

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura :	<b>Control de Máquinas Eléctricas</b>
Carrera :	<b>Ingeniería Eléctrica</b>
Clave de la asignatura :	<b>ELF-1005</b>
SATCA <sup>1</sup>	<b>3 - 2 - 5</b>

## 2.- PRESENTACIÓN

### Caracterización de la asignatura.

La asignatura proporciona al perfil del egresado de la carrera de ingeniería eléctrica las competencias que debe aplicar en la operación de circuitos de control de las máquinas eléctricas con las que tendrá que estar en contacto durante su desempeño profesional.

Los contenidos de la materia surgen del análisis de las necesidades que tienen las máquinas para su control, en función de la aplicación para la cual se haya elegido y en base a la experiencia de los ingenieros participantes en las reuniones nacionales de diseño curricular que han tenido un acercamiento de aplicación en esta área de competencia.

Esta materia surge como un prerrequisito de la asignatura de controladores lógicos programables (PLC). Es decir, el PLC tomará la acción de controlar a las máquinas eléctricas que se utilizan en las instalaciones eléctricas industriales. Por lo que su ubicación en la retícula debe estar antes de la asignatura de PLC.

### Intención didáctica.

Los temas que se abordarán están secuenciados de acuerdo con las necesidades de control eléctrico de las máquinas y compuesta por cuatro unidades que tienen el siguiente contenido. Sensores y transductores, control con dispositivos electromecánicos, arrancadores estáticos y variadores de velocidad.

En la unidad denominada sensores y transductores se comprende tanto el principio de funcionamiento de los elementos que permiten adquirir información de variables físicas como son: temperatura, nivel, flujo, posición, presión, velocidad, para convertirlas en señales que puedan ser reconocidas y tratadas desde el punto de vista eléctrico. Se parte de los dispositivos comerciales y de las variables que se encuentran en la naturaleza. Se comprende su utilización y los parámetros y rangos

---

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

de operación reflexionando sobre los criterios de selección en función de su hoja de especificaciones.

En la segunda unidad se estudian y utilizan los elementos eléctricos y electromecánicos tradicionales que se utilizan para realizar el control de las máquinas eléctricas. Se establece la simbología normalizada que habrá de utilizarse y se entrena a los participantes en el diseño de sistemas automáticos de control mediante el uso de los dispositivos comprendidos hasta esta segunda unidad. Se capacita al estudiante en la selección adecuada de elementos de protección de máquinas eléctricas, así como en los métodos que se emplean para su control de arranque, a tensión plena o a tensión reducida.

La tercera unidad capacita el estudiante en la selección y utilización de dispositivos de estado sólido empleados en el arranque de motores de inducción o de corriente continua. Se analiza la teoría de funcionamiento de estos dispositivos y se establecen las ventajas y desventajas con respecto a sus similares electromecánicos.

Por último, en la unidad cuatro, se analiza la teoría de funcionamiento y la aplicación que tienen los variadores de velocidad. Se capacita al alumno en la operación y la utilización de estos dispositivos en aplicaciones reales cuando se requiere el control de velocidad de las máquinas eléctricas. Se establecen las diferencias en la aplicación de los variadores de velocidad para motores de corriente alterna y para motores de corriente directa.

Se utiliza la simbología empleada en los diagramas de control eléctrico de cualquier máquina industrial para adquirir la competencia en la interpretación de los diagramas de fuerza y control. Así como mantener y operar el control de las máquinas eléctricas con la tecnología tradicional y de punta con la que se enfrentará a lo largo de su desarrollo como ingeniero eléctrico.

El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación, manejo y control de variables y datos relevantes; trabajo en equipo, solución de ejercicios e instalación en tableros.

En las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el profesor busque sólo guiar a sus alumnos para que ellos hagan la elección de las variables a controlar y registrar. Para que aprendan a planificar, que no planifique el profesor todo por ellos, sino involucrarlos en el proceso de planeación.

Las actividades de aprendizaje son una guía para el profesor, sin embargo él tiene la libertad de modificarlas, de acuerdo con la experiencia con la que cuente y con los elementos con los que esté formado el laboratorio en el cual habrán de trabajar sus estudiantes, buscando siempre el aprendizaje significativo de éstos. Es recomendable que se ofrezcan escenarios distintos y que se parta de experiencias concretas, cotidianas, con el propósito de que el estudiante reconozca los usos y aplicaciones en las que puede intervenir.

Realizar visitas a diferentes tipos de industrias, preferentemente grandes, por ejemplo: metalmecánicas, cementeras, envasadoras y generadoras de acuerdo con la región.

