
5. Configuración normalizada de agujeros.
6. Planos de tierra y de capacidad.
7. Posiciones de salida del conector, según detalla el producto.
8. Nudos de prueba, según asigna la especificación de pruebas del producto.

Estas impresiones tienen la posibilidad de ser recurrentes, repetitivas o fijas y como tales se manifiestan en el dibujo.

Para un buen trazado se requiere una adecuada disposición de los elementos en la placa, la cual mejora la comunicación del enrutado y además disminuye costos de espacio y materiales.

Las herramientas asistidas por computador son de gran ayuda para modelar las tarjetas de circuitos de impresos y su respectiva producción, pues permiten el simulado y corrección de errores junto con la producción de las mismas para entregar al cliente final.

3. Normativa

El procedimiento del diseño y desarrollo de circuitos eléctricos/electrónicos se ha reglamentado a nivel nacional e internacional, pues se requiere que los formatos de comunicación internos funcionen lo mejor posible y la tarjeta electrónica produzca el objetivo planeado.

Muchos de los dispositivos que se producen tienen parte electrónica para control, regulación y hasta para integración con otras tecnologías y/o sistemas de comunicaciones. Por estas razones es necesario que las tarjetas electrónicas cumplan con las normas de estandarización como pueden ser las determinadas por la ISO, International Standardization Organization, organización que es acogida por la mayoría de los países y cubre muchos aspectos, entre ellos la gestión de calidad, el medioambiente, la salud y seguridad en el trabajo, y el área de tecnología; y a su vez las normas de uso internacional son acogidas para normas nacionales en los países.

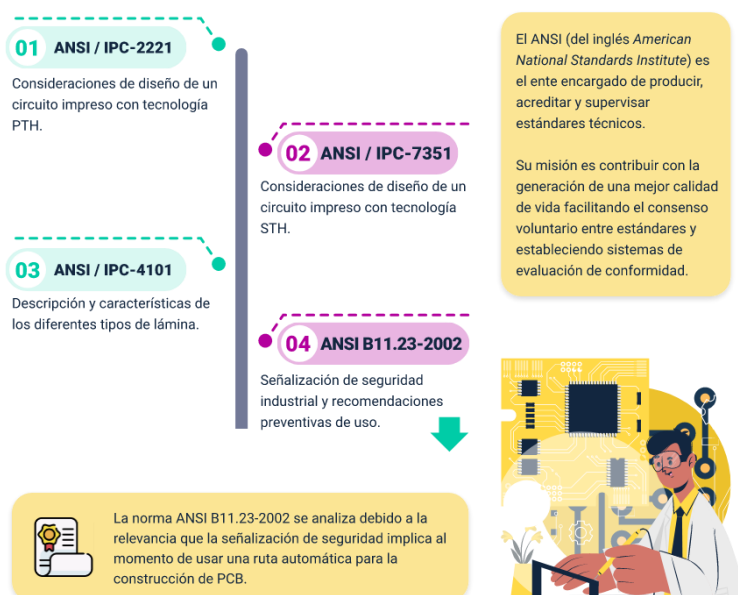
De la ISO, con aplicación al tema de circuitos, se rescatan normas de hardware mecánico, calidad y estandarización numérica.

3.1. Normas internacionales y nacionales de diseño y manufactura de productos electrónicos

Las normas provenientes de organizaciones internacionales o de comunidades de países son de ámbito internacional y son adaptadas o adoptadas por los países. Dentro de estas reglamentaciones, también se encuentra la normativa IEC (*International Electrotechnical Commission*) que define los componentes electrónicos usados en equipos y máquinas. Los comités del IEC se encargan de definir los componentes, conectores, PCB, tecnología de montaje superficial y la automatización del diseño.

Para este caso, el interés se centra en las IPC (*Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits*) que se encargan de regular la comunicación entre proveedores y consumidores en la industria de las PCB. Dentro de estas normas, cuatro de ellas se consideran pertinentes para el desarrollo del proyecto.

Figura 3. Normas ANSI



01 ANSI/IPC-2221

Consideraciones de diseño de un circuito impreso con tecnología PTH.

02 ANSI/IPC-7351

Consideraciones de diseño de un circuito impreso con tecnología STH

03 ANSI/IPC-4101

Descripción y características de los diferentes tipos de lámina.

04 ANSI B11.23-2002

Señalización de seguridad industrial y recomendaciones preventivas de uso.

El ANSI (del inglés *American National Standards Institute*) es el ente encargado de producir, acreditar y supervisar estándares técnicos.

Su misión es contribuir con la generación de una mejor calidad de vida facilitando el consenso voluntario entre estándares y estableciendo sistemas de evaluación de conformidad.

