

## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Máquinas Eléctricas
<b>Clave de la asignatura:</b>	ERF-1016
<b>SATCA<sup>1</sup>:</b>	3-2-5
<b>Carrera:</b>	Ingeniería en Energías Renovables

## 2. Presentación

<b>Caracterización de la asignatura</b>
<p>Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero en energías renovables la capacidad para entender el funcionamiento de todas las máquinas eléctricas y las habilidades para ponerlas en operación.</p> <p>Para integrar dicha materia se ha revisado el tipo de máquinas eléctricas que existen y sobre todo aquellas que más uso y aplicación tienen en la actualidad.</p> <p>Esta asignatura es de aplicación de la ingeniería, por lo que está incluida en el sexto semestre de la carrera, ya que requiere de conocimientos previos de electromagnetismo y circuitos eléctricos. El conocimiento de la operación de las distintas máquinas eléctrica es de suma importancia para las asignaturas de: Auditoría energética y administración y técnicas de conservación, de igual permite el desarrollo de proyectos integrales en Formulación y Evaluación de Proyectos, Sistemas Fotovoltaicos y Térmicos y Energía Eólica. Con esta asignatura se tendrán las bases suficientes para emprender una especialidad ya que generalmente el elemento final de uso de una energía renovable está asociado a una máquina eléctrica funcionando como generador o motor.</p>
<b>Intención didáctica</b>
<p>Se organiza el temario, en 5 temas, agrupando los contenidos conceptuales al inicio de cada uno de ellos, mientras que al final se estructuran casos de aplicación además de desarrollar prácticas de laboratorio específicas para cada tema..</p> <p>Se comienza con las leyes fundamentales del electromagnetismo que es el principio operacional de cualquier máquina eléctrica, haciendo referencia al manejo de estos temas en el comportamiento de todos los tipos de máquinas eléctricas.</p> <p>En cada una de los 4 temas se ve específicamente el concepto de máquina eléctrica particular, únicamente en el tema 4 se estudian tres tipos de máquinas: las de inducción, los servomotores y motores a pasos.</p> <p>En cada tema es importante destacar las partes que integran cada tipo de máquina y mostrar las diferencias que tienen con respecto a las demás, así como también conceptualizar los principios de operación, para que al finalizar se pueda integrar en conjunto los conocimientos y poder aplicarlos dentro del laboratorio para que el estudiante</p>

<sup>1</sup> Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

sea capaz de realizar las pruebas a las mismas con la finalidad de determinar todos sus parámetros y con ellos realice un estudio real de ellas.

Una vez abordado todos los estudios conceptuales y de aplicación, entonces será necesario que el alumno interactúe con las máquinas de manera continua dentro del laboratorio, realice conexiones, simule las variables críticas dentro de las máquinas y sea capaz de fundamentar las situaciones reales que se presenten.

La lista de actividades de aprendizaje no es exhaustiva, se sugieren sobre todo las necesarias para hacer más significativo y efectivo el aprendizaje. Algunas de las actividades sugeridas pueden hacerse como actividad extra clase y comenzar el tratamiento en clase a partir de la discusión de los resultados de las observaciones. Se busca partir de experiencias concretas, cotidianas, para que el estudiante se acostumbre a reconocer los fenómenos físicos en su alrededor y no sólo se hable de ellos en el aula.

### 3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico Superior de Puerto Vallarta del 10 al 14 de agosto de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Chihuahua, Chihuahua II, Chilpancingo, Durango, La Laguna, La Piedad, León, Mexicali, Milpa Alta, Minatitlán, Orizaba, Saltillo, Toluca, Veracruz y Villahermosa.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones, Ingeniería en Energías Renovables, Ingeniería Petrolera y Gastronomía.
Instituto Tecnológico de Villahermosa del 24 al 28 de mayo de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Chihuahua, La Laguna, León, Mexicali, Milpa Alta, Minatitlán, Toluca, Veracruz y Villahermosa.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Geociencias, Ingeniería en Energías Renovables, Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones, y Gastronomía.
Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, del 24 al 27 de junio de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Cd. Victoria, Cintalapa, Huichapan, Mexicali, Motúl, Progreso y Tequila.	Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de las Carreras de Ingeniería en Energías Renovables, Ingenierías en Geociencias,

		Ingeniería en Materiales y Licenciatura en Biología del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos.
Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Progreso.	Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingenierías, Licenciaturas y Asignaturas Comunes del SNIT.

#### 4. Competencia(s) a desarrollar

<b>Competencia(s) específica(s) de la asignatura</b>
Analiza el funcionamiento de las diferentes máquinas eléctricas, y selecciona la máquina apropiada para el suministro de una carga específica.

