



**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

**SYLLABUS**

**Proyecto Curricular:**

**Ingeniería Electrónica**

Nombre del docente:

Espacio académico (Asignatura):

**Electrónica de potencia**

Obligatorio ( X ) : Básico ( X ) Complementario (   )

Electivo (   ) : Intrínsecas ( X ) Extrínsecas (   )

Código: **45**

Número de estudiantes:

Grupo: **1**

Número de créditos: **3**

Tipo de curso:    Teórico (   )    Práctico (   )    Teórico-Práctico (**X**)

Alternativas metodológicas:

Clase Magistral ( **X** ), Seminario (   ), Seminario–Taller (   ), Taller ( X ), Prácticas ( X ),  
Proyectos (tutorías) (   ), Otros: Trabajo autónomo con tareas y uso de computador ( X )

**Horario**

| Día  | Horas  | Salón   |
|--|--|---|
| Clase: Martes / Miércoles<br>Asesoría: Miércoles | 08:00 – 10:00 / 08:00 – 10:00<br>10:00 – 12:00 | 301/402 Calle 34<br>Sala de profesores Facultad |

**I. JUSTIFICACIÓN DEL ESPACIO ACADÉMICO (El ¿por qué?)**

El control y conversión de la energía eléctrica va desde muy bajas potencias, como en el caso de cargadores de baterías y convertidores electrónicos de potencia presentes en dispositivos portátiles como teléfonos móviles y PDAs, hasta los centenares de MW presentes en sistemas de transmisión de energía eléctrica.

Dentro del área de competencia específica de la Ingeniería Eléctrica, es posible encontrar aplicaciones que van desde el campo residencial, comercial e industrial, hasta los sistemas de transporte y los procesos de generación, transmisión y distribución.

Las aplicaciones residenciales, comerciales e industriales pueden enmarcarse dentro de los sistemas de distribución de energía eléctrica, donde los procesos principales son de control de motores AC y DC (bombas, compresores, elevadores, robots, extrusión, etc.), Unidades de Potencia Ininterrumpida (UPSs por sus siglas en inglés), unidades de corrección de factor de potencia para cargas lineales y/o no lineales, procesos de transformación de la energía eléctrica en calor (hornos de arco, calentamiento por inducción, soldadura y hornos por inducción), donde se busca una conversión eficiente de la energía eléctrica en sus distintas formas y la posibilidad de un amplio control sobre dichos procesos.

Este espacio académico pertenece al área temática de electrónica analógica aunque requiere del manejo de conceptos y herramientas de electrónica digital.

Conocimientos de análisis matemático (ecuaciones diferenciales, ecuaciones de diferencias, transformada de Laplace, transformada de Fourier, transformada Z, métodos iterativos)

Conocimientos detallados de análisis circuital (análisis nodal, análisis de mallas, respuesta temporal y en frecuencia de circuitos pasivos, circuitos polifásicos)

Conocimientos detallados de dispositivos semiconductores (diodos, transistores de juntura, transistores de efecto de campo y tiristores)

Conocimientos detallados de circuitos integrados lineales (amplificadores operacionales)

Conocimientos detallados de circuitos integrados de señal mixta (convertidores análogo digitales, convertidores digital- análogos, circuitos de interfaz).

## **II. PROGRAMACIÓN DEL CONTENIDO (El ¿qué enseñar?)**

### **Objetivo General**

El debe apropiarse de los conocimientos y herramientas básicas para el análisis y diseño de convertidores y sistemas electrónicos de potencia, contando con la experiencia práctica y experimental como recurso adicional al desarrollo de la cátedra magistral.