La norma ANSI B11.23-2002 se analiza debido a la relevancia que la señalización de seguridad implica al momento de usar una ruta automática para la construcción de PCB.

Otra entidad internacional que regula en el campo de la electrónica, y específicamente en las comunicaciones, es la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones - International Telecommunication Union), entidad adjunta a la ONU para regular las telecomunicaciones y radiocomunicaciones.

3.2. Normas de seguridad y salud en el trabajo

Las normas de seguridad y salud en el trabajo son de alta importancia porque están relacionadas con la vida y salud del trabajador; en el caso de los técnicos, tecnólogos e ingenieros que manipulan circuitos impresos o tarjetas electrónicas manejan, normalmente, niveles bajos de potencia, es decir corrientes pequeñas y voltajes DC o AC en la magnitud de 110 voltios que en algunos países cambia a 220 voltios AC.

Las normas de seguridad y salud en el trabajo están regidas por la ISO (en español OSI) y están relacionadas en las normas OHSAS, en las que se define el accidente de trabajo, la enfermedad profesional, los riesgos en el trabajo y las medidas que los operadores deben tener para evitar situaciones mencionadas.

También existen normas de ámbito nacional e internacional relacionadas con el medio ambiente, en especial con la reposición y reciclaje de los elementos eléctricos electrónicos denominada RAEE, conocida como Gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos.

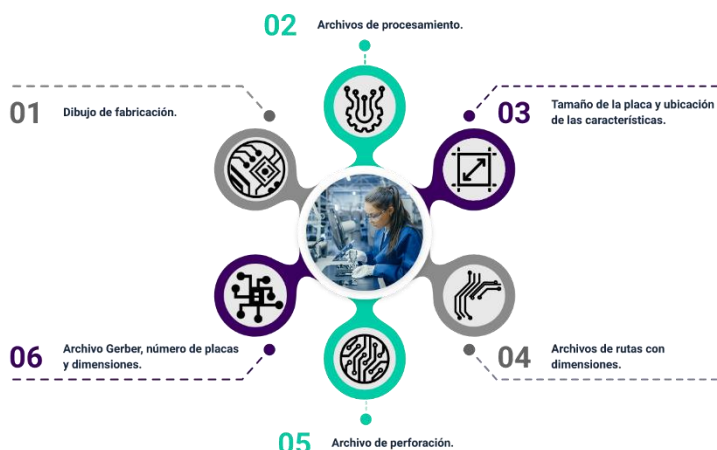
Igualmente, se aplica la Directiva RoHS, la cual es una sigla que proviene del inglés y significa Restriction of Hazardous Substances. Esta emite restricciones para el uso de sustancias peligrosas o tóxicas en la construcción de elementos eléctricos electrónicos como metales pesados y otras sustancias.

4. Documentación del diseño para la fabricación de la placa de circuito impreso

La documentación para la fabricación de circuitos impresos es imprescindible de registrar, porque es la comunicación del proyecto o diseño entre el cliente inicial, el diseñador y el fabricante de la tarjeta o circuito con las instrucciones precisas del producto.

Se deben crear, en general, los siguientes documentos, los cuales podrían variar ligeramente teniendo en cuenta el programa de diseño, simulación y/o fabricación, así:

Figura 4. Documentación del diseño



01 dibujo de fabricación.

02 archivos de procesamiento.

03 tamaño de la placa y ubicación de las características.

04 archivos de rutas con dimensiones.

05 archivo de perforación.

06 archivo Gerber, número de placas y dimensiones.

La gestión de la documentación es importante en el proceso de fabricación porque contiene los archivos de prediseño, diseño, desarrollo y fabricación del circuito impreso o tarjeta electrónica, incluyendo también datos como la planificación, costos y otros.

Se puede destacar dentro de la gestión de la documentación, algunos casos especiales como los siguientes:

Figura 5. Gestión de la documentación.



a. Gestión de las librerías

Revisar, adicionar (en los programas libres) y editar en las bibliotecas elementos a utilizarse en el diseño de las tarjetas de circuito impreso.

b. Gestión de componentes

Uso adecuado de los elementos para aplicar en el PCB, con sus características y condiciones respectivas.

c. Gestión de interconexiones

Encontrar la mejor ruta para establecer en la placa, ubicar los componentes y realizar el enrutado para ahorro de espacio y conexiones.

d. Gestión de datos

Los datos son guardados en archivos de acuerdo a la tarea realizada, algunos son de tipo general o particular para algunos programas.

