

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Máquinas Eléctricas
Clave de la asignatura:	AEF - 1040
SATCA:	3 - 2 -5
Carrera:	Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecatrónica

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta al perfil del egresado la capacidad para entender el funcionamiento de las máquinas eléctricas y las habilidades para seleccionarlas, ponerlas en operación y controlarlas. Para integrarla, se ha revisado el tipo de máquinas eléctricas que existen y sobre todo aquellas que más uso y aplicación tienen.

Esta asignatura tiene como antecedentes las competencias de electromagnetismo, circuitos eléctricos I y II, y análisis de circuitos eléctricos y como procedentes las competencias de electrónica de potencia aplicada y en las asignaturas de los módulos de especialidad.

Intención didáctica

Es importante destacar las partes constitutivas que integran cada tipo de máquina y mostrar las diferencias que tienen con respecto a las demás, de igual manera se conceptualizan los principios de funcionamiento para integrar los conocimientos y realizar las pruebas a los diversos tipos de máquinas con la finalidad de determinar sus parámetros de operación.

Una vez abordados los estudios conceptuales y de aplicación, el alumno deberá interactuar con los diferentes tipos de máquinas de manera continua dentro del laboratorio, realizar las conexiones necesarias y simular las variables de las máquinas para verificar su comportamiento.

El contenido está dividido en 5 temas. En el primero, se retoman los conceptos fundamentales del electromagnetismo para fundamentar el principio de funcionamiento del transformador. Posteriormente se ven las características del transformador ideal y real, la regulación de tensión con diversos tipos de cargas, su rendimiento y las diversas conexiones de los transformadores y autotransformadores.

En la segunda unidad se considera la máquina de corriente directa, sus partes constitutivas y su principio de funcionamiento como generador y motor; además, se analizan las diferentes conexiones con sus respectivas características, también se estudian los diversos tipos de arranque, control de velocidad y frenado de los motores, así como sus campos de aplicación.

El tercer tema comprende el análisis de la máquina síncrona, analizando sus partes constitutivas y principio de funcionamiento como generador y motor. Para el caso del generador se obtiene la fuerza electromotriz inducida, se interpretan los circuitos equivalentes y diagramas fasoriales y se calcula la regulación de tensión con diferentes cargas, además de la conexión en paralelo de varios generadores. Para el caso del motor se estudian los métodos de arranque, y se determina la potencia, el par electromagnético y su rendimiento, además de analizarlo bajo diferentes condiciones de carga y

corriente de excitación.

El tema cuarto se enfoca en el análisis de los principios de funcionamiento de los motores de inducción y su aplicación en la industria. También se estudia el arranque y control de velocidad de los mismos. En el quinto tema se hace énfasis en las partes constitutivas del motor de inducción monofásico y su principio de funcionamiento; se analizan el arranque y el control de su velocidad. De la misma forma, se estudian los diferentes tipos de motores como son: el de fase partida, de arranque por capacitor, de operación continua por capacitor, universal, de polos sombreados, de pasos, lineales y servomotores. También se determina el tipo de aplicación.

Las actividades de aprendizaje deben ser las necesarias para hacer significativo el aprendizaje; algunas de estas pueden realizarse como actividades extra clase.

Se busca partir de experiencias cotidianas, que el estudiante reconozca los fenómenos físicos en su entorno.

En las actividades de aprendizaje sugeridas, se propone la formalización de conceptos a partir de experiencias concretas; se pretende además que el alumno tenga el primer contacto en forma concreta y sea a través de la observación, la reflexión, la discusión y la práctica, que se dé la formalización; La interacción con las máquinas debe ser después de este proceso, con la finalidad de que tenga los elementos teóricos y prácticos para operar y controlar las máquinas eléctricas.

En el transcurso de las actividades programadas, es muy importante que el estudiante aprenda a valorar las actividades que lleva a cabo y entienda que está construyendo su quehacer profesional; de igual manera, que aprecie la importancia del conocimiento y los hábitos de trabajo; desarrolle la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo y el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Aguascalientes del 15 al 18 de junio de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica, Acapulco, Aguascalientes, Apizaco, Boca Río, Celaya, Chetumal, Chihuahua, Chilpancingo, Chiná, Cd. Cuauhtémoc, Cd. Juárez, Cd. Madero, Cd. Victoria, Colima, Comitán, Cautla, Durango, El Llano de Aguascalientes, Huixquilucan, Valle Bravo, Guaymas, Huatabampo, Huejutla, Iguala, La Laguna, La Paz, La Zona Maya, León, Lerma, Linares,	Elaboración del programa de estudio equivalente en la Reunión Nacional de Implementación Curricular y Fortalecimiento Curricular de las asignaturas comunes por área de conocimiento para los planes de estudio actualizados del SNEST.