### **Objetivos Específicos**

- Establecer el papel de la Electrónica de Potencia en el manejo eficiente de la energía por medio de su transformación y administración, desarrollando los conceptos básicos de la electrónica de potencia.
- Diferenciar los dispositivos semiconductores de potencia como elementos fundamentales para la implementación de los diferentes tipos de convertidores, sus características, ventajas y desventajas y las tendencias futuras en cuanto a tecnologías de fabricación.
- Discernir las definiciones de energía y valores promedio y rms, para cargas lineales y no lineales bajo los diferentes regímenes de alimentación, de manera que los conceptos de potencia activa, reactiva y aparente, factor de potencia y distorsión armónica sean plenamente aprehendidos a la luz de los diferentes estándares internacionales de calidad de energía eléctrica.
- Analizar y diseñar rectificadores monofásicos y trifásicos, no controlados (basados en diodos) y completamente controlados (basados en tiristores) y comprender sus efectos negativos en la calidad de la energía eléctrica y los métodos tradicionales para control de componentes armónicas en sistemas de transmisión eléctrica.
- Analizar y diseñar convertidores DC/DC tradicionales y modernos, como circuitos básicos para la implementación de modulación PWM en alta frecuencia y estudiar sus características y funcionamiento en modo de conducción continuo (CCM) y modo de conducción discontinuo (DCM).
- Analizar y diseñar inductores y transformadores en alta frecuencia para los diferentes tipos de aplicaciones en Electrónica de Potencia.
- Analizar y diseñar convertidores DC/DC empleados en aplicaciones que requieren aislamiento galvánico y/o desplazamiento de nivel y comprender sus diferentes topologías, características y funcionamiento.
- Analizar y diseñar inversores monofásicos, trifásicos y multinivel y estudiar sus características y funcionamiento, haciendo énfasis en la generación de formas de onda sinusoidales a frecuencias de red eléctrica.
- Analizar las características y funcionamiento de los convertidores AC/AC, principalmente en aplicaciones de compensación VAR y topologías modernas.
- Analizar y diseñar las topologías empleadas para la corrección del factor de distorsión generado por cargas no lineales (específicamente rectificadores), como una solución para aplicaciones de baja y media potencia.

### **Resultados de Aprendizaje Esperados**

*Plano cognitivo*

- Diferenciar los dispositivos semiconductores de potencia y sus características como elementos fundamentales para la implementación de los diferentes tipos de convertidores.
- Reconocer los diferentes métodos de conversión de energía, así como sus principales requerimientos, procesos de diseño y dimensionamiento y parámetros de rendimiento.
- Adaptar el sistema de conversión de energía de acuerdo a los requerimientos de carga y fuente de alimentación.

*Plano Subjetivo*

- Justificar la selección adecuada de componentes y decisiones de diseño dentro de la implementación de convertidores de potencia.

*El plano psicomotor*

- Demostrar el dominio de las técnicas y procedimientos para la implementación de circuitos electrónicos de potencia.
- Construir circuitos de conversión electrónica que cumpla con los requerimientos de diseño.
- Diseñar sistemas de conversión de energía acordes con los requerimientos y limitaciones.

**Competencias de Formación**

Se espera desarrollar en el estudiante las siguientes competencias:

**Cognitivas.** Principio de funcionamiento de los dispositivos semiconductores de potencia. Configuraciones típicas de los convertidores conmutados de potencia y circuitos de manejo de compuerta.

Proponer y diseñar soluciones para el manejo de la energía eléctrica aplicando las nuevas tecnologías y semiconductores modernos.

Modelado básico de los sistemas de conversión de energía para adaptarlos a sistemas de administración, corrección y adaptación a cargas tanto lineales como no lineales.

**Investigativas.** Planteamiento y resolución de problemas reales. Valoración de aplicaciones electrónicas de potencia a través del cálculo y diseño. Interpretación de documentación técnica. Empleo de técnicas de simulación electrónica. Realización de mediciones y cálculos relacionados con la Electrónica de Potencia.

**Laborales.** Capacidad para la comunicación. Aprendizaje autónomo. Adoptar un planteamiento estructurado y ordenado para analizar y resolver problemas. Capacidad para la organización y planificación. Trabajo en equipo.

