



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**  
**LICENCIATURA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA**

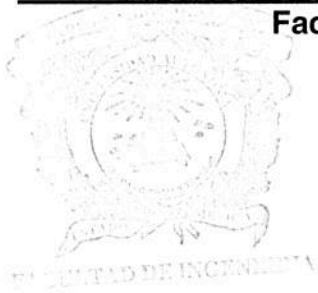


**PROGRAMA DE ESTUDIOS**

**Máquinas eléctricas**

<b>Elaboró:</b>	Dr. Giorgio Mackenzie Cruz Martínez	Facultad de Ingeniería
	M. en I. Christian Castro Martínez	Facultad de Ingeniería

<b>Fecha de aprobación:</b>	<b>H. Consejo Académico</b>	<b>H. Consejo de Gobierno</b>
	18 de enero de 2021	20 de enero de 2021



**Facultad de Ingeniería**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA

20 ENE 2021

CONSEJOS ACADÉMICO Y DE GOBIERNO  
DICTÁMEN: APROBADO



## Índice

	<b>Pág.</b>
<b>I. Datos de identificación.</b>	3
<b>II. Presentación del programa de estudios.</b>	4
<b>III. Ubicación de la unidad de aprendizaje en el mapa curricular.</b>	5
<b>IV. Objetivos de la formación profesional.</b>	7
<b>V. Objetivos de la unidad de aprendizaje.</b>	8
<b>VI. Contenidos de la unidad de aprendizaje y su organización.</b>	9
<b>VII. Acervo bibliográfico.</b>	12





### I. Datos de identificación.

Espacio académico donde se imparte

Estudios profesionales

Unidad de aprendizaje  Clave

Carga académica	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="6"/>
	Horas teóricas	Horas prácticas	Total de horas	Créditos

Carácter  Tipo  Periodo escolar

Área curricular  Núcleo de formación

Seriación

UA Antecedente

UA Consecuente

Formación común

No presenta





## II. Presentación del programa de estudios.

El Ingeniero en Electrónica tiene las competencias necesarias para desarrollarse en distintas áreas del sector productivo. Por la zona geográfica donde está situada la Facultad de Ingeniería de la UAEM, los egresados buscan desarrollarse en el sector industrial, en donde las maquinas eléctricas son de uso cotidiano y generalizado para todos los procesos industriales.

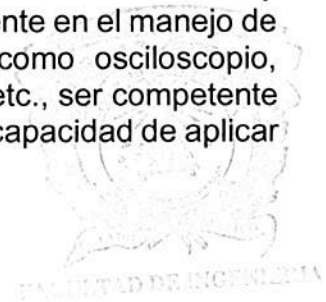
La Unidad de Aprendizaje Maquinas eléctricas consta de cinco unidades temáticas: la primera está enfocada a los transformadores, la segunda corresponde a análisis de los motores de inducción ampliamente usados en la industria. La tercera unidad hace un análisis amplio de las máquinas síncronas desde el punto de vista de generadores y motores. La unidad cuatro presenta un análisis de las máquinas de corriente directa, y por último, la unidad cinco presenta una introducción a los métodos más comunes de control de motores con base en una fuente de tensión directa.

La Unidad de Aprendizaje de Máquinas eléctricas, aunque no presenta seriación dentro del mapa curricular, es antecedente para las Unidades de Aprendizaje de: Control analógico y digital I, Control analógico y digital II, Control de procesos industriales, Control avanzado, Robótica y Electrónica de potencia I y II, ya que en todas ellas la planta del sistema dinámico o del sistema automatizado que se estudie tiene en algún punto un actuador que es un motor eléctrico, un transformador o un generador, siendo estas las maquina eléctricas fundamentales.

El Ingeniero en Electrónica debe ser capaz de proponer maquinas eléctricas adecuadas en el diseño de procesos industriales, debe diagnosticar fallas y hacer mantenimiento preventivos y correctivos, así como diseñar toda la electrónica de control e instrumentación que las maquinas eléctricas necesitan para operar y ser más eficientes.

El docente, debe realizar la planeación del curso, debe de impartir el aspecto teórico y práctico del curso, y proporcionar casos de estudio reales, de tal manera que el estudiante pueda observar el contexto donde los conocimientos adquiridos tienen aplicaciones en procesos industriales. Por otra parte, el docente debe utilizar herramientas tales como software especializado, se sugiere usar el Toolbox Simscape de Matlab-Simulink para hacer las simulaciones de las máquinas eléctricas que se presente. Con esto es posible reforzar los conocimientos adquiridos por los dicentes en el aspecto práctico-analítico mediante simulaciones de modelos de sistemas reales. Además, el profesor hará uso de las estaciones de trabajo existentes en el laboratorio para realizar prácticas con equipos industriales.