Los formatos, de acuerdo al programa de diseño, deben ser rigurosamente diligenciados para proporcionar información de alta calidad y fidedigna. Cada programa tiene sus formatos de registro de componentes, enrutamiento, prediseño, diseño y fabricación, por lo cual el registro se debe ajustar al formato para que la información sea clara y completa con el objetivo de evitar fallas o errores por mal registro de la información.

Algunos archivos pueden aceptar una tolerancia en el registro cuando se aplica por ejemplo a la utilización del modelado mediante el uso de CAD.

Las notas en la planeación son importantes para el registro, así como el prediseño en la conversación inicial con el cliente.

Es importante conocer a qué se refiere un archivo Gerber, el cual se encuentra en formato texto ASCII y reúne los parámetros de configuración, la apertura del diseño, la ubicación de las coordenadas en el plano cartesiano X Y para los comandos de dibujo y los códigos de comando para el dibujo y parpadeo.

La norma aplicada para documentación de las tarjetas de circuito impreso es la IPC-D-325 *Documentation Requirements for Printed Boards, Assemblies and Support Drawing* del IPC. Está diseñada para que la documentación sea suministrada de forma completa y separada por archivos para ser entregada al fabricante de la tarjeta y al ensamblador.

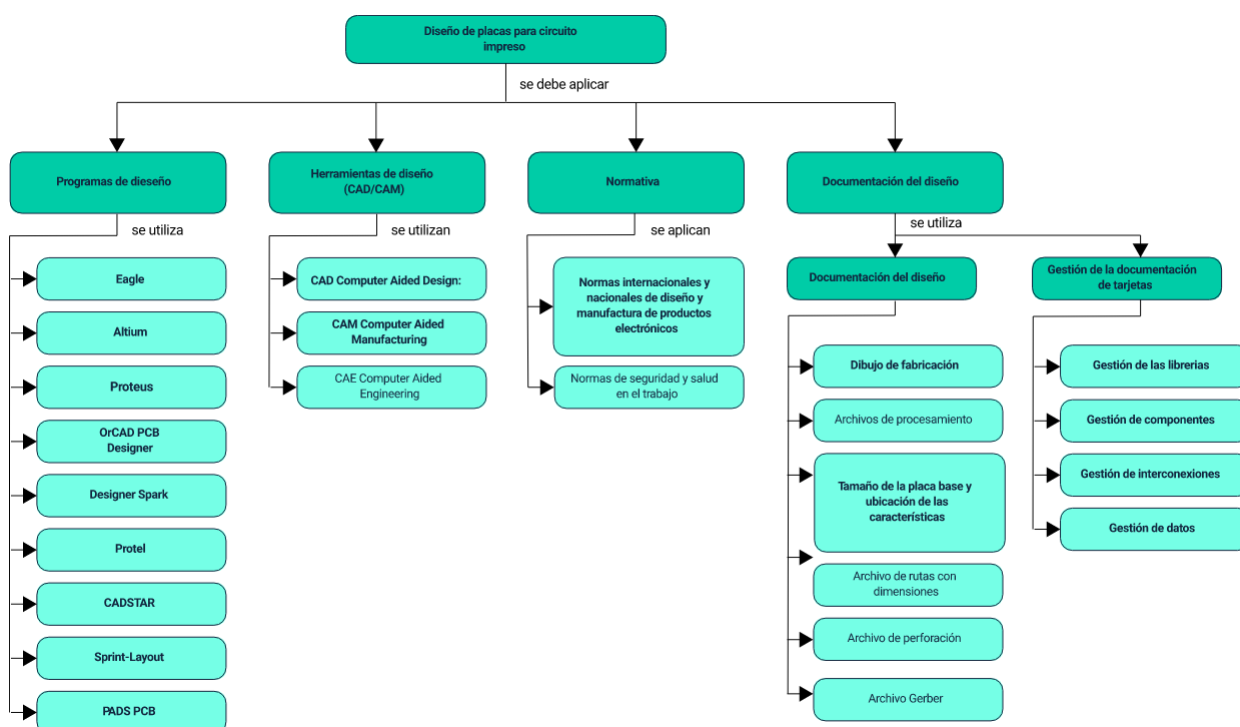
Finalmente, los protocolos de calidad en la generación de archivos para fabricación de tarjetas electrónicas cumplen estándares de alta calidad debido a la fidelidad que debe existir en la transmisión de la información del proceso desde la etapa inicial hasta la producción

final; y están determinados por las normas de calidad y otros estándares establecidos por los protocolos de diseño.

Síntesis

A continuación, se describe el tema principal del Componente Formativo CF05 Diseño de placas para circuito impreso, por medio de los conceptos básicos acerca de la implementación del diseño y ensamble de tarjetas electrónicas, herramientas de diseño como CAD/CAM, normas internacionales relacionadas con el ensamble electrónico, normativa de seguridad y salud en el trabajo y la importancia de la documentación del diseño para fabricación de placas.