**Programa Sintético**

1. Semiconductores de potencia, limitaciones de corriente y tensión
  2. Rectificadores no controlados y controlados.
  3. Convertidores conmutados DC/DC.
  4. Convertidores conmutados DC/AC
- Aplicaciones adicionales (Opcional)
- Soft switching (Opcional)

### III. ESTRATEGIAS (El ¿cómo?)

#### Metodología Pedagógica y Didáctica

- Clase magistral: Impartida por el docente y con el complemento de lecturas y simulaciones por parte de los estudiantes.
- Laboratorios: Como soporte y complemento a la clase magistral, se desarrollarán una serie de prácticas de laboratorio con el fin de familiarizar al estudiante con fenómenos presentes en las mismas, cuyo modelado matemático escapa de los objetivos del presente curso.
- Proyecto semestral: Con el fin de fomentar y evaluar la capacidad de diseño de los estudiantes.
- Énfasis en control digital: Como objetivo secundario del curso, incentivar la implementación por medio de microcontroladores y/o DSPs de las etapas de control para el laboratorio y el proyecto semestral, como parte de las nuevas tendencias de desarrollo a nivel mundial y como preparación para las asignaturas de control del proyecto curricular.

Como una ayuda al estudio autónomo del estudiante, se asignarán tareas en cada sesión que permitirán profundizar en los conceptos planteados en las sesiones de clase y que servirán para afianzar los conceptos presentados. Adicionalmente, para ayudar a resolver las tareas o las dudas surgidas, el estudiante cuenta con la asesoría del profesor en los horarios definidos para tal fin.

Por otro lado, tanto en las sesiones de clase como en las tareas, el estudiante tendrá la posibilidad de incorporar el uso del computador y de programas matemáticos especializados para el análisis y la resolución de problemas. En las clases magistrales se mostrará el uso del programa PSIM® como ayuda didáctica y como herramienta de simulación.

| Tipo de Curso | Horas |    |    | Horas<br>profesor/semana | Horas<br>Estudiante/semana | Total Horas<br>Estudiante/semestre | Créditos |
|---------------|-------|----|----|--------------------------|----------------------------|------------------------------------|----------|
|               | TD    | TC | TA | (TD + TC)                | (TD + TC +TA)              | X 16 semanas                       |          |
| Teórico       | 4     | 2  | 3  | 6                        | 9                          | 144                                | 3        |

**Trabajo Presencial Directo (TD):** trabajo de aula con plenaria de todos los estudiantes.

**Trabajo Mediado\_Cooperativo (TC):** Trabajo de tutoría del docente a pequeños grupos o de forma individual a los estudiantes.

**Trabajo Autónomo (TA):** Trabajo del estudiante sin presencia del docente, que se puede realizar en distintas instancias: en grupos de trabajo o en forma individual, en casa o en biblioteca, laboratorio, etc.)

#### **IV. RECURSOS (¿Con qué?)**

##### **Medios y Ayudas**

La facultad cuenta con salas de laboratorio con bancos de trabajo dotados con red eléctrica trifásica, conexiones adecuadas para instrumentos, cargas y montajes con las debidas protecciones contra cortocircuito, contacto eléctrico directo y contacto eléctrico indirecto. Salas de sistemas con software de simulación MATLAB Simulink y PSIM.

Osciloscopios digitales con sondas para medición de corrientes DC y de alta frecuencia.

Medidores trifásicos de calidad de energía eléctrica.

Vatímetros TRUE rms. Pinzas amperimétricas. Bancos de carga lineal. Bancos de carga no lineal.

Equipo para caracterización de núcleos magnéticos en alta frecuencia y frecuencias de red eléctrica.

