

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura :	<b>Instalaciones Eléctricas Industriales</b>
Carrera :	<b>Ingeniería Eléctrica</b>
Clave de la asignatura :	<b>ELF-1014</b>
SATCA <sup>1</sup>	<b>3 - 2 - 5</b>

## 2.- PRESENTACIÓN

### Caracterización de la asignatura.

Esta asignatura aporta al perfil del ingeniero electricista la capacidad de planear, diseñar, construir y mantener instalaciones eléctricas de potencia para alto consumo de fuerza motriz, del tipo industrial, comercial e institucional, incluyendo los sistemas de servicios públicos como el manejo de agua y el transporte masivo, y en general, en todas las aplicaciones del manejo, distribución y consumo de energía eléctrica en media y alta tensión.

El alumno deberá aplicar las Normas Oficiales Mexicanas en la elaboración de los proyectos eléctricos correspondientes, seleccionar y especificar los equipos, componentes y materiales eléctricos requeridos, así como incorporar las nuevas tecnologías para la solución más óptima de un proyecto.

En esta asignatura el alumno desarrollará habilidades para la toma de decisiones en la planificación del sistema, en la selección de los componentes eléctricos, en las técnicas de montaje e instalaciones correspondientes, para que desde el punto de vista técnico, económico y normativo cumplan con los requerimientos de cada aplicación en particular.

Adicionalmente conocerá la normatividad para la gestión de las autorizaciones oficiales del proyecto eléctrico para su construcción y energización correspondientes.

Esta asignatura corresponde a la fase de las instalaciones eléctricas de media tensión para fuerza motriz y otros procesos de tipo industrial, que comprende el paquete de instalaciones eléctricas del programa de estudios de la carrera de Ingeniería Eléctrica y es posterior a la materia de Instalaciones Eléctricas que cubre los aspectos de las instalaciones eléctricas de uso general.

---

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

**Intención didáctica.**

El contenido está organizado en cinco unidades, con la primera dedicada a la presentación conceptual de la planeación de las instalaciones eléctricas para sistemas industriales de potencia, sus principales componentes, los diversos tipos de redes de distribución y sus tensiones de manejo. Se deberá dar especial importancia al comportamiento de la carga y la demanda eléctrica que se presenta en la industria, factores que determinan la capacidad y la clase de sistema de potencia.

Los principales componentes del sistema de potencia son presentados en las dos siguientes unidades, como lo son las subestaciones de potencia y los tableros de distribución de fuerza industriales de cuyos resultados dependerá el éxito de todo proyecto de instalaciones eléctricas industriales, pues permite integrarlo con la selección y especificación de todos sus componentes.

Las siguientes dos unidades están dedicadas al análisis de las corrientes de falla y las protecciones correspondientes al sistema de potencia diseñado anteriormente.

La unidad 4 cubre los aspectos teóricos y aplicativos de un estudio de corto circuito por métodos analíticos y por software y la unidad 5 presenta los criterios de selección de las protecciones por sobre corriente con la metodología para la verificación de su coordinación mediante los ajustes correspondientes, que garantizaran un mejor comportamiento de la instalación eléctrica bajo condiciones de falla.

La impartición de la asignatura deberá ser tan dinámica como la experiencia profesional del profesor la determine, ya que deberá incluir la visita constante de obras e instalaciones eléctricas en proceso, así como de sensibilizar al alumno en el desarrollo de aplicaciones para diversas clases de industrias o sitios de proyectos disponibles en la localidad, así como el contacto y su familiarización con los materiales y los equipos eléctricos requeridos. Todo el curso deberá conducirlo por la vía de la aplicación práctica mediante la elaboración de proyectos con dibujos en CAD, la preparación de listas y especificaciones de equipos y materiales eléctricos, e incluyendo nociones generales de costeo para la toma de decisiones en cada tema.

Es importante destacar que esta asignatura tiene uno de los mejores potenciales para desarrollar en el alumno las competencias y habilidades para proyectar sistemas eléctricos, por lo que, como producto de trabajo de esta asignatura, deberá ser uno o varios proyectos, asignados individualmente por alumno, tratando de que sean elaborados lo más integralmente posible.

### 3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

<p><b>Competencias específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Proyectar instalaciones eléctricas de manejo y utilización de fuerza en media y baja tensión en sistemas industriales y de servicios de alto consumo, respetando la normatividad vigente y utilizando paquetes computacionales adecuados.</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></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>• Habilidad para trabajar en forma autónoma</li><li>• Capacidad para diseñar y gestionar proyectos</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, Coatzacoalcos, 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: Cd. Juárez, Durango, Hermosillo	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, Coatzacoalcos, 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

Proyectar instalaciones eléctricas de manejo y utilización de fuerza en media y baja tensión en sistemas industriales y de servicios de alto consumo, respetando la normatividad