En lo que corresponde al alumno, éste debe de tener la capacidad de análisis y síntesis, capacidad de organización y planificación, ser competente en el manejo de computadora, instrumentos electrónicos de medición tales como osciloscopio, multímetro, generadores de señales, fuentes de alimentación, etc., ser competente en la búsqueda y análisis de información y, finalmente, tener la capacidad de aplicar los conocimientos adquiridos.







Proyecto curricular de la Licenciatura de Ingeniería en Electrónica  
 Reestructuración, 2019  
 Secretaría de Docencia • Dirección de Estudios Profesionales



DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES DE APRENDIZAJE OPTATIVAS

PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6	PERIODO 7	PERIODO 8	PERIODO 9	PERIODO 10
								Electrónica I 3 1 4 7	
								Ingeniería de audio 3 1 4 7	
								Robótica 3 1 4 7	
								Electrónica de potencia en electrónica microelectrónica 3 1 4 7	
								Electrónica de los sistemas de transporte 3 1 4 7	
								Telefonía 3 1 4 7	
								Control avanzado 3 1 4 7	

SIMBOLOGÍA		PARÁMETROS DEL PLAN DE ESTUDIOS	
<p>Unidad de aprendizaje</p> <p>→ 24 horas de teoría</p> <p>Creditos teóricos 24 / materias 66 por periodo escolar</p> <p>* Materias a distancia</p> <p>→ 48 horas de la actividad a distancia</p> <p>LA unidad que sea propuesta, se suma y se deduce de la tabla total</p>	<p>Núcleo básico obligatoria cursar y acreditar 22 UA</p> <p>Núcleo sustantivo obligatorio cursar y acreditar 21 UA</p> <p>Módulo integrador obligatorio acreditar 11 UA (3 de materias y 8 de prácticas)</p>	<p>Tesis de núcleo básico acreditar 21 UA para cursar 42 creditos</p> <p>Tesis de núcleo sustantivo acreditar 21 UA para cursar 42 creditos</p> <p>Tesis de núcleo integrador acreditar 15 UA + 2 para cursar 34 creditos</p>	<p>TOTAL DEL PLAN DE ESTUDIOS</p> <p>LA OBLIGATORIA 54 + 2 A DISTANCIA 56</p> <p>LA OBLIGATORIA 54 + 2 A DISTANCIA 56</p> <p>LA OBLIGATORIA 54 + 2 A DISTANCIA 56</p> <p>CREDITOS 412</p>



#### IV. Objetivos de la formación profesional.

##### Objetivos del programa educativo:

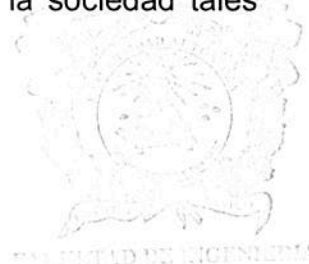
Son objetivos de los estudios profesionales de la Licenciatura de Ingeniería en Electrónica formar profesionales, críticos, creativos, dispuestos a adquirir el espíritu universitario, interesados por resolver problemas técnicos relacionados con el diseño, ensamble, instalación, evaluación, validación y mantenimiento de sistemas electrónicos contemplando aspectos éticos, humanísticos, de inclusión, en armonía con el medio ambiente para contribuir al progreso, económico y cultural del país y satisfacer las necesidades de la sociedad.

##### Generales

- Ejercer el diálogo y el respeto como principios de la convivencia con sus semejantes, y de apertura al mundo.
- Reconocer la diversidad cultural y disfrutar de sus bienes y valores.
- Adquirir los valores de cooperación y solidaridad.
- Participar activamente en su desarrollo académico para acrecentar su capacidad de aprendizaje y evolucionar como profesional con autonomía.
- Asumir los principios y valores universitarios, y actuar en consecuencia.
- Aprender los modelos, teorías y ciencias que explican el objeto de estudio de su formación.
- Emplear habilidades lingüístico-comunicativas en una segunda lengua.
- Tomar decisiones y formular soluciones racionales, éticas y estéticas.
- Comprender y aplicar los principios subyacentes a los métodos, técnicas e instrumentos empleados en la intervención profesional.
- Emplear las habilidades técnicas y tecnológicas para evolucionar en el campo laboral.
- Desarrollar un juicio profesional basado en la responsabilidad, objetividad, credibilidad y la justicia.