Fuentes DC tolerantes a cargas inductivas

| BIBLIOGRAFÍA   |  |
|--|--|
| Textos Principales   |  |
| <p>HART, DANIEL W . Electrónica de Potencia. Prentice Hall, 1997. ERICKSON, ROBERT W .;</p> <p>MAKSINOVIC, DRAGAN. Fundamentals of Power Electronics. Kluwer Academic Publishers Group, 2001.</p> <p>MOHAN, NED; UNDELAND, TORE M.; ROBBINS, WILLIAMS P. Power Electronics - Converters, Applications, and Design. John Wiley &amp; Sons, Inc, 1995.</p> <p>RASHID, MUHAMMAD H. Electrónica de Potencia - Circuitos, Dispositivos y Aplicaciones. Prentice Hall.</p> <p>RASHID, MUHAMMAD H. Power Electronics Handbook. Academic Press, 2001.</p> <p>SKVARENINA, TIMOTHY L. The Power Electronics Handbook. Industrial Electronics Series, CRC Press LCC, 2002.</p> <p>BOSE, BIMAL K. Modern Power Electronics and AC Drives. Prentice Hall, 2002. EIBAR, EUITI. Introducción a la Electrónica de Potencia.</p> <p>MAZDA, FRAIDON. Power Electronics Handbook. Newnes, 2003.</p> <p>ACHA, E.; AGELIDIS, V. G.; ANAYA-LARA, O.; MILLER, T.J.E. Power Electronic Control in Electrical Systems. Newnes Power Engineering Series, 2002</p> <p>MARTINEZ G., SALVADOR; GUALDA G., JUAN ANDRES. Electrónica de Potencia – Componentes, topologías y equipos. Thomson, 2006.</p> <p>GABRIUNAS, VYTAUTAS. Apuntes en clase. Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”.</p> <p>GUACANEME JAVIER. Notas de clase. Universidad Distrital “Francisco José de Caldas” 2020</p> |  |
| Textos Complementarios   |  |
|  |  |

## Revistas

IEEE Transactions on Power Electronics.  
IEEE Transactions on Industrial Electronics.  
IEEE Power Electronics Society Newsletter.  
IEEE Power Engineering Review

## Direcciones de Internet

<http://www.onsemi.com>  
<http://www.ixys.com>  
<http://www.semikron.com>  
<http://www.ti.com/>  
<http://www.freescale.com/>  
<http://www.microchip.com/>  
<http://www.lemusa.com/>  
<http://www.t-yuden.com/>  
<http://www.epcos.com/>  
<http://www.elna-america.com/>  
<http://www.ferroxcube.com>  
<http://www.cornell-dubilier.com>  
<http://micrometals.com>

## V. ORGANIZACIÓN / TIEMPOS (¿De qué forma?)

### Espacios, Tiempos, Agrupamientos Aproximados

| Semana | Tema   | Actividades         |
|--------|--|---------------------|
| 1      | <b>1. Introducción a la Electrónica de Potencia.</b>                 | Clases magistrales, |
|        | 1.1. Generalidades.  | ejercicios y        |
|        | 1.2. Reglas para el análisis de circuitos de laboratorios. potencia. |                     |
|        | 1.3. Armónicos.  |                     |



|  |              |  |  |
|--|--------------|--|--|
|  | 2,<br>3      | <b>2. Semiconductores de potencia.</b><br>2.1. Diodos.<br>2.2. El BJT.<br>2.3. El MOSFET.<br>2.4. El IGBT.<br>2.5. Tiristores.   | Clases magistrales.                            |
|  | 4            | <b>3. Limitaciones de corriente y tensión.</b><br>3.1. Asociación de dispositivos<br>3.2. Protecciones.  | Clases magistrales y laboratorios.             |
|  | 4            | <b>4. Circuitos de disparo para interruptores de potencia.</b><br>4.1. Circuitos de disparo de conexión en paralelo.<br>4.2. Circuitos de disparo de conexión en serie.<br>4.3. Protecciones del interruptor de potencia incorporadas en el circuito de control. | Clases magistrales y laboratorios.             |
|  | 5            | <b>5. Componentes reactivos</b><br><b>consideraciones prácticas.</b><br>5.1. Diseño de inductores.<br>5.2. Diseño de transformadores.<br>5.3. Selección de condensadores.  | Clases magistrales, ejercicios y laboratorios. |
|  | 5,<br>6      | <b>6. Rectificadores no controlados</b><br>6.1. Rectificador monofásico<br>6.2. Rectificadores trifásicos y polifásicos  | Clases magistrales, ejercicios y laboratorios. |
|  | 6, 7, 8      | <b>7. Rectificadores controlados.</b><br>7.1. Rectificador monofásico.<br>7.2. Rectificadores polifásicos simples<br>7.3. Rectificador puente polifásico<br>7.4. Rectificadores semicontrolados.   | Clases magistrales, ejercicios y laboratorios. |
|  | 9, 10,<br>11 | <b>8. Convertidores conmutados DC/DC.</b><br><b>Topologías básicas con un solo interruptor sin aislamiento galvánico.</b><br>8.1. Control de los convertidores DC-DC   | Clases magistrales, ejercicios y laboratorios. |