	<p>Los Mochis, Matamoros, Mazatlán, Mérida, Mexicali, Minatitlán, Nuevo Laredo, Orizaba, Pachuca, Puebla, Querétaro, Reynosa, Roque, Salina Cruz, Saltillo, San Luis Potosí, Tehuacán, Tepic, Tijuana, Tlaxiaco, Toluca, Torreón, Tuxtepec, Valle de Oaxaca, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas, Zacatepec, Altiplano de Tlaxcala, Coatzacoalcos, Cuautitlán Izcalli, Fresnillo, Irapuato, La Sierra Norte Puebla, Macuspana, Naranjos, Pátzcuaro, Poza Rica, Progreso, Puerto Vallarta, Tacámbaro, Tamazula Gordiano, Tlaxco, Venustiano Carranza, Zacapoaxtla, Zongólica y Oriente del Estado Hidalgo.</p>	
<p>Instituto Tecnológico de Morelia del 10 al 13 de septiembre de 2013.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Boca del Río, Celaya, CRODE Celaya, Cerro Azul, Chihuahua, Cd. Cuauhtémoc, Cd. Hidalgo, Cd. Juárez, Cd. Madero, Cd. Valles, Coacalco, Colima, Iguala, La Laguna, Lerdo, Los Cabos, Matamoros, Mérida, Morelia, Motúl, Múzquiz, Nuevo Laredo, Nuevo León, Oriente del Estado de México, Orizaba, Pachuca, Progreso, Purhepecha, Salvatierra, San Juan del Río, Santiago Papasquiario, Tantoyuca, Tepic, Tlatlauquitpec, Valle de Morelia, Venustiano Carranza, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas y Zacatepec.</p>	<p>Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de las Asignaturas Equivalentes del SNIT.</p>

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia específica de la asignatura

Analiza el funcionamiento de las diferentes máquinas eléctricas y realiza una adecuada selección para su aplicación, según el tipo de carga.

5. Competencias previas

- Identifica las propiedades magnéticas de los materiales para su clasificación y selección
- Selecciona y utiliza adecuadamente los diferentes instrumentos y/o equipos de medición para la lectura de los diferentes parámetros mecánicos y eléctricos, que permitan tener un mejor control en el diseño, instalación y operación de sistemas y dispositivos electromecánicos, de acuerdo a la normativa nacional e internacional.
- Conoce y aplica los métodos y teoremas para el análisis en el dominio de la frecuencia de circuitos monofásicos en corriente alterna.
- Analiza y resuelve circuitos polifásicos empleando las transformaciones correspondientes.
- Aplica los conceptos básicos de las leyes y principios fundamentales del Electromagnetismo, para la solución de problemas reales.
- Conoce los números complejos, sus representaciones y las operaciones entre ellos para tener una base de conocimiento a utilizar en ecuaciones diferenciales y en diferentes aplicaciones de ingeniería.

6. Temario

No.	Nombre de temas	Subtemas
1	Fundamentos de electromagnetismo y transformador eléctrico.	1.1 Leyes fundamentales de electromagnetismo. 1.2 Variables magnéticas. 1.3 El circuito magnético. 1.4 Principio operacional del transformador 1.5 Partes constitutivas del transformador 1.6 Análisis del transformador ideal. 1.7 Análisis del transformador real y su circuito equivalente. 1.8 Análisis de la regulación de tensión con diferentes tipos de cargas. 1.9 Eficiencia de los transformadores a diferentes factores de potencia. 1.10 Autotransformadores monofásicos. 1.11 Conexiones de transformadores monofásicos en arreglos trifásicos. 1.12 Conexiones de autotransformadores monofásicos en arreglos trifásicos.
2	Máquinas de corriente directa.	2.1 Componentes de las máquinas de CD 2.2 Principio operacional de las máquinas de C.D., como generador y como motor. 2.3 Tipos de generadores (excitación separada, derivación, serie y compuesto) y sus curvas