#### 5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliza los instrumentos de medición y prueba para la medición e interpretación de variables eléctricas en componentes y circuitos eléctricos.</li> <li>• Selecciona y utiliza los diferentes instrumentos de medición de variables mecánicas y eléctricas; apoyándose en las normas nacionales e internacionales vigentes. Además de utilizar los equipos de prueba para verificar el estado en que se encuentran las máquinas y equipos electromecánicos.</li> <li>• Analiza y resuelve problemas de potencia eléctrica, modela y obtiene resultados con software de simulación para analizar el comportamiento de sistemas eléctricos e implementar técnicas de corrección.</li> <li>• Analiza y resuelve problemas de circuitos eléctricos excitados con corriente alterna, comprobando la solución con software de simulación para estudiar el comportamiento de las señales.</li> <li>• Comprende y aplica los conceptos básicos de las leyes y principios fundamentales de la electricidad y el magnetismo para entender el funcionamiento de equipos eléctricos.</li> </ul>
--

#### 6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Fundamentos de electromagnetismo y el transformador eléctrico.	1.1 Leyes fundamentales de electromagnetismo. Leyes de Maxwell. 1.2 Variables magnéticas. 1.3 El circuito magnético. 1.4 Principio operacional del transformador de voltaje. 1.5 Análisis del transformador ideal.

		<p>1.6 Circuito equivalente del transformador con núcleo de hierro.</p> <p>1.7 Análisis de la regulación de voltaje con diferentes tipos de cargas.</p> <p>1.8 Eficiencia de los transformadores a diferentes factores de potencia.</p> <p>1.9 Autotransformadores monofásicos.</p> <p>1.10 Conexiones de transformadores monofásicos en arreglos trifásicos.</p> <p>1.11 Conexiones de transformadores monofásicos en arreglos de autotransformadores trifásicos.</p> <p>1.12 Relaciones de transformación</p>
2	Máquinas de corriente directa.	<p>2.1 Componentes de las máquinas de C.D.</p> <p>2.2 Principio operacional de las máquinas de C.D. como generador y como motor.</p> <p>2.3 Tipos de conexiones eléctricas.</p> <p>2.3.1 Ecuaciones de nodos y mallas para las diferentes conexiones en generadores y motores.</p> <p>2.4 Reacción de inducido.</p> <p>2.5 Conceptos de fuerza electromotriz en los generadores y fuerza contra electromotriz en los motores.</p> <p>2.6 Condiciones de arranque para los diferentes tipos de motores de C.D</p> <p>2.7 Ecuaciones de par o torque para los motores de C.D</p> <p>2.8 Curvas características de los diferentes tipos de motores de C.D cuando operan bajo carga.</p> <p>2.8.1 Par vs. Corriente de inducido.</p> <p>2.8.2 Velocidad vs. Corriente de inducido.</p> <p>2.8.3 Par vs. Velocidad</p> <p>2.9 Control de los motores de C.D</p> <p>2.9.1 En el arranque.</p> <p>2.9.2 Para el control de velocidad.</p> <p>2.9.3 Para la inversión de giro.</p> <p>2.9.4 En el frenado.</p> <p>2.10 Aplicaciones de los motores de C.D.</p>
3	Maquinas Síncronas	<p>3.1 Componentes de las máquinas síncronas.</p> <p>3.2 Principio operacional de las máquinas síncronas como generador y como motor.</p> <p>3.3 Tipos de generadores síncronos y formas de excitación.</p> <p>3.4 Fuerza electromotriz y frecuencia.</p>

		<p>Ecuaciones básicas. 3.5 Análisis fasorial del generador sincrónico bajo diferentes tipos de cargas. 3.6 Porcentaje de regulación de voltaje. Para factores de potencia unitaria, en atraso y en adelante. 3.7 Operación en paralelo de los generadores sincrónicos. 3.8 Métodos de arranque de los motores sincrónicos. 3.9 Análisis fasorial del motor sincrónico bajo diferentes condiciones de carga y de excitación. 3.10 Potencia y par. 3.11 Determinación de las curvas V. 3.12 Aplicaciones de los generadores y motores sincrónicos.</p>
4	Motores de corriente alterna y servomotores	<p>4.1 Tipos de motores de inducción asíncronos trifásicos. 4.2 Motor de rotor devanado, WRIM. 4.3 Operación de los motores asíncronos trifásicos. Principio operacional del campo magnético giratorio. 4.4 Métodos de arranque de los motores SCIM y WRIM. 4.5 Aplicaciones de los motores de inducción trifásicos. 4.6 Servomotores 4.7 Motores a pasos. 4.8 Identificación de los tipos de motores a pasos 4.9 Aplicación de los servomotores y motores a pasos.</p>