|          |  |  |
|----------|--|--|
|          | 8.2. Convertidor reductor<br>8.3. Convertidor elevador   |  |
|          | 8.4. Convertidor reductor-elevador<br>8.5. Convertidor de Cük.   |  |
| 12       | <b>9. Convertidores DC/DC con aislamiento galvánico.</b><br>9.1. Convertidor puente<br>9.2. Convertidores con aislamiento galvánico<br>9.3. Circuitos de control de convertidores.   | Clases magistrales, ejercicios y laboratorios. |
| 13, 14   | <b>10. Convertidores DC/AC</b><br>10.1. Inversor monofásico en puente completo<br>10.2. Inversor trifásico<br>10.3. Otros inversores.  | Clases magistrales, ejercicios y laboratorios. |
| 15, 16   | <b>11. Convertidores DC/AC con salida sinusoidal</b><br>11.1. Estudio de una rama de un puente inversor<br>11.2. Inversor medio puente.<br>11.3. Inversor puente completo.<br>11.4. Puente trifásico.                      | Clases magistrales, ejercicios y laboratorios. |
| Opcional | <b>12. Aplicaciones adicionales.</b><br>12.1. Sistemas de Alimentación Ininterrumpida.<br>12.2. Control de motores.<br>12.3. Transmisión DC en Alto Voltaje (HVDC).<br>12.4. Sistemas Flexibles de Transmisión AC (FACTS). | Clases magistrales.                            |
|          | <b>13. Soft switching. (Opcional)</b><br>13.1. Repaso a los mecanismos de conmutación en   |  |

|              |  |                                       |
|--------------|--|---------------------------------------|
| Opcio<br>nal | semiconductores.<br>13.2. Resonancia serie y paralelo.<br>13.3. Zero Voltage Switching (ZVS).<br>13.4. Zero Current Switching (ZCS).<br>13.5. Comparación entre el<br>Hard<br>Switching y el Soft Switching. | Clases<br>magistrales,<br>ejercicios. |
|--------------|--|---------------------------------------|

| VI. EVALUACIÓN (¿Qué? ¿Cuándo? ¿Cómo?)   |  |     |  |
|--|--|-----|--|
| Las evaluaciones a los estudiantes son diseñadas de manera que permitan evidenciar el nivel de abstracción y conceptualización de cada uno de los temas del curso.   |  |     |  |
|  | <b>Tipo de Evaluación</b>                    |     |  |
| Nota 1   | Examen escrito.                              | 15% |  |
| Nota 2   | Examen escrito.                              | 15% |  |
| Nota 3   | Talleres.                                    | 20% |  |
| Laboratorio  | 14 practicas de laboratorio                  | 20% |  |
| Examen<br>Final  | Evaluación conceptual de los temas del curso | 30% |  |
| Aspectos a Evaluar del Curso   |  |     |  |
| 1. Evaluación del desempeño docente<br>2. Evaluación de los aprendizajes de los estudiantes en sus dimensiones: individual/grupo, teórica/práctica, oral/escrita.<br>3. Autoevaluación:<br>4. Coevaluación del curso: de forma oral entre estudiantes y docente. |  |     |  |

| Datos del Docente   |       |        |       |
|---|-------|--------|-------|
|   |       |        |       |
|   |       |        |       |
| Asesorías: Firma de Estudiantes   |       |        |       |
| Nombre  | Firma | Código | Fecha |
| 1.  |       |        |       |
| 2.  |       |        |       |
| 3.  |       |        |       |
| Firma del Docente   |       |        |       |
| <div style="text-align: center; margin-bottom: 10px;"> <hr style="width: 30%; margin: 0 auto;"/> </div> <p>FECHA DE ENTREGA: Octubre 24 de 2022</p> |       |        |       |