

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**COORDINACIÓN GENERAL DE FORMACIÓN BÁSICA**  
**COORDINACIÓN GENERAL DE FORMACIÓN PROFESIONAL Y VINCULACIÓN UNIVERSITARIA**  
**PROGRAMA DE UNIDAD DE APRENDIZAJE**

**I. DATOS DE IDENTIFICACIÓN**

1. **Unidad Académica:** Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño, Ensenada; Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, Tijuana y Facultad de Ingeniería, Mexicali.
2. **Programa Educativo:** Ingeniero en Electrónica
3. **Plan de Estudios:** 2020-1
4. **Nombre de la Unidad de Aprendizaje:** Taller de Circuitos Impresos
5. **Clave:** 36176
6. **HC:** 02 **HL:** 00 **HT:** 02 **HPC:** 00 **HCL:** 00 **HE:** 02 **CR:** 06
7. **Etapas de Formación a la que Pertenece:** Disciplinaria
8. **Carácter de la Unidad de Aprendizaje:** Optativa
9. **Requisitos para Cursar la Unidad de Aprendizaje:** Ninguno



**Equipo de diseño de PUA**

Juan Jesús López García  
Luis Kiyoshi Natsu Anguiano  
Kuotaro Sanay Robles




**Firma**

  
  
KUOTARO SANAY

**Vo.Bo. de Subdirectores de  
Unidades Académicas**

Humberto Cervantes de Ávila  
Rocío Alejandra Chávez Santoscoy  
Alejandro Mungaray Moctezuma

**Firma**

**Fecha:** 21 de noviembre de 2018

## II. PROPÓSITO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

La importancia de la asignatura radica en implementar un proyecto con los estándares de calidad requeridos a nivel comercial, al proveer de presentación profesional un proyecto impreso, reduciendo errores; así como reparar y/o recrear partes de máquinas en la industria mediante un circuito impreso.

La unidad de aprendizaje proporciona las técnicas, terminología y procesos correspondientes para el diseño y fabricación de circuitos impresos.

Se encuentra ubicada en la etapa disciplinaria con carácter optativo, pertenece al área de conocimiento de Ingeniería Aplicada y se sugiere que el estudiante posea conocimientos previos de electrónica básica.

## III. COMPETENCIA DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

Diseñar, construir y evaluar placas de circuito impreso (PCB), mediante el uso de técnicas y herramientas de diseño, simulación y construcción tanto manuales como asistidas por computadora, para el montaje e implementación de placas de circuito impreso que contribuyan a la creación de sistemas electrónicos, en forma sistemática, ordenada y con apego a normas ambientales y pruebas de calidad.

## IV. EVIDENCIA(S) DE DESEMPEÑO

Diseña, construye, valora y documenta una PCB de un sistema electrónico con apego a especificaciones técnicas que resuelva una problemática dentro del área de la electrónica; la cual debe incluir elementos eléctricos, electromecánicos, de estado sólido y conectores para componentes externos al PCB; así como combinar dispositivos de inserción, montaje superficial, discretos e integrados; elabora un reporte técnico que incluya el diseño del PCB con la información necesaria para su fabricación y ensamble industrial, su simulación eléctrica y mecánica, la técnica de construcción utilizada y las normas ambientales consideradas durante su elaboración, acabado y ensamble; así como las pruebas de calidad y operativas aplicadas.

## V. DESARROLLO POR UNIDADES

### UNIDAD I. Las tarjetas de circuito impreso

#### Competencia:

Distinguir los elementos de una tarjeta de circuito impreso, a partir de la identificación de antecedentes históricos y técnicas de fabricación, para establecer las bases terminológicas del diseño y la construcción de una tarjeta de circuito impreso, con interés y actitud crítica.