## 7. Actividades de aprendizaje de los temas

Fundamentos del electromagnetismo y el generador eléctrico.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p><b>Específica (s):</b></p> <p>Conoce el principio de funcionamiento del generador eléctrico para determinar el comportamiento de éstos bajo diferentes cargas.</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <p>Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</p> <p>Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar la aplicación de las leyes del electromagnetismo en las máquinas eléctricas.</li> <li>• Desarrollar las leyes del electromagnetismo aplicadas a las máquinas eléctricas.</li> <li>• Hacer la prueba de polaridad instantánea de un transformador.</li> <li>• Identificar las partes de un transformador</li> <li>• Energizar un transformador con bajo voltaje en un lado y medir el voltaje en el otro lado para así determinar su relación de transformación.</li> <li>• Realizar las pruebas de cortocircuito y circuito abierto a diferentes tipos de transformadores.</li> <li>• En función de las pruebas de cortocircuito y circuito abierto determinar los parámetros del transformador y su circuito equivalente.</li> <li>• Determinar el comportamiento de los transformadores cuando estos operan bajo diferentes cargas, construyendo los diagramas fasoriales correspondientes. Realizar cálculo de parámetros del transformador en función de la variación de la Determinar la eficiencia y regulación de voltaje en los transformadores eléctricos.</li> <li>• Identificar los transformadores trifásicos.</li> <li>• Conocer los diferentes tipos de conexión de transformadores monofásicos en bancos trifásicos.</li> <li>• Realizar conexiones de bancos trifásicos de transformadores monofásicos.</li> <li>• Investigar la diferencia entre un transformador y un autotransformador</li> <li>• Interpretar la potencia transferida y la potencia transformada dentro de un autotransformador</li> <li>• Realizar la conexión de un transformador monofásico como autotransformador y corroborar que opera a una potencia mayor que si operara como transformador.</li> </ul>

<b>Máquinas de corriente directa</b>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p><b>Específica (s):</b></p> <p>Identificar las partes y fenómenos magnéticos que ocurren en una máquina de corriente directa para entender su funcionamiento y aplicaciones.</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <p>Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</p> <p>Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</p> <p>Capacidad de trabajo en equipo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar e identificar las partes que conforman una máquina de CD</li> <li>• Conocer el principio de funcionamiento de una máquina de CD.</li> <li>• Conocer los parámetros que se utilizan para el estudio de una máquina de CD.</li> <li>• Entender el comportamiento de la máquina de CD como generador.</li> <li>• Realizar los diferentes tipos de conexiones de la máquina de CD como generador.</li> <li>• Analizar el comportamiento de los diferentes tipos de conexiones de la máquina de CD como generador.</li> <li>• Realizar los diferentes tipos de conexiones de la máquina de CD como motor.</li> <li>• Analizar el comportamiento de los diferentes tipos de conexiones de la máquina de CD como motor.</li> <li>• Determinar la curva de magnetización de una máquina de CD</li> <li>• Determinar y analizar las curvas características de la máquina de CD.</li> <li>• En base a las curvas de magnetización y par velocidad de la máquina de CD determinar qué tipo de conexión de la máquina de CD se requiere para algunas aplicaciones industriales</li> </ul>
<b>Máquinas Síncronas</b>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p><b>Específica (s):</b></p> <p>Conoce las partes y fenómenos magnéticos que intervienen en una máquina síncrona para entender su funcionamiento.</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <p>Capacidad para identificar, plantear y</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar e identificar las partes que conforman una maquina sincrónica</li> <li>• Conocer el principio de funcionamiento de una máquina síncrona.</li> <li>• Investigar que es y cómo funciona el campo magnético giratorio.</li> <li>• Entender cómo se puede cambiar el sentido de giro del campo magnético giratorio.</li> <li>• Conocer los parámetros que se utilizan para el estudio de una máquina síncrona.</li> </ul>