## 6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Manejar paquetes computacionales de dibujo asistido por computadora para elaborar planos de instalaciones eléctricas industriales.
- Conocer la Norma NOM-008-SCFI-2002 para utilizar adecuadamente las unidades de medida.
- Conocer la Norma NMX-J-098-ANCE-1999 para seleccionar adecuadamente las tensiones de suministro y utilización de equipos y materiales eléctricos.
- Conocer la Norma NOM-001-SEDE y aplicarla en el diseño de instalaciones eléctricas industriales.
- Conocer los tipos de canalizaciones y cálculo de conductores en base a la Norma NOM-001-SEDE para proyectar instalaciones eléctricas industriales.
- Conocer los principios de operación y comportamiento de los transformadores y máquinas eléctricas para calcular los conductores y protecciones.
- Seleccionar motores trifásicos y/o monofásicos de acuerdo a las necesidades de un proceso industrial.

## 7.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Planeación de Sistemas Eléctricos Industriales	<p>1.1 Clasificación de tensiones industriales: De servicio, de distribución y de utilización en motores y cargas industriales generales.</p> <p>1.2 Cargas industriales. Clasificación y capacidades de motores y cargas térmicas en alta, media y baja tensión.</p> <p>1.3 Comportamiento de las cargas. Conceptos de demanda, perfiles y factores de demanda, de diversidad y de carga.</p> <p>1.4 Tarifas de suministro de para servicios industriales. Clasificación, características y aplicaciones</p> <p>1.5 Sistemas de medición para servicio industrial. Características y arreglos de instalación de transformadores de corriente y potencial en mediana y baja tensión.</p> <p>1.6 Redes de distribución industriales de media y baja tensión. Radiales, primarios y secundarios selectivos, primarios con</p>

		<p>alimentador único, con alimentadores múltiples y anillos primarios</p> <p>1.7 Alimentadores primarios aéreos y de cable de energía. Criterios de selección de canalizaciones, ruteos y cálculo de conductores.</p> <p>1.8 Centros de fuerza. Concepto general, características, capacidades, tamaño económico y criterios de selección</p>
<b>2</b>	Subestaciones de Potencia Industriales	<p>2.1 Clasificación general. Alta y media tensión, abiertas, compactas y pedestal.</p> <p>2.2 Transformadores de potencia. Especificaciones y capacidades. Criterios de selección</p> <p>2.3 Subestaciones de alta tensión. Arreglos eléctricos y físicos. Dimensionamiento general.</p> <p>2.4 Subestaciones de alta tensión. Capacidades y selección de TC's., TP's., apartarrayos, cuchillas e interruptores de alta tensión.</p> <p>2.5 Subestaciones abiertas de media tensión.- Acometida y elección del sistema de medición. Arreglos de circuitos primarios, capacidades y selección de componentes primarios y el dimensionamiento general.</p> <p>2.6 Subestaciones compactas de media tensión. Especificaciones de tableros, arreglos de distribución de circuitos y selección de componentes primarios. Dimensionamiento general.</p> <p>2.7 Subestaciones tipo pedestal de media tensión. Bases de montaje y registros primarios, características, conexiones, accesorios premoldeados y sistema de tierra.</p> <p>2.8 Acometidas primarias para subestaciones de potencia. Arreglos y selección de componentes para alta y media tensión: aéreo-aéreo y aéreo-cable de energía.</p>

<p><b>3</b></p>	<p>Tableros de Distribución de Fuerza</p>	<p>3.1 Configuración de Centros de Fuerza. Arreglos generales; especificaciones y selección del transformador de distribución y de los tableros primario y/o secundario.</p> <p>3.2 Centros de Control de Motores de Baja Tensión. Normalización, características y criterios de selección.</p> <p>3.3 Centros de Control de Motores de media tensión. Normalización, características y criterios de selección.</p> <p>3.4 Tableros blindados de fuerza de baja tensión. Interruptores de potencia electromagnéticos, capacidades y selección.</p> <p>3.5 Tableros Metal-Clad de media tensión. Interruptores de potencia de M.T., capacidades y selección.</p>
<p><b>4</b></p>	<p>Estudio de Corto Circuito</p>	<p>4.1 Generalidades y clasificación de las falla eléctricas industriales.</p> <p>4.2 Método óhmico por unidad.- Teoría general, fuentes y perfil de corrientes de falla, reactancias de estado transitorio, relación X/R y diagramas de reactancias.</p> <p>4.3 Potencia y corrientes de falla trifásica, simétrica y asimétrica</p> <p>4.4 Criterios de aplicación en la selección de interruptores y componentes de potencia de alta, media y baja tensión</p> <p>4.5 Métodos sintetizados de cálculo de corto circuito.</p> <p>4.5.1 Bus Infinito.</p> <p>4.5.2 Método de los MVA.</p> <p>4.5.3 Método porcentual.</p>
<p><b>5</b></p>	<p>Protecciones y su Coordinación</p>	<p>5.1 Criterios generales de selección de protecciones. Filosofía de la coordinación</p> <p>5.2 Curvas de tiempo-corriente de relevadores, fusibles y dispositivos de protección de sobrecorriente para alta, media y baja tensión</p> <p>5.3 Protección de transformadores. Puntos <i>ANSI e Inrush</i></p> <p>5.4 Protección de motores de baja y media tensión. Selección de interruptores y</p>