		<p>características</p> <p>2.4 Tipos de motores (derivación, excitación separada, serie y compuesto) y sus curvas características.</p> <p>2.5 Ecuaciones de par electromagnético para los motores de CD</p> <p>2.6 Condiciones de arranque para los diferentes tipos de motores de CD</p> <p>2.7 Control de los motores de CD</p> <p> 2.7.1 arranque.</p> <p> 2.7.2 velocidad.</p> <p> 2.7.3 inversión de giro.</p> <p> 2.7.4 frenado.</p> <p>2.8 Aplicaciones de los motores de CD.</p>
3	Máquinas síncronas	<p>3.1 Componentes de las máquinas sincrónicas.</p> <p>3.2 Principio operacional de las máquinas sincrónicas como generador y como motor.</p> <p>3.3 Fuerza electromotriz inducida y frecuencia.</p> <p>3.4 Circuito equivalente y diagramas fasoriales.</p> <p>3.6 Regulación de tensión con diferentes tipos de carga.</p> <p>3.7 Operación en paralelo de los generadores sincrónicos.</p> <p>3.8 Métodos de arranque de los motores sincrónicos.</p> <p>3.9 Análisis fasorial del motor síncrono bajo diferentes condiciones de carga y de excitación.</p> <p>3.10 Potencia, par electromagnético y rendimiento.</p>
4	Motores de inducción	<p>4.1 Principio y análisis del motor jaula de ardilla.</p> <p>4.2 Principio y análisis del Motor con rotor devanado</p> <p>4.3 Arranque y control de velocidad de los motores de inducción</p> <p>4.4 Aplicaciones de los motores de inducción trifásicos</p>
5	Motores Especiales	<p>5.1 Elementos básicos de los motores monofásicos</p> <p>5.2 Principio de operación del motor monofásico de inducción</p> <p>5.3 Arranque de los motores monofásicos de inducción</p> <p>5.4 Devanados de fase partida</p> <p>5.5 Arranque por capacitor</p> <p>5.6 Operación continua por capacitor</p>

		<p>5.7 Motor universal</p> <p>5.8 Motor de polos sombreados</p> <p>5.9 Motor de pasos</p> <p>5.10 Servomotores</p> <p>5.11 Motores lineales</p> <p>5.12 Aplicación de los motores especiales</p>
--	--	--

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Fundamentos de electromagnetismo y transformador eléctrico.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específicas: Conoce el principio de operación del transformador y comprende su funcionamiento para determinar su aplicación.</p> <p>Genéricas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar las leyes del electromagnetismo en el funcionamiento de las máquinas eléctricas. • Describir las partes de un transformador, y determinar sus marcas de polaridad y su relación de transformación. • Obtener la resistencia óhmica de los devanados y su resistencia de aislamiento • Determina sus parámetros, así como su circuito equivalente a partir de las pruebas de cortocircuito y circuito abierto del transformador. • Determinarla regulación de tensión de los transformadores cuando operan bajo diferentes tipos de cargas, así como su eficiencia. • Describir los principios de operación de los transformadores monofásicos, y trifásicos. • Investigar la diferencia entre un transformador y un autotransformador. • Utilizar las conexiones de los bancos de transformadores monofásicos en arreglos trifásicos. • Utilizar las conexiones de bancos de autotransformadores monofásicos en arreglos trifásicos.
Máquinas de corriente continua.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específicas: Conoce el principio de funcionamiento de la máquina de C.C. como generador y como motor para su adecuada selección y aplicación. Realiza el arranque y control de velocidad de los motores de C.C.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar las partes que conforman una máquina de C.C. y describir el principio de funcionamiento. • Determinar las curvas características en los diferentes tipos de conexión de los generadores de C.C. • Analizar los parámetros utilizados en una

<p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. 	<p>máquina de C.C. para su operación como generador y como motor.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar las curvas características en los diferentes tipos de conexión de los generadores de C.C.
<p>Máquinas Síncronas.</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específicas: Aplica el principio de funcionamiento de la máquina síncrona como motor y como generador y su comportamiento en el sistema eléctrico para controlar su operación.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar y analizar el principio de funcionamiento de una máquina síncrona como motor o como generador. • Elaborar el circuito equivalente de la máquina síncrona. • Trazar los diagramas fasoriales resultantes de un alternador alimentando con cargas resistivas, inductivas y capacitivas. • Calcular la fuerza electromotriz inducida y su frecuencia variando la corriente de excitación del devanado de campo y la velocidad en forma matemática y comprobar experimentalmente. • Conectar en paralelo los generadores síncronos o interconectarlos con un bus infinito tomando en cuenta las condiciones requeridas. • Investigar las diferentes formas de arrancar el motor sincrónico. • Calcular los valores de par electromagnético, así como su potencia y rendimiento del motor síncrono.
<p>Motores de corriente alterna</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específicas: Aplica las leyes del electromagnetismo para comprender el funcionamiento del motor de inducción.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Explicar el principio de operación, construcción y funcionamiento de los motores de inducción. • Investigar las partes constitutivas del motor

<p>Selecciona el motor de acuerdo a las características de la carga para una aplicación en específico. Utiliza los métodos de arranque y control de velocidad de los motores de inducción para determinar su aplicación.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. 	<p>jaula de ardilla y del motor de rotor devanado.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas para la obtención de parámetros de los motores de inducción. • Identificar ventajas y desventajas del motor de inducción jaula de ardilla. • Investigar las diferentes aplicaciones del motor de inducción
<p>Motores especiales</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específicas: Conoce el funcionamiento y características de los motores monofásicos de inducción y los diferentes tipos de máquinas especiales para determinar sus aplicaciones.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar las partes que lo componen y las funciones del motor monofásico de inducción. • Comprender el principio de funcionamiento del motor monofásico de inducción. • Investigar los métodos de control de velocidad de los motores monofásicos de inducción. • Elaborar un cuadro sinóptico donde aparezcan todos los tipos de motores monofásicos, sus características y aplicaciones • Elaborar un cuadro sinóptico donde aparezcan todos los motores especiales, su funcionamiento, características y aplicaciones de cada uno de ellos.

8. Prácticas

- Pruebas de corto circuito y circuito abierto a un transformador para la obtención de sus parámetros.
- Conexiones de bancos de transformadores monofásicos en distintas configuraciones trifásicas.
- Obtener las curvas características de los generadores y motores de C.C.
- Métodos de arranque de los motores de C.C.
- Control de velocidad de los motores de C.C.
- Pruebas de resistencia óhmica y de aislamiento, de cortocircuito y circuito abierto del motor de inducción.
- Operación en paralelo de transformadores
- Generación de la fuerza electromotriz.
- Operación en paralelo de generadores sincrónicos.
- Arranque de un motor sincrónico y operación bajo carga.
- Arranque de los motores monofásicos de inducción.
- Arranque y control de motores de pasos.

9. Proyecto de asignatura (Para fortalecer la(s) competencia(s) de la asignatura)

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:

- **Fundamentación:** 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.
- **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 (específicas y genéricas de la asignatura)

Debe aplicarse evaluación:

- **Diagnóstica**, al inicio del curso, sin que se considere para la evaluación sumativa.
- **Formativa**, durante el desarrollo de la asignatura, apoyándose en los instrumentos y herramientas que se señalan a continuación.
- **Sumativa**, al final, para determinar la valoración numérica de la asignatura se debe basar en los niveles de desempeño establecidos en el Lineamiento para la Evaluación y Acreditación de Asignaturas vigente.

Se recomienda el uso de la coevaluación, autoevaluación y heteroevaluación.

Todos los productos deben de estar contenidos en el portafolio de evidencias que el alumno integrará durante el desarrollo de la asignatura. El docente tendrá en resguardo dicho portafolio al finalizar el curso. El portafolio de evidencias puede ser electrónico.

Instrumentos y herramientas sugeridas para evaluar las actividades de aprendizaje:

Instrumentos	Herramientas
<ul style="list-style-type: none"> • Mapa conceptual • Problemario • Examen teórico/práctico • Esquemas • Representaciones gráficas o esquemáticas • Mapas mentales • Ensayos • Reportes de prácticas • Resúmenes • Simulaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Rúbrica • Lista de cotejo • Matriz de valoración • Guía de observación

11. Fuentes de información

1. Gonen T. (2011). *Electrical Machines with MATLAB*. (2a. Ed.). CRC Press .
2. NasarS. (1997) *Electric Machines and Electromechanics*.(2a. Ed.). McGraw Hill
3. Groos Ch. A. (2006). *Electric Machines*. (1a. Ed.). CRC Press.
4. Chee- Mun O..(1997). *Dynamic Simulation of Electric Machinery Using Mat Lab/Simulink*. Prentice Hall.
5. Kosow, I. L. 2009. *Máquinas eléctricas y transformadores*.(1ª Ed.). Reverte
6. Fitzgerald, K., (2003) *Máquinas eléctricas*, (6a. Ed.). McGraw Hill Interamericana
7. Cathey, J. J., (2002). *Máquinas eléctricas, análisis y diseño aplicando Matlab*, McGraw Hill.
8. Krause, P., Wasynczuk O. and Scott D. (2013). *Analysis of Electric Machinery*, (3a Ed.). McGraw Hill
9. Chapman, Stephen J. (2005) *Máquinas eléctricas*. (4ª Ed.). Mc.Graw Hill.
10. E.E. Staff del M.I.T, (2009) *Circuitos magnéticos y transformadores*, Reverte
11. Comisión Federal de Electricidad, *Manual de pruebas a transformadores*, edición vigente
12. ANSI IEEE Std C57 100-1986 *Transformadores en aceite*
13. ANSI IEEE Std C57.105-1978 *IEEE Guide for application of transformer connections in three-phase distribution systems*
14. ANSI IEEE Std C57.12.80 1978 IEEE *IEEE Standard terminology for power and distribution transformers*
15. Catálogos de fabricantes de transformadores
16. Catálogos de fabricantes de motores de inducción trifásicos y monofásicos
17. Catálogos de fabricantes de generadores y motores síncronos
18. IEEE Std 114-2001 IEEE Standard Test Procedure for Single-Phase Induction Motors
19. IEEE Std 115-1995 IEEE Guide Test Procedure for Synchronous Machines
20. IEEE Std 112-2004 IEEE Standard test procedure for polyphase induction motors and generators