Los alumnos deberán ser creativos e innovadores, para dar solución a los problemas que enfrentará en su desempeño profesional de una manera ética y comprometida tanto con su profesión como con el medio en el que se desenvuelve,

Es necesario que el profesor ponga atención y cuidado en estos aspectos en el desarrollo de las actividades de aprendizaje de esta asignatura

### 3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

<p><b>Competencias específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Identificar, seleccionar y aplicar los dispositivos electromagnéticos, electrónicos y equipos programables para el control de las máquinas eléctricas</li></ul>	<p><b>Competencias genéricas:</b></p> <p><u>Competencias instrumentales</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad de análisis y síntesis</li><li>• Capacidad de organizar y planificar</li><li>• Conocimientos básicos de la carrera</li><li>• Comunicación oral y escrita</li><li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora</li><li>• Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas</li><li>• Solución de problemas</li><li>• Toma de decisiones.</li></ul> <p><u>Competencias interpersonales</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad crítica y autocrítica</li><li>• Trabajo en equipo</li><li>• Habilidades interpersonales</li><li>• Compromiso ético</li></ul> <p><u>Competencias sistémicas</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica</li><li>• Habilidades de investigación</li><li>• Capacidad de aprender</li><li>• Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones</li><li>• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)</li><li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma</li><li>• Liderazgo</li><li>• Iniciativa y espíritu emprendedor</li><li>• Búsqueda del logro</li></ul>
---	---

#### 4.- HISTORIA DEL PROGRAMA

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato del 24 al 28 de agosto de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Chetumal, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Coahuila, Coahuila de Zaragoza, Culiacán, Durango, Hermosillo, La Laguna, Mérida, Nuevo Laredo, Orizaba, Pachuca, Saltillo, Tlalnepantla, Valle De Bravo y Veracruz.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería en Eléctrica.
Desarrollo de Programas en Competencias Profesionales por los Institutos Tecnológicos del 1 de septiembre al 15 de diciembre de 2009.	Academias de Ingeniería Eléctrica de los Institutos Tecnológicos de: Saltillo, Veracruz, Estudios Superiores de Valle de Bravo	Elaboración del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño Curricular de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.
Instituto Tecnológico de Mexicali del 25 al 29 de enero del 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Chetumal, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Coahuila, Coahuila de Zaragoza, Culiacán, Durango, Hermosillo, La Laguna, Mérida, Mexicali, Orizaba, Pachuca, Saltillo, Tlalnepantla, Valle De Bravo y Veracruz.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

## 5.- OBJETIVO GENERAL DEL CURSO

Identificar, seleccionar y aplicar los dispositivos electromagnéticos, electrónicos y equipos programables para el control de las máquinas eléctricas.

## 6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Utiliza apropiadamente los instrumentos de medición y prueba, para la medición e interpretación de variables eléctricas en componentes y circuitos eléctricos.
- Interpreta el principio de operación en régimen permanente de las máquinas rotativas de CC.
- Aplicar el principio de operación durante el arranque de las máquinas rotativas de CC.
- Interpreta el principio de operación en régimen permanente de las máquinas rotativas de inducción trifásicas y monofásicas.
- Aplica el principio de operación durante el arranque de las máquinas rotativas de inducción, trifásicas y monofásicas.
- Aplica los fundamentos de las máquinas sincrónicas para analizar su operación en estado estacionario.
- Analiza las diferentes aplicaciones de los circuitos convertidores en la industria (variadores de velocidad).

## 7.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Sensores transductores y	1.1 Dispositivos electromecánicos. 1.2 Conceptos generales de los sensores. 1.3 Transductores. 1.4 Encoder y Resolver 1.5 Criterios de selección de sensores y transductores.
2	Control con dispositivos electromecánicos	2.1 Filosofía de control 2.2 Necesidades del control eléctrico. 2.3 Simbología y abreviaciones utilizadas para la designación y numeración de dispositivos. 2.4 Control por relevadores. 2.5 Dispositivos de protección de las máquinas eléctricas. 2.6 Control de máquinas de corriente continua. 2.7 Arranque a tensión plena de motores monofásicos y trifásicos. 2.8 Arranque a tensión reducida de motores trifásicos.

3	Arrancadores estáticos	3.1 Introducción al control estático. 3.2 Teoría de funcionamiento. 3.3 Utilización de dispositivos de estado sólido de potencia en el arranque de las máquinas eléctricas.
4	Variadores de velocidad	4.1 Esquemas de la variación de la velocidad de las máquinas eléctricas. 4.2 Control eléctrico de velocidad de motores de doble régimen. 4.3 Variadores de velocidad estático de máquinas de corriente continua. 4.4 Variadores de velocidad estáticos de máquinas de corriente alterna.