#### Contenido:

**Duración:** 4 horas

- 1.1. Desarrollo tecnológico de la interconexión eléctrica
  - 1.1.1. Historia de la interconexión eléctrica
  - 1.1.2. Tecnologías de montaje
- 1.2. Técnicas de interconexión eléctrica
  - 1.2.1. Tarjeta de prototipos (Breadboard, Protoboard)
  - 1.2.2. Tarjeta perforada (Perfboard, Stripboard)
  - 1.2.3. Tarjeta entorchada (Wirewrap)
  - 1.2.4. Tarjeta de alambrado impreso (PWB, PCB)
- 1.3. Tarjeta de alambrado impreso
  - 1.3.1. Sustractivo o decapado
  - 1.3.2. Aditivo o depósito
  - 1.3.3. Metalizado de orificios (Plated Through Hole)
  - 1.3.4. Antisoldadura (Solder Resist, Solder Masking)
  - 1.3.5. Máscara de leyendas (Silkscreen, Legend & Marking, Component)
  - 1.3.6. Pruebas a tarjeta desnuda (Bare Board Test)
  - 1.3.7. Máscara de soldadura (Paste Mask)
  - 1.3.8. Colocación de componentes (Poblado o Placement)
  - 1.3.9. Soldado de componentes (Soldering)
  - 1.3.10. Pruebas a tarjeta ensamblada (Electrical Test)
  - 1.3.11. Máscara protectora (Protecting Mask, Conformal Coating)
- 1.4. Legislaciones ambientales
  - 1.4.1. WEEE
  - 1.4.2. RoHS
- 1.5. Normas de la IPC y la FCC

## UNIDAD II. Consideraciones de diseño de PCB

### Competencia:

Identificar los requisitos de inicio para el diseño de un circuito impreso, considerando aspectos mecánicos y eléctricos de la tarjeta y sus componentes, para establecer la viabilidad del diseño, de forma sistemática, precisa y responsable.

### Contenido:

**Duración:** 6 horas

- 2.1. Etapas del diseño de PCB
  - 2.1.1. Diagrama a bloques
  - 2.1.2. Diagrama esquemático, símbolos, nomenclatura y normas
  - 2.1.3. Lista de partes (BOM)
- 2.2. Consideraciones mecánicas
  - 2.2.1. Tipos de encapsulados y huellas de componentes
  - 2.2.2. Criterios para elección de sustratos
  - 2.2.3. Estimación del área total y dimensiones de la tarjeta
- 2.3. Diseño eléctrico
  - 2.3.1. Resistencia de pistas
  - 2.3.2. Capacitancia entre pistas
  - 2.3.3. Inductancia entre pistas
  - 2.3.4. Planos de tierra y cercas electromagnéticas
- 2.4. Recomendaciones para trazado de pistas

## UNIDAD III. Diseño Asistido por Computadora

### Competencia:

Comprender el funcionamiento del software CAD, por medio de la exploración de los diversos módulos que lo integran, para el diseño de un PCB, con interés y curiosidad.

### Contenido:

**Duración:** 10 horas

#### 3.1. Características generales del software

- 3.1.1. Simulación eléctrica
- 3.1.2. Creación de esquemáticos
- 3.1.3. Dibujo de PCB
- 3.1.4. Simulación mecánica (vista 3D)

#### 3.2. Herramientas básicas del software

- 3.2.1. Área de trabajo
- 3.2.2. Librerías
- 3.2.3. Huellas de los dispositivos
- 3.2.4. Formas, ángulos y anchos de pistas
- 3.2.5. Copiado y borrado de secciones
- 3.2.6. Selección de pads
- 3.2.7. Enrutado automático y manual
- 3.2.8. Plano de tierra
- 3.2.9. Inserción de leyendas

#### 3.3. Tipos de archivos

- 3.3.1. Capas superior, inferior, de componentes, intermedias, antisoldadura y de identificación
- 3.3.2. Netlist
- 3.3.3. HPGL
- 3.3.4. Gerber y GerberX
- 3.3.5. Excellon
- 3.3.6. NC-Drill

## UNIDAD IV. Formación de pistas

### Competencia:

Seleccionar la técnica adecuada de fabricación de una tarjeta de circuito impreso, por medio de la identificación de las diferentes técnicas, materiales y equipos disponibles, para la construcción de un PCB, con responsabilidad y conciencia en el manejo adecuado de los residuos.

### Contenido:

**Duración:** 8 horas

- 4.1. Decapado químico
  - 4.1.1. Creación de plantillas por fotograbado y serigrafía
  - 4.1.2. Transferencia y fijación del patrón
  - 4.1.3. Ácidos y alcalinos para remoción química
  - 4.1.4. Técnicas de aplicación (inmersión, burbuja, chorro y aspersion)
  - 4.1.5. Precauciones y disposición conveniente de residuos
- 4.2. Decapado mecánico
  - 4.2.1. Características del equipo de fresado CNC
  - 4.2.2. Transferencia de archivos electrónicos
  - 4.2.3. Características de brocas y fresas
  - 4.2.4. Velocidad lineal y tangencial
  - 4.2.5. Precauciones y disposición conveniente de residuos
- 4.3. Decapado laser
  - 4.3.1. Longitud de onda y potencias utilizadas
  - 4.3.2. Características del equipo de CNC para decapado laser
  - 4.3.3. Precauciones y disposición conveniente de residuos
- 4.4. Pistas por inclusión
  - 4.4.1. Materiales y equipo
  - 4.4.2. Serigrafía e impresión de tinta conductiva
  - 4.4.3. Precauciones y disposición conveniente de residuos

## UNIDAD V. Acabado y ensamble de PCB servicios profesionales

### **Competencia:**

Seleccionar el tipo de acabado y ensamble de la tarjeta, por medio de la identificación de los diferentes procesos, materiales y equipos disponibles, para brindarle un acabado profesional a la tarjeta, con creatividad, responsabilidad y conciencia en el manejo adecuado de los residuos.

### **Contenido:**

**Duración:** 4 horas

- 5.1. Operaciones mecánicas (gillotinado, corte, aserrado, perforado, taladrado y fresado)
- 5.2. Metalizado de orificios, estañado de pistas y acabados de terminales
- 5.3. Máscara anti-soldadura
- 5.4. Máscara de identificación por serigrafía o por impresora
- 5.5. Ensamble
- 5.6. Máscara protectora y tipos de bolsas para empaquetado final (antiestáticas y disipativas)
- 5.7. Uso de los servicios de empresas especializadas en la fabricación de PCB

## VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE TALLER

No. de Práctica	Competencia	Descripción	Material de Apoyo	Duración
1-5	Establecer la aplicación de índole electrónica y de sus especificaciones técnicas, considerando aspectos eléctricos, mecánicos y económicos, para establecer el circuito electrónico, el laminado y los componentes a utilizar, de forma sistemática y responsable.	El profesor enumera los pasos que se siguen en el diseño y construcción de un dispositivo electrónico y ejemplifica alguno. El alumno escucha atentamente la sesión y cuestiona, para posteriormente seleccionar e iniciar los pasos para el propio.	Computadora, cañón, pizarrón y marcador para pizarrón, libreta, lápiz, borrador y pluma, computadora personal y software para edición de texto.	1 hora
		El profesor define los conceptos de especificaciones de aparato e indica las normas de trazado de diagramas a bloques. El alumno define la función específica del circuito, establece el conjunto de especificaciones técnicas deseadas para el mismo y un diagrama a bloques que lo haga realizable.	Computadora, cañón, pizarrón y marcador para pizarrón, libreta, lápiz, borrador y pluma, computadora personal y software para edición de texto.	2 horas
		El profesor indica las principales normas y pautas que se siguen en la elaboración de un diagrama esquemático. El alumno dibuja el diagrama esquemático que representa al diagrama a bloques, siguiendo las normas y pautas de trazado de esquemáticos de la industria electrónica.	Computadora, cañón, pizarrón y marcador para pizarrón, block de papel cuadriculado, lápiz, borrador, regla, plantillas, computadora personal y archivo de reglas de trazado de esquemáticos y de símbolos normalizados.	2 horas
		El profesor define las principales consideraciones a tomar en la elección de laminados, tecnologías de componentes y encapsulados para un PCB y cómo usar la información para	Computadora, cañón, pizarrón y marcador para pizarrón, libreta, lápiz, borrador, pluma y calculadora.	3 horas



		<p>estimar el área que requerirá la tarjeta.</p> <p>El alumno emplea las consideraciones eléctricas, mecánicas y económicas para seleccionar el laminado, la tecnología de los componentes y los encapsulados convenientes para el PCB a fabricar y con los cuáles estima el área final de la placa, si no es la deseable modifica alguna o algunas de las elecciones y repite la estimación hasta que esta resulte adecuada.</p>		
		<p>El profesor describe la información conveniente que debe contener la lista de partes para ensamble de una PCB.</p> <p>El alumno elabora la lista de partes para ensamblar su propia tarjeta.</p>	<p>Computadora, cañón, pizarrón, marcador para pizarrón y computadora personal con software para procesado de texto.</p>	<p>1 hora</p>
<p>6-8</p>	<p>Manejar software CAE y CAD, a través del uso de sus módulos, para el diseño de un PCB, con disciplina e interés.</p>	<p>El docente ejemplifica el manejo del software, a partir de una exposición al grupo donde se muestran las diferentes herramientas del mismo: simulación eléctrica, área de trabajo, librerías, copiado y borrado, entre otros.</p> <p>El alumno escucha atentamente la sesión y cuestiona, para posteriormente manipular el software.</p>	<p>Computadora, cañón y software CAE y CAD.</p>	<p>2 horas</p>
		<p>El docente ejemplifica el manejo del software para configurar reglas de diseño.</p> <p>El alumno explora el software para establecer sus propias</p>	<p>Computadora, cañón, software CAD, reglas de diseño y manuales, y computadora personal.</p>	<p>2 horas</p>

		reglas de diseño, de acuerdo al tipo de diseño a realizar.		
		El docente orienta en el manejo del software. El estudiante diseña un PCB, a partir de sus propias especificaciones de acuerdo al circuito esquemático.	Software CAD, circuito esquemático y computadora personal.	4 horas
9-10	Utilizar dos técnicas de fabricación de PCBs, a través de la identificación de las diversas técnicas, equipos y materiales requeridos, para fabricar una tarjeta de circuito impreso, con conciencia y responsabilidad en el manejo de los residuos.	El docente expone las diversas técnicas de fabricación de prototipos de circuitos impresos, los materiales y equipos requeridos, los residuos generados, las precauciones adecuadas a considerar y el manejo adecuado de los residuos. Por último establece las condiciones para el trabajo en equipo. Los alumnos forman equipos bajo las condiciones establecidas por el profesor y elaboran un listado de materiales y equipos necesarios para cada una de las técnicas y comprueban la posibilidad de conseguirlos o tenerlos disponibles en la infraestructura de la institución.	Computadora, cañón, libreta, lápiz y borrador.	1 hora
		El docente supervisa el manejo del material, del equipo y de la disposición de los residuos así como la observancia de las reglas de seguridad. El estudiante sigue las técnicas de fabricación empleando adecuadamente los materiales, el equipo y dispone de los residuos de manera apropiada.	Consumibles (laminado virgen, fresas, brocas, tinta conductiva, toner, material de sacrificio, químicos decapantes de cobre, etcétera), equipos (máquina fresadora, impresora LASER, impresora de PCB, laminadora, extractor de aire, aspiradora de residuos,	4 horas

			etcétera), manuales de equipo, computadora personal y software CAD y CAM.	
11-12	Utilizar técnicas para ensamble y terminado de PCBs, a través de la identificación de los diversos procesos, técnicas, equipos y materiales requeridos, para dar una terminación profesional a la tarjeta de circuito impreso, con conciencia y responsabilidad en el manejo de los residuos.	<p>El docente expone las diversas técnicas de terminación de prototipos de circuito impreso y de su ensamble, los materiales y equipos requeridos, los residuos generados, las precauciones adecuadas a considerar y el manejo adecuado de los residuos. Por último establece las condiciones para el trabajo en equipo.</p> <p>Los alumnos forman los equipos bajo las condiciones establecidas por el profesor y elaboran un listado de materiales y equipos necesarios para cada uno de los procesos para ensamble y acabado, y comprueban la posibilidad de conseguirlos o tenerlos disponibles en la infraestructura de la institución.</p>	Computadora y cañón, libreta, lápiz y borrador.	1 hora
		<p>El docente supervisa el manejo del material, del equipo y de la disposición de los residuos así como la observancia de las reglas de seguridad.</p> <p>El estudiante sigue las técnicas de ensamble y acabado, empleando adecuadamente los materiales y el equipo, y dispone de los residuos de manera adecuada.</p>	PCB rústico, consumibles (brocas, toner, pintura antisoldadura, soldadura, flux, etcétera), equipos (máquina fresadora, impresora LASER, horno ultravioleta, cautín, horno de convección, extractor de vapores, laminadora, pick and place, etcétera), manuales de equipo, computadora personal y software CAD y CAM.	6 horas

13-14	Identificar las características de los servicios profesionales en línea de fabricación de PCBs, a través de la exploración de las características de sus servicios, para establecer el más conveniente desde el punto de vista técnico y económico, con disciplina y responsabilidad.	El docente enlista diversos sitios WEB para fabricación de PCBs, resume las características primordiales de los seleccionados y ventajas y desventajas entre ellos, navega en alguno mostrado su uso en términos generales. El alumno se mantiene atento.	Computadora con acceso a la WEB, cañón y computadora personal.	1 hora
		El docente supervisa la navegación en diversos sitios WEB para la fabricación de PCBs. El estudiante utiliza el servicio del sitio WEB siguiendo los pasos secuenciales que el portal indique y solicita al sistema una cotización real.	Computadora con acceso a la WEB, cañón, computadora personal con acceso a la internet, software CAE y CAD para diseño de PCB y diseño de PCB en archivos GerberX.	2 horas

## VII. MÉTODO DE TRABAJO

**Encuadre:** El primer día de clase el docente debe establecer la forma de trabajo, criterios de evaluación, calidad de los trabajos académicos, derechos y obligaciones docente-alumno.

### **Estrategia de enseñanza (docente)**

- El profesor imparte clase teórica en forma presencial y realiza ejercicios en conjunto con los alumnos.
- En el taller establece los ejercicios a realizar, los elementos a considerar, el tiempo y forma de entrega; funge como guía durante la sesión, estableciendo sugerencias; además verifica el buen uso del material y equipo así como las reglas de seguridad aplicables, se desempeña como supervisor en el uso del mismo.

### **Estrategia de aprendizaje (alumno)**

- En clase el alumno opera primordialmente como un espectador atento y receptivo pero participante en las actividades que el profesor asigne; atiende y toma notas de lo que juzga conveniente, y es su derecho interrumpir de manera respetuosa y apropiada en caso de dudas o aseveraciones referentes al tema.
- Es responsabilidad del alumno repasar, profundizar, ejercitar fuera del horario de clases, haciendo uso de cuando menos la misma cantidad de horas que la asignatura posee de clases, distribuidas uniformemente a lo largo de la duración del curso.
- En el taller el alumno debe atender las indicaciones del profesor, trabajar de la manera acordada, hacer uso de un sistema de cómputo cuando así se requiera y al final del mismo entregar el resultado obtenido.

## VIII. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

La evaluación será llevada a cabo de forma permanente durante el desarrollo de la unidad de aprendizaje de la siguiente manera:

### Criterios de acreditación

- Para tener derecho a examen ordinario y extraordinario, el estudiante debe cumplir los porcentajes de asistencia que establece el Estatuto Escolar vigente.
- Calificación en escala del 0 al 100, con un mínimo aprobatorio de 60.

### Criterios de evaluación

- |  |      |
|--|------|
| - Evaluaciones parciales (3).....  | 25%  |
| - Evidencia de desempeño.....<br>(Diseño de un PCB y su informe técnico) | 75%  |
| Total.....   | 100% |

## IX. REFERENCIAS

### Básicas

- Buttars, R. (2014). *Printed Circuit Board Assembly*, (1<sup>st</sup> ed.). USA: Amazon Digital Services LCC.
- Coombs, C. & Holden, H. (2016). *Printed Circuits Handbook*, (7<sup>th</sup> Ed.). USA: McGraw-Hill.
- Flatt, M. (1997). *Printed Circuit Board Basics: An Introduction to the PCB Industry Paperback*, (3<sup>rd</sup> Ed.). USA: Backbeat Books. [clásica]
- Hamilton, C. & Heinemann, B. (1984). *A Guide to Printed Circuit Board Design*. USA: Butterworth-Heinemann [clásica]
- Khandpur, R. (2006). *Printed Circuit Boards. Design, Fabrication, Assembly and Testing*. USA: McGraw-Hill. [clásica]
- Monk, S. and Amos, D. (2017) *Make Your Own PCBs with EAGLE: From Schematic Designs to Finished Boards*, (2<sup>nd</sup> ed.). USA: McGraw-Hill Education TAB.

### Complementarias

- Axelsson, J. (1993). *Making Printed Circuit Boards*, (1<sup>st</sup> ed.). USA: Tab Books, Inc. [clásica]
- Montrose, M. (2014). *EMC Made Simple - Printed Circuit Board and System Design*, (1<sup>st</sup> ed.). USA: Montrose Compliance Services.
- Scarpino, M. (2014). *Designing Circuit Boards with EAGLE: Make High-Quality PCBs at Low Cost*, (1<sup>st</sup> ed.). USA: Prentice Hall.
- Smith, H. (2012). *Quality Hand Soldering and Circuit Board Repair*, (6<sup>th</sup> ed.). USA: Cengage Learning. [clásica]
- Wei, X. (2017). *Modeling and Design of Electromagnetic Compatibility for High-Speed Printed Circuit Boards and Packaging*, (1<sup>st</sup> ed.). USA: CRC Press.

## X. PERFIL DEL DOCENTE

El docente debe poseer un título en Ingeniería Electrónica, Mecatrónica o área afín, con experiencia en la fabricación de circuitos impresos, su ensamble y prueba eléctrica. Se recomienda experiencia profesional en el diseño o rediseño de equipo electrónico de al menos dos años o experiencia docente en el área electrónica y en la fabricación de tarjetas de circuito impreso de al menos dos años, así como tener cursos de formación y práctica docente con capacitación en tecnologías de la información. Debe ser capaz de comunicarse de manera efectiva, ser una persona proactiva, analítica, responsable y vocación de servicio para la enseñanza.