##### Particulares

- Ensamblar sistemas electrónicos analógicos y digitales evaluando el tipo, costo, propósito y características de montaje de componentes utilizando los fundamentos de la teoría de los semiconductores, electrónica y teoría electromagnética para contribuir en diversos ámbitos de la sociedad tales como la salud, la educación, la industria y los servicios.





- Instalar sistemas electrónicos analógicos y digitales ponderando los requerimientos técnicos, de espacio, normativos, de prueba y de seguridad empleando el conocimiento de los estándares nacionales e internacionales para solucionar problemas técnicos en el área de automatización, telecomunicaciones, energía sustentable, sistemas de transporte, bioelectrónica y electrónica entre otras dentro de las organizaciones.
- Evaluar sistemas electrónicos analógicos y digitales caracterizando su funcionamiento a partir de sus parámetros de operación y uso para establecer su óptimo desempeño en su vida útil.
- Organizar inspecciones sobre los sistemas electrónicos analógicos y digitales utilizando técnicas analíticas tales como indicadores estadísticos de fiabilidad y disponibilidad para pronosticar fallas y extender la vida útil de los equipos.

### **Objetivos del núcleo de formación:**

Desarrollará en el alumno el dominio teórico, metodológico y axiológico del campo de conocimiento donde se inserta la profesión.

Comprenderá unidades de aprendizaje sobre los conocimientos, habilidades y actitudes necesarias para dominar los procesos, métodos y técnicas de trabajo; los principios disciplinares y metodológicos subyacentes; y la elaboración o preparación del trabajo que permita la presentación de la evaluación profesional.

### **Objetivos del área curricular o disciplinaria:**

Formular idealizaciones particularizando las condiciones de operación de sistema a través de expresiones y simplificaciones de los modelos matemáticos que caracterizan sistemas propios de la electrónica para desarrollar métodos de solución a problemas de instrumentación, suministro de energía, preamplificadores de pequeña señal, máquinas de estado, generadores de señal y de fuerza motriz.

### **V. Objetivos de la unidad de aprendizaje.**

Analizar el principio de funcionamiento de la máquina eléctrica a partir de la simplificación de las ecuaciones de Maxwell referentes al campo magnético para caracterizar transformadores, motores y generadores industriales.







## VI. Contenidos de la unidad de aprendizaje y su organización.

### Unidad temática 1. Teoría del transformador

**Objetivo:** Analizar el funcionamiento de los transformadores eléctricos mediante ecuaciones de diseño derivadas de los circuitos magnéticos para resolver problemas en adecuación y distribución de energía eléctrica.

#### Temas:

- 1.1 Transformador eléctrico
  - 1.1.1 Circuito equivalente
  - 1.1.2 Análisis de comportamiento bajo distintas cargas
- 1.2 Operación del transformador en el sistema eléctrico
  - 1.2.1 Conexión de transformadores
  - 1.2.2 Transformador trifásico
  - 1.2.3 Selección de transformadores
- 1.3 Transformador de distribución
  - 1.3.1 Conexiones y su funcionamiento en los transformadores de distribución
  - 1.3.2 Transformadores de una fase en circuitos de dos fases
  - 1.3.3 Tres transformadores en circuitos trifásicos
  - 1.3.4 Conexiones Delta-Gama en circuitos trifásicos
  - 1.3.5 Protección en los transformadores de circuitos de distribución
  - 1.3.6 Autotransformadores
  - 1.3.7 Cálculo de pérdidas y su optimización
  - 1.3.8 Normas de diseño
- 1.4 Transformadores de potencia
  - 1.4.1 Tipos de transformadores de potencia
  - 1.4.2 Tipos de aislamiento





## Unidad temática 2. Motor de Inducción

**Objetivo:** Analizar el funcionamiento de los motores de Inducción mediante ecuaciones de diseño derivadas de los circuitos magnéticos para resolver problemas en máquinas automatizadas que tengan estos tipos de motores.

### Temas:

- 2.1 Principios básicos del motor de inducción trifásico
- 2.2 Campo magnético rotatorio
- 2.3 Circuito equivalente para el motor de inducción
- 2.4 Diagrama de potencia
- 2.5 Ecuación del par electromagnético
- 2.6 NEMAS y tipos de arranque
- 2.7 Arranque estrella delta
- 2.8 Motores de inducción con diferentes características del rotor

## Unidad temática 3. Máquinas síncronas

**Objetivo:** Analizar el funcionamiento de las máquinas síncronas mediante ecuaciones de diseño derivadas de los circuitos magnéticos para resolver problemas en máquinas de control numérico y robots.