## 8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

El profesor debe:

Ser conocedor de la disciplina que está bajo su responsabilidad, conocer su origen y desarrollo histórico para considerar este conocimiento al abordar los temas. Desarrollar la capacidad para coordinar y trabajar en equipo; orientar el trabajo del estudiante y potenciar en él la autonomía, el trabajo cooperativo y la toma de decisiones. Mostrar flexibilidad en el seguimiento del proceso formativo y propiciar la interacción entre los estudiantes. Tomar en cuenta el conocimiento de los estudiantes como punto de partida para la construcción de nuevos conocimientos.

- Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes.
- Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de los contenidos de la asignatura.
- Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración de y entre los estudiantes.
- Propiciar, en el estudiante, el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, la aplicación de conocimientos y la solución de problemas.
- Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación manejo y control de de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, de trabajo en equipo.
- Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura.
- Propiciar el uso adecuado de conceptos, y de terminología científico-tecnológica.
- Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución.
- Relacionar los contenidos de la asignatura con el cuidado del medio ambiente; así como con las prácticas de una ingeniería con enfoque sustentable.
- Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional.
- Esta asignatura puede ser impartida simultáneamente con instrumentación y debe ser previa a la materia controladores lógicos programables.



## 9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

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 escritos de las prácticas desarrolladas, con base al formato establecido.
- Reporte escrito de las investigaciones documentales solicitadas.
- Resolución de problemas solicitados (tareas)
- Reporte escrito de visitas industriales.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
- Reporte de simulaciones y conclusiones obtenidas en éstas.
- Desarrollar ensayos
- Participación en clase en exposiciones de temas, resolución de problemas individuales y por equipo
- Utilización de rubricas para la evaluación de portafolio de evidencias (cerrado, abierto o mixto).

## 10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

### Unidad 1: **Sensores y Transductores.**

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
Identificar los dispositivos electromecánicos para aplicaciones de control eléctrico.	<ul style="list-style-type: none"><li>● Investigar en Internet o en catálogos de fabricantes la información de funcionamiento y de los parámetros de diseño de los elementos electromecánicos.</li><li>● Investigar en Internet o en catálogos de fabricantes la información de los sensores y transductores comerciales que se utilizan para la adquisición de datos de las variables físicas a ser controladas en un proceso.</li><li>● Identificar las diferencias entre señales analógicas y señales discretas.</li><li>● Aplicar diversos sensores en el control eléctrico de automatismos industriales.</li><li>● Utilizar dispositivos de medición de velocidad para el monitoreo y control de esta variable en motores eléctricos.</li><li>● Resolver problemas relacionados con aplicaciones de automatismos.</li></ul>
Seleccionar adecuadamente los sensores y transductores conforme a las características de las necesidades de la aplicación, considerando los rangos y alcances de los mismos.	
Aplicar los dispositivos de medición para velocidad en conformidad con las características de diseño de éstos.	

## Unidad 2: Control con dispositivos electromecánicos

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Interpretar la simbología normalizada, ya sea americana o europea, para la representación de automatizaciones eléctricas.</p> <p>Determinar con base en las necesidades del control eléctrico a implementar, los elementos a utilizar y las características de los mismos.</p> <p>Aplicar dispositivos de protección de motores eléctricos.</p> <p>Diseñar circuitos de control eléctrico que le permitan automatizar un proceso o parte del mismo.</p> <p>Aplicar los métodos de arranque de motores de inducción a tensión plena y reducida utilizando elementos de control eléctrico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar las definiciones de control y la relación existente con el control eléctrico.</li> <li>• Identificar información relevante de las necesidades del control en aplicaciones industriales.</li> <li>• Utilizar los criterios de selección que intervienen en la aplicación de las protecciones eléctricas de motores.</li> <li>• Investigar tanto en la norma americana como la europea para representar diagramas eléctricos de control, considerando la numeración que se utiliza.</li> <li>• Aplicar sensores, transductores y relevadores en el control automático de variables físicas.</li> <li>• Elaborar circuitos de control para el arranque de motores de corriente continua.</li> <li>• Construir controles de velocidad mediante relevadores electromagnéticos en motores de corriente continua.</li> <li>• Utilizar el control por relevadores para el arranque a tensión plena de motores de inducción monofásicos y trifásicos.</li> <li>• Aplicar los métodos existentes para el arranque a tensión reducida de motores de inducción.</li> <li>• Seleccionar y aplicar dispositivos de protección de motores.</li> <li>• Especificar las características que deben satisfacer los elementos electromecánicos utilizados para el arranque a tensión reducida de motores de inducción.</li> </ul>