Figura 6. Contiene la síntesis de la información presentada



Material complementario

Tema	Referencia APA del Material	Tipo de material	Enlace del Recurso o Archivo del documento material
Circuitos impresos	Spiess, C. (1972). Los circuitos impresos. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).	Libro electrónico	https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/5279
Circuitos impresos	Todo sobre circuitos. (s.f.). Circuitos Impresos. Funciones, elementos y características.	Página web	https://www.circuitos-electricos.com/circuitos-impresos-pcb/
Normativa	Jiménez R., S., y Sanau V., J. (2011). Colombia: capital público y productividad de la industria manufacturera. Revista Cepal, (104), 181.	Artículo	https://repositorio.cepal.org/handle/11362/11466
Normativa	Cardona, J. (2020). Estándares de Calidad para productos electrónicos de clase mundial. Colcircuitos.	Página web	https://colcircuitos.com/estandares-calidad-productos-electronicos/

Glosario

Circuito impreso: circuito con diversos componentes que se obtienen por impresión sobre un soporte aislante. También se le conoce al conjunto formado por un circuito impreso y la base que lo soporta.

Datos: información sobre algo concreto que permite su conocimiento exacto o sirve para deducir las consecuencias derivadas de un hecho. Información dispuesta de manera adecuada para su tratamiento por una computadora (RAE, 2021).

Frecuencia: número de veces que se repite un proceso periódico por unidad de tiempo. La frecuencia de esta emisora es de tantos kilociclos por segundo.

Pista: camino de rodadura para señales eléctricas en un dispositivo eléctrico electrónico.

Placa: lámina, plancha o película que se forma o está superpuesta en un objeto.

Señal: variación de una corriente eléctrica u otra magnitud que se utiliza para transmitir información.

Tarjeta: placa de circuito impreso que, como parte del equipo de una computadora u otro dispositivo electrónico, permite la realización de ciertas funciones, como audio, video, edición de gráficos, etc.

Referencias bibliográficas

Delgado, J. (2021). Identificación de componentes electrónicos. [Gráfico]. SENA.

Fritzing Team. (2014). *Fritzing breadboard view*. [Imagen]. Wikipedia.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fritzing_breadboard_view_\(new\).png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fritzing_breadboard_view_(new).png)

Morales, A., y Agili, S. (2009). Desafíos en la integridad de señales. Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería, 17(1), 4-5. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052009000100001>

Proto *Electronics*. (s.f.). *Software* de diseño de circuito impreso: nuestro top 10.

<https://www.proto-electronics.com/es/blog/software-de-dise%C3%B1o-de-circuito-impreso-nuestro-top-10>

Rds10. (2019). *DesignSpark* PCB. [Fotografía]. Wikipedia.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DesignSpark_PCB_screenshot.png#/media/File:DesignSpark_PCB_screenshot.png

Real Academia Española. (2021). Dato. <https://dle.rae.es/dato>

Créditos

Nombre	Cargo	Regional y Centro de Formación
Claudia Patricia Aristizabal	Responsable del Equipo	Dirección General
Norma Constanza Morales Cruz	Responsable de Línea de Producción Regional Tolima	Regional Tolima Centro de Comercio y Servicios
Andrés Aurelio Alarcon Tique	Experto Técnico	Regional Distrito Capital Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones
Miroslava González H.	Diseñador y Evaluador Instruccional	Regional Distrito Capital Centro de Gestión Industrial
Humberto Arias Díaz	Diseñador Instruccional	Regional Tolima Centro de Comercio y Servicios
Carolina Coca Salazar	Revisora metodológica y pedagógica	Regional Distrito Capital Centro de Diseño y Metrología
José Gabriel Ortiz Abella	Corrector de estilo	Regional Distrito Capital Centro para la Industria de la Comunicación Gráfica
Viviana Esperanza Herrera Quiñones	Asesora Metodológica	Regional Tolima Centro de Comercio y Servicios
José Jaime Luis Tang	Diseñador Web	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios
Francisco José Vásquez Suárez	Desarrollador Fullstack	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios
Gilberto Junior Rodríguez Rodríguez	Storyboard e Ilustración	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios
Nelson Iván Vera Briceño	Animador y Producción Audiovisual	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios

Oleg Litvin	Animador	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios
Oscar Iván Uribe Ortiz	Actividad Didáctica	Regional Tolima Centro de Comercio y Servicios
Javier Mauricio Oviedo	Validación y Vinculación en Plataforma LMS	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios
Gilberto Naranjo Farfán	Validación de Contenidos Accesibles	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios