

## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Transformadores
<b>Clave de la asignatura:</b>	PLi-1712
<b>SATCA</b>	3-4-7
<b>Carrera:</b>	Profesional Asociado en Energía Eléctrica

## 2. Presentación

### Caracterización de la asignatura.

La asignatura proporciona al Profesional Asociado en Energía Eléctrica los conocimientos técnicos necesarios sobre el principio de operación de transformadores eléctricos, conoce las especificaciones técnicas de transformadores y sus conexiones eléctricas considerando marcas de polaridad. Además, toma en cuenta aspectos de normatividad y especificaciones medioambientales que son aplicables en el ámbito de la operación, mantenimiento y aplicación de pruebas al transformador.

Se relaciona con las asignaturas de: calidad y uso eficiente de la energía eléctrica (en lo relacionado en la competencia específica detección de armónicos), y con la asignatura de máquinas eléctricas.

### Intención didáctica.

El docente explica y demuestra las leyes electromagnéticas que aplican en el campo de los transformadores eléctricos, permitiendo al Profesional Asociado comprender propiedades básicas sobre el principio de operación de transformadores eléctricos. Así mismo el docente expone aspectos técnicos de operación, conexión y pruebas aplicables a transformadores monofásicos y trifásicos, que permiten al estudiante obtener el conocimiento necesario para operar y mantener transformadores de manera segura y adecuada.

Se sugiere que el docente aborde la asignatura de manera teórica-práctica.

Las competencias genéricas que se desarrollan en la asignatura son principalmente las siguientes: capacidad de abstracción, análisis y síntesis, capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica, capacidad para organizar y planificar el tiempo, capacidad de comunicación oral y escrita, habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación, capacidad de investigación, capacidad de aprender y actualizarse permanentemente, capacidad para actuar en nuevas situaciones, capacidad para identificar, plantear y resolver problemas, habilidad para trabajar en forma autónoma, capacidad de trabajo en equipo, compromiso con la calidad, capacidad para tomar decisiones.

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

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Aguascalientes en mayo de 2017.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Culiacán, Durango, La Laguna y Morelia.	Reunión de Diseño e Innovación Curricular para la Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales de los Programas Educativos de Profesional Asociado en Energías Renovables y Profesional Asociado en Energía Eléctrica.
Instituto Tecnológico de La Laguna en junio de 2017.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Culiacán, Durango, La Laguna y Morelia.	Reunión de Diseño e Innovación Curricular para la Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales de los Programas Educativos de Profesional Asociado en Energías Renovables y Profesional Asociado en Energía Eléctrica.
Instituto Tecnológico de La Laguna en septiembre de 2017.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Durango y La Laguna.	Reunión de Consolidación Curricular para la Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales de los Programas Educativos de Profesional Asociado en Energías Renovables y Profesional Asociado en Energía Eléctrica.

### 4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoce y experimenta el principio de operación electromagnética del transformador eléctrico.</li> <li>• Aplica los conocimientos en los tipos de conexión de transformadores trifásicos y bancos trifásicos de transformación.</li> <li>• Conoce y experimenta los diferentes tipos de pruebas que se aplican a transformadores eléctricos.</li> <li>• Conoce los diferentes tipos de transformadores que se emplean en industrias y redes eléctricas.</li> </ul>

## 5. Competencias Previas

- Aplica los conceptos y leyes fundamentales de la electricidad y magnetismo.
- Aplica los conceptos de L.V.K. y L.C.K. para circuitos equivalentes del transformador adquiridos en la asignatura de circuitos eléctricos
- Conoce métodos y equipos de medición para circuitos eléctricos.
- Realiza conexión de circuitos y equipos eléctricos.

## 6. Temario

No	Temas	Subtemas
1	Circuitos Magnéticos	1.1. Principios de la inducción electromagnética en transformadores. 1.2. Experimentación con la ley de inducción electromagnética. 1.3. Materiales magnéticos y sus propiedades. 1.4. Interpretación de los circuitos magnéticos.
2	Transformador eléctrico	2.1. Teoría del funcionamiento del transformador. 2.2. Identificación de partes del transformador. 2.3. Diferentes tipos de transformadores y sus aplicaciones. 2.4. Transformador ideal. 2.5. Normas principales de los transformadores.
3	Pruebas en circuito abierto y corto circuito del transformador	3.1. Teoría y práctica del transformador real. 3.2. Interpretación teórica y experimental del diagrama fasorial. 3.3. Medición de la impedancia equivalente de un transformador. 3.4. Interpretación de los datos de placa del transformador. 3.5. Pruebas de corto circuito y de circuito abierto. 3.6. Cálculo de las pérdidas y eficiencia del transformador.
4	Conexiones del Transformador	4.1. Prueba de marcas de polaridad. 4.2. Conexiones trifásicas del transformador 4.3 Conexión de transformadores trifásicos empleando banco de transformadores monofásicos. 4.4. Conexiones especiales. 4.5. Conexión de transformadores en

		<p>paralelo.</p> <p>4.6. Autotransformador.</p> <p>4.7. Transformador de corriente.</p> <p>4.8. Transformador de potencial.</p>
5	Pruebas del transformador	<p>5.1. Pruebas del transformador.</p> <p>5.2. Prueba de resistencia de aislamiento de los devanados.</p> <p>5.3. Prueba de resistencia de aislamiento del núcleo.</p> <p>5.4. Pruebas del factor de potencia.</p> <p>5.5. Prueba de corriente de excitación</p> <p>5.6. Prueba de relación de transformación.</p> <p>5.7. Prueba de verificación de impedancia.</p> <p>5.8. Prueba de resistencia óhmica de los devanados.</p> <p>5.9. Prueba de rigidez dieléctrica del aceite.</p>

## 7. Actividades de aprendizaje de los temas

Tema 1. Circuitos Magnéticos	
Competencias	Actividades de Aprendizaje
<p>Especifica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Conoce y aplica las leyes del electromagnetismo para comprender el comportamiento de los circuitos magnéticos.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Organiza y planifica.</li> <li>Realiza búsqueda de información y discrimina por relevancia.</li> <li>Capacidad oral y escrita.</li> <li>Toma de decisiones.</li> <li>Soluciona problemas.</li> <li>Desarrolla habilidad para investigar.</li> <li>Trabajo en equipo.</li> <li>Capacidad para aplicar los conocimientos a la práctica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar prácticas y/o simulaciones que ilustren la inducción electromagnética.</li> <li>Conocer las analogías existentes entre el circuito magnético y el circuito eléctrico.</li> </ul>
Tema 2. Transformador eléctrico	
Competencias	Actividades de Aprendizaje
<p>Especifica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Identifica el funcionamiento del transformador y conoce las partes que lo integran.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conocer los diferentes tipos de transformadores.</li> <li>Conocer los diferentes tipos de enfriamiento en transformadores.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>Realiza la clasificación de los diferentes tipos de transformadores.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Organiza y planifica.</li> <li>Capacidad oral y escrita.</li> <li>Toma de decisiones.</li> <li>Soluciona problemas.</li> <li>Desarrolla habilidad para investigar.</li> <li>Trabajo en equipo.</li> <li>Capacidad para aplicar los conocimientos a la práctica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conocer las diferentes partes constitutivas del transformador y definir la función que desempeña cada una de ellas.</li> <li>Aplicar las relaciones de transformación de tensión y corriente en un transformador ideal en un ejemplo ilustrativo.</li> </ul>
<b>Tema 3. Pruebas en circuito abierto y corto circuito del transformador</b>	
Competencias	Actividades de Aprendizaje
<p>Especifica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Realiza pruebas de corto circuito y de circuito abierto.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Organiza y planifica.</li> <li>Capacidad oral y escrita.</li> <li>Toma de decisiones.</li> <li>Soluciona problemas.</li> <li>Desarrolla habilidad para investigar.</li> <li>Trabajo en equipo.</li> <li>Capacidad para aplicar los conocimientos a la práctica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En una mesa redonda los estudiantes comentaran de manera breve lo que comprendieron de regulación de tensión y de eficiencia.</li> <li>Visitar una subestación y tomar nota de los datos de placa de un transformador para identificar sus parámetros y valores nominales.</li> </ul>
<b>Tema 4. Conexiones del Transformador</b>	
Competencias	Actividades de Aprendizaje
<p>Especifica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Conoce y las conexiones de transformadores trifásicos, de instrumento y autotransformadores.</li> <li>Utiliza los procedimientos prácticos para su conexión a la red eléctrica</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Organiza y planifica.</li> <li>Capacidad oral y escrita.</li> <li>Toma de decisiones.</li> <li>Soluciona problemas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar a través del simulador, la conexión de un transformador monofásico en estrella-estrella y delta-estrella.</li> <li>Utilizar el simulador para obtener los diagramas fasoriales y sus circuitos equivalentes correspondientes a las conexiones trifásicas.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrolla habilidad para investigar.</li> <li>• Trabajo en equipo.</li> <li>• Capacidad para aplicar los conocimientos a la práctica.</li> </ul>	
<b>Tema 5. Pruebas del transformador</b>	
<b>Competencias</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>
<p>Especifica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliza el equipo de medición para obtener variables eléctricas en baja tensión, aplicando los procedimientos de seguridad.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Organiza y planifica.</li> <li>• Capacidad oral y escrita.</li> <li>• Toma de decisiones.</li> <li>• Soluciona problemas.</li> <li>• Desarrolla habilidad para investigar.</li> <li>• Trabajo en equipo.</li> <li>• Capacidad para aplicar los conocimientos a la práctica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar una inspección visual y verificar a detalle los diferentes componentes del transformador.</li> <li>• Realizar Pruebas eléctricas a transformadores.</li> </ul>

## 8. Prácticas

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pruebas de polaridad del transformador.</li> <li>2. Tensión inducida en transformador.</li> <li>3. Prueba de relación de transformación.</li> <li>4. Prueba de circuito abierto.</li> <li>5. Prueba de corto circuito.</li> <li>6. Prueba con carga a diferentes factores de potencia.</li> <li>7. Conexiones trifásicas Y/Y ; Y/D ; D/D; D/Y.</li> <li>8. Conexión en paralelo de transformadores.</li> <li>9. Conexión de autotransformador.</li> <li>10. Prueba de resistencia óhmica de devanados.</li> <li>11. Prueba de resistencia de aislamiento.</li> <li>12. Prueba de resistencia de aislamiento del núcleo.</li> <li>13. Prueba de factor de potencia.</li> <li>14. Prueba de factor de potencia a boquillas del transformador.</li> <li>15. Prueba de corriente de excitación.</li> <li>16. Prueba de verificación de impedancia.</li> <li>17. Prueba de rigidez dieléctrica del aceite.</li> <li>18. Prueba cromatografía y diagnóstico.</li> </ol>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 9. Proyecto de 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

- La evaluación debe ser un proceso continuo, dinámico y flexible enfocado a la generación de conocimientos sobre el aprendizaje, la práctica docente y el programa en sí mismo.
- Debe realizarse una evaluación diagnóstica al inicio del semestre para partir de saberes previos, expectativas e intereses que tengan los estudiantes.
- Durante el desarrollo del curso debe llevarse a cabo una evaluación formativa que permita retroalimentar el proceso de aprendizaje y establecer las estrategias para el logro de los objetivos establecidos.
- Al finalizar el curso debe realizarse una evaluación sumativa que se vincula con aquellas acciones que se orientan a dar cuenta de productos, saberes, desempeños y actitudes que se deben considerar para la calificación.
- Para la evaluación se sugiere utilizar diferentes herramientas tales como: Ejercicios, Reportes de búsqueda de información Portafolio del estudiante, Reporte de proyecto; Presentaciones.



## 11. Fuentes de información

1. Gonen T., (2012). Electrical Machines with MATLAB. (2ª Ed.). CRC Press.
2. Nasar S. Electric Machines and. Electromechanics. (2ª Ed.). McGraw-Hill
3. Gross Ch. A.. (2006). Electric Machines. (1ª Ed). CRC Press
4. Chee-Mun O. Dynamic Simulation of Electric Machinery Using MatLab/Simulink. Prentice Hall
5. Richardson D. Máquinas eléctricas rotativas. Prentice-Hall & IBD
6. Kosow I. L. (2009). Máquinas eléctricas y transformadores. (1ª. Ed.). Reverté.
7. Fitzgerald A. E. Máquinas eléctricas, McGraw Hill.
8. Cathey, J. J. Máquinas eléctricas, análisis y diseño aplicando Matlab, McGraw Hill.
9. Krause P., Wasynczuk O. and Sudhoff S. D. y Pekarek S. (2013). Analysis of Electric Machinery and Drive Systems. (3ª Ed.). Wiley-IEEE Press
10. Chapman S. J. Máquinas eléctricas. (4ª Ed.). Mc. Graw-Hill.
11. E.E. Staff del M.I.T, (2009) Circuitos magnéticos y transformadores, Reverté.
12. Liwschitz-Garik , Máquinas de Corriente Alterna., Ed. CECSA
13. Comisión Federal de Electricidad, Manual de pruebas a transformadores, edición vigente
14. ANSI IEEE Std C57 100-1986 Transformadores en aceite
15. ANSI IEEE Std C57.105-1978 IEEE Guide for application of transformer connections in threephase distribution systems
16. ANSI IEEE Std C57.12.80 1978 IEEE IEEE Standard terminology for power and distribution transformers
17. ANSI IEEE Std C57.13-1978 IEEE Requirements for instruments transformers.
18. Technology Suite. Recuperado de [http://mathonweb.com/technology\\_suite.htm](http://mathonweb.com/technology_suite.htm)
19. Corriente Alterna. Aula Moisan. Recuperado de <http://www.aulamoisan.com/software-moisan/corriente-alterna>
20. Transformadores Monofásicos. Aula Moisan. Recuperado de <http://www.aulamoisan.com/software-moisan/transformadores>