### Temas:

- 3.1 Máquinas síncronas
  - 3.1.1 Clasificación y construcción física
  - 3.1.2 Circuito equivalente de la máquina síncrona
- 3.2 Generador síncrono
  - 3.2.1 Tipos de rotores
  - 3.2.2 Sistema de excitación
  - 3.2.3 Devanado de estator y de rotor
  - 3.2.4 Velocidad síncrona
  - 3.2.5 Flujo rotatorio de reacción de armadura
  - 3.2.6 Pruebas a generadores, curva de saturación y prueba de corto circuito
  - 3.2.7 Diagrama fasorial
  - 3.2.8 Relación de corto circuito y reactancia síncrona
  - 3.2.9 Operación de carga resistiva y su diagrama fasorial
  - 3.2.10 Operación de carga inductiva y capacitiva
  - 3.2.11 Prueba de excitación y factor de potencia
- 3.3 Operación de motores y condensadores síncronos





#### Unidad temática 4. Máquinas de corriente continua (CC)

**Objetivo:** Analizar el funcionamiento de las máquinas de corriente continua mediante ecuaciones de diseño derivadas de los circuitos magnéticos para resolver problemas en máquinas que utilicen como actuadores este tipo de motores.

##### Temas:

- 4.1 Máquinas de corriente continua
  - 4.1.1 Partes principales de maquina CC
  - 4.1.2 Clasificación de las maquinas CC
  - 4.1.3 Principio de funcionamiento
  - 4.1.4 Proceso de conmutación entre delgas
- 4.2 Generador de corriente continua
  - 4.2.1 Generador de excitación independiente
  - 4.2.2 Generador serie y paralelo
- 4.3 Motores de corriente continua
  - 4.3.1 Motores de excitación en serie y excitación en paralelo
  - 4.3.2 Motores de excitación compuesta
- 4.4 Accionamientos eléctricos de velocidad variable para motores de CC
  - 4.4.1 Características mecánicas
  - 4.4.2 Características mecánicas de motor de corriente continua de excitación independiente
- 4.5 Motores especiales
  - 4.5.1 Motores a pasos
  - 4.5.2 Motores lineales





### Unidad temática 5. Accionamiento eléctrico de velocidad variable

**Objetivo:** Analizar el funcionamiento de las máquinas de accionamiento eléctrico de velocidad variable mediante ecuaciones de diseño derivadas de los circuitos magnéticos para resolver problemas de máquinas que requieran un comportamiento dinámico en la velocidad del actuador.

**Temas:**

- 5.1 Control por variación de resistencia del rotor
- 5.2 Control del voltaje de línea
- 5.3 Operación a frecuencia y deslizamiento constante
- 5.4 Control escalar voltaje frecuencia
- 5.5 Operación de voltaje frecuencia en diferentes zonas de operación
- 5.6 Inversor trifásico como fuente de voltaje
- 5.7 Inversor PWM senoidal
- 5.8 Formas de corriente voltaje y velocidad para un esquema  $V/f$
- 5.9 Principios de control vectorial con control de flujo del rotor
- 5.10 Principios del control FOC

### VII. Acervo bibliográfico

**Básico:**

Fitzgerald, A. E., Kingsley, C., & Umans, S. D. (2003). *Electric Machinery*, 6ta Edición. Portland: McGraw-Hill.

Molina, J., & Cánovas Rodríguez, F. J. (2014). *Motores y máquinas eléctricas fundamentos para ingenieros*. Alfaomega.

Ponce Cruz, P. (2016). *Máquinas eléctricas - Técnicas Modernas de Control*. Alfaomega.

**Literatura en inglés:**

Gönen, T. (2012). *Electrical machines with MATLAB*, 2a. Ed, New York: CRC press.

Krause, P. C., Wasynczuk, O., & Sudhoff, S. D. (2013). *Analysis of Electric Machinery and Drive Systems*. Wiley-IEEE Press.

**Complementario:**

Chapman, S. (2012). *Máquinas Eléctricas*, 5ta edición, Ney York: McGrawHill.

Veganzones, C. (2015). *Transformadores y Máquinas Eléctricas Asíncronas*. DEXTRA

Wildi, T. (2006). *Electrical machines drivers and power systems*. Ohio: Pearson.