<p>resolver problemas.</p> <p>Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</p> <p>Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entender el comportamiento de la máquina síncrona como generador.</li> <li>• Realizar las conexiones de la máquina síncrona como generador.</li> <li>• Realizar las pruebas de resistencia de armadura, cortocircuito y circuito abierto de la máquina síncrona.</li> <li>• Elaborar el circuito equivalente de la máquina síncrona.</li> <li>• Analizar el comportamiento de la máquina síncrona como generador alimentando diferentes tipos de cargas.</li> <li>• Trazar los diagramas fasoriales resultantes de un alternador alimentando cargas resistivas, inductivas y capacitivas.</li> <li>• Realizar variaciones de los parámetros (velocidad, corriente de campo) para el control de voltaje y frecuencia en un generador.</li> <li>• Entender la información que contiene un diagrama de casa</li> <li>• Investigar los parámetros necesarios para poder conectar un alternador en paralelo con otro o un sistema de potencia.</li> <li>• Conectar un alternador en paralelo con otro y con un sistema de potencia.</li> <li>• Investigar las diferentes formas de arrancar el motor sincrónico.</li> </ul>
---	---

**Motores de Corriente Alterna y Servomotores**

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p><b>Específica (s):</b></p> <p>Conocer las partes que comprenden una maquina asíncrona así como los fenómenos electromagnéticos que intervienen para comprender la funcionalidad en conjunto de la misma</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <p>Capacidad de aplicar los</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar e identificar las partes que conforman una máquina de asíncrona con rotor jaula de ardilla y con rotor devanado.</li> <li>• Conocer el principio de funcionamiento de una máquina de CA.</li> <li>• Conocer los parámetros que se utilizan para el estudio de una máquina de CA.</li> <li>• Conocer el circuito equivalente de una máquina asíncrona y ver su semejanza con la de un transformador.</li> <li>• Realizar la conexión de los diferentes tipos de máquinas asíncronas.</li> <li>• Arrancar y controlar los diferentes tipos de máquinas asíncronas.</li> </ul>



<p>conocimientos en la práctica</p> <p>Capacidad de trabajo en equipo</p> <p>Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar los diferentes tipos de motores a pasos y servomotores que existen.</li> <li>• Conocer el principio de funcionamiento de los motores a pasos y servomotores.</li> <li>• Identificar los diferentes tipos de motores a pasos en función al número de conductores que salen de ellos.</li> <li>• Realizar pruebas de secuencia en función a los conectores en un motor de pasos.</li> <li>• Arrancar y operar un motor a pasos.</li> <li>• Investigar la utilización de los motores a pasos.</li> <li>• Conocer cómo se opera un motor a pasos mediante un circuito de control y mediante un PLC.</li> </ul>
---	--

## 8. Práctica(s)

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pruebas de corto circuito y circuito abierto a un transformador.</li> <li>2. Conexiones de transformadores monofásicos para formar bancos de transformación trifásica.</li> <li>3. Conexión de un transformador monofásico en un autotransformador</li> <li>4. Elaborar las curvas características de la máquina de CD.</li> <li>5. Pruebas de resistencia, cortocircuito y circuito abierto de la máquina sincrónica.</li> <li>6. Análisis de la máquina sincrónica como motor.</li> <li>7. Análisis de la máquina sincrónica como generador.</li> <li>8. Sincronización de generadores sincrónicos.</li> <li>9. Arranque de un motor sincrónico y operación bajo carga.</li> <li>10. Arranque de los motores monofásicos y trifásicos de inducción.</li> <li>11. Identificación de diferentes motores a pasos.</li> <li>12. Arranque y control de motores de pasos.</li> </ol>
--

## 9. Proyecto de asignatura

<p>El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Fundamentación:</b> marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.</li> </ul>
--

- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

## 10. Evaluación por competencias

La evaluación debe ser continua y formativa por lo que se debe considerar el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje, haciendo especial énfasis en:

- Reportes de las prácticas de laboratorio hechas durante el curso, así como de las conclusiones obtenidas de dichas observaciones.
- Información obtenida durante las investigaciones documentales solicitadas, plasmada en documentos escritos.
- Descripción de otras experiencias concretas que podrían realizarse adicionalmente.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
- Ponencias de los estudiantes cuando sea el caso.
- Resúmenes de temas específicos

## 11. Fuentes de información

1. Irving Kosow, *Maquinas eléctricas y transformadores*. Ed. Prentice Hall
2. Stephen J Chapman (2012) *Máquinas Eléctricas*, México: Mc. Graw Hill.
3. Theodore Wildi (2007) *Máquinas Eléctricas y sistemas de potencia*. Pearson.
4. Fraile Mora, J. (2008) *Máquinas Eléctricas*. México: McGrawHill
5. Ponce Cruz, P. (2008) *Maquinas Eléctricas Y Técnicas Modernas de Control*. Alfaomega
- 6.-Sintes F. (2010) *Construcción De Maquinas Eléctricas V32 (1921)*. Kessinger Publishing
7. Hubert, C.I (2001) *Electric Machines: Theory, Operating Applications, and Controls*. Prentice Hall