## Unidad 3: : Arrancadores estáticos

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Interpretar el funcionamiento de arrancadores electrónicos utilizados para el control de motores.</p> <p>Seleccionar los dispositivos de</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar el funcionamiento y los parámetros de programación de arrancadores estáticos comerciales.</li> <li>• Determinar aplicaciones que cuenten con esta tecnología de control.</li> <li>• Investigar los esquemas existentes e</li> </ul>

<p>estado sólido utilizados en el arranque de motores eléctricos en función de la aplicación.</p>	<p>interpretar el funcionamiento de convertidores de CD – CD y de CD – CA empleados en el control de motores eléctricos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar circuitos de control de motores de corriente directa, utilizando arrancadores estáticos.</li> <li>• Implementar circuitos de control de motores de corriente alterna, mediante arrancadores estáticos.</li> <li>• Aplicar criterios de selección de los dispositivos electromecánicos o de estado sólido en las aplicaciones de control de motores.</li> </ul>
---	--

#### **Unidad 4: Variadores de velocidad**

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Interpretar la filosofía de funcionamiento de los variadores de velocidad utilizados para el control de motores eléctricos.</p> <p>Aplicar criterios de selección de variadores de velocidad para el control de motores eléctricos.</p> <p>Utilizar las características de los parámetros de control con las que cuentan los variadores de velocidad para el control de motores eléctricos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar las aplicaciones de variadores de velocidad electrónicos para el control de motores eléctricos.</li> <li>• Investigar el principio de funcionamiento de los variadores de velocidad.</li> <li>• Investigar las necesidades de control y aplicaciones para los motores de doble régimen de velocidad.</li> <li>• Construir circuitos de control en motores eléctricos de doble régimen.</li> <li>• Utilizar el variador de velocidad electrónico para el arranque y control de velocidad de los motores eléctricos de corriente continua y de corriente alterna.</li> <li>• Determinar las ventajas y desventajas del método de control de velocidad.</li> <li>• Desarrollar un proyecto final en el que se involucren los elementos utilizados en esta asignatura.</li> </ul>

Haga clic aquí para escribir texto.

## 11.- FUENTES DE INFORMACIÓN

1. L. Kosow, Control de máquinas eléctricas, última edición, Ed. Reverte, 2006.
2. Walter N. Alerich, Control de motores eléctricos, última edición, Ed. Diana, 1972
3. Gilberto Enríquez Harper, Fundamentos de control de motores eléctricos en la industria, última edición, Ed. Limusa, 2005.
4. Gilberto Enríquez Harper, Control de motores eléctricos, ultima edición, Ed. Limusa, 2002.
5. José Roldán Vilorio, Motores eléctricos automatismos de control, última edición, Ed. Thomson –Paraninfo, 2002
6. Gilberto Enríquez Harper, El ABC del control electrónico de las máquinas eléctricas, Primera edición, Ed. Limusa-Noriega Editores, 2003
7. Martínez Rodrigo, Fernando, Control electrónico y simulación de motores de corriente alterna, Ed. Universidad de Valladolid, 2007
8. Manual de mecánica industrial, Volumen III, Autómatas y robótica, Ed. Cultural S. A., 2005.
9. Gordon R Selmon, Electric Machines and Drives, última edición, Ed. Addison Wesley, 1992.
10. C. B. Gray, Máquinas eléctricas y sistemas accionadores, Ed. Alfaomega, 2000.
11. Pallas Areny Ramón, Sensores y Acondicionadores de señal, 4ta. Edición, Ed. Marcombo., 2005
12. Manuales de fabricante de dispositivos de control eléctrico.
13. Manuales de arrancadores y variadores de velocidad con los que cuente la institución.

## 12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS

- Identificar características de operación de los elementos electromecánicos utilizados en el control eléctrico: interruptores de límite, de presión, de nivel, de flujo, de velocidad, de temperatura.
- Identificar características de operación e implementación de sensores, transductores, encoder y resolver.
- Utilizar las protecciones usuales en el control de motores: elementos térmicos, interruptores termomagnéticos y fusibles.
- Utilizar los métodos de arranque de máquinas de corriente continua y de corriente alterna:
  - Arranque y paro reversible de un motor de cc.
  - Arranque y paro reversible de un motor de trifásico de ca, de inducción jaula de ardilla.
  - Arranque con resistencias primarias de un motor jaula de ardilla
  - Arranque con autotransformador, transición cerrada
  - Arranque estrella delta, transición abierta
  - Arranque estrella delta, transición cerrada
  - Arranque de un motor de inducción de rotor devanado.
  - Arranque de un motor síncrono trifásico

- Arranque y frenado del motor de inducción empleando el arrancador de estado sólido
- Aplicar métodos de control de velocidad en máquinas de corriente continua y alterna
- Utilizar un variador de velocidad de estado sólido en el control de arranque y velocidad en motores de corriente continua y de corriente alterna.