		<p>fusibles</p> <p>5.5 Protección de alimentadores primarios.- Selección de fusibles y relevadores</p> <p>5.6 Coordinación entre dispositivos primarios y secundarios. Selección y ajuste.</p>
--	--	--

## **8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS**

El profesor deberá ser conocedor de esta disciplina, tanto en el campo académico, como en ejercicio de la profesión, necesario para considerar este conocimiento al abordar los temas correspondientes de la asignatura de Instalaciones Eléctricas Industriales. Deberá de 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. Mostrará flexibilidad en el seguimiento del proceso formativo y propiciará la interacción entre sus alumnos.

- Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes.
- Propiciar el uso de las tecnologías de información y comunicación en el desarrollo de los contenidos de la asignatura.
- 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.
- Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución.
- Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional.
- Relacionar los contenidos de esta asignatura con las demás del plan de estudios para desarrollar una visión interdisciplinaria en el estudiante.

## 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 observaciones hechas durante las actividades, así como de las conclusiones obtenidas de dichas observaciones.
- Información obtenida durante las investigaciones 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.
- Reportes escritos de las visitas de campo
- Elaboración de un proyecto eléctrico para un edificio industrial.
- Reporte de los trabajos de simulación por computadora
- Reporte de las prácticas de laboratorio
- Presentación de un cálculo de corto circuito con selección de interruptores

## 10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

### Unidad 1: Planeación de Sistemas Eléctricos Industriales

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Reconocer los diversos elementos constitutivos de las instalaciones eléctricas de potencia y aplicarlos para obtener diseños de sistemas de distribución de energía eléctrica industriales.</p> <p>Recabar y evaluar la información básica de carga, demanda y facturación requerida para el desarrollo de las instalaciones eléctricas industriales.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Levantar censos de carga de instalaciones industriales típicas existentes en su entorno, identificando, clasificando y obteniendo información general de las diversas cargas (motrices, térmicas, etc.)</li><li>• Medir la demanda y obtener información de las gráficas del perfil de demanda de instalaciones industriales existentes, relacionarlos con la facturación de energía y deducir los factores de demanda correspondientes.</li><li>• Hacer levantamientos de instalaciones eléctricas industriales disponibles en su zona, elaborando los diagramas unifilares, los dibujos de la instalación física e identificando debidamente los diversos voltajes y cada uno de los componentes en los diagramas.</li><li>• Obtener de la compañía de suministro, las tarifas eléctricas vigentes para servicios</li></ul>

	<p>industriales en mediana y alta tensión. (Tarifas HM, HS y HT)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sentar las bases de diseño de un proyecto eléctrico industrial a elección, a ser elaborado en el transcurso del curso.</li> </ul>
--	---

## Unidad 2 Subestaciones de Potencia Industriales

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Proyectar la subestación eléctrica de una instalación industrial o de servicios, con acometida en alta o en media tensión para el suministro del servicio de energía eléctrica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtener de la compañía de suministro, la normalización de selección, especificaciones y de instalación de equipos de medición y acometidas de servicio industriales en 13.8, 24.5, ó 34.5 kV, así como y en 115 ó 230 kV. (Tarifas HM, HS y HT).</li> <li>• Hacer levantamientos de subestaciones de potencia con acometidas en 115 ó 230 kV de empresas industriales o de CFE existentes en la zona, elaborando los dibujos de la instalación, su diagrama unifilar e identificando los componentes de la misma.</li> <li>• Hacer levantamientos para subestaciones abiertas en media tensión.</li> <li>• Hacer levantamientos para subestaciones compactas, principales o de distribución.</li> <li>• Hacer levantamientos de instalaciones de acometidas de mediana tensión, aéreas, con cable de energía e híbridas, que incluyan los equipos de transformadores de medición correspondientes.</li> </ul>

## Unidad 3: Tableros de Distribución de Fuerza

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Desde una perspectiva técnica, económica y de seguridad, seleccionar y especificar los tableros de distribución de fuerza de media y baja tensión requeridos en los proyectos de instalaciones eléctricas industriales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar y dimensionar la capacidad de un centro de fuerza para baja tensión, incluyendo los componentes primarios y secundarios.</li> <li>• Identificar y dimensionar la capacidad de un centro de fuerza para C. de F. de media tensión, incluyendo los componentes primarios y secundarios.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En una aplicación de proyecto, se ejercitará la selección y dimensionamiento de tableros de potencia tipo Metal-Clad para media tensión, así como los de tipo blindados para baja tensión.</li> <li>• Resolver los casos de proyecto de distribución de fuerza mediante centros de control de motores de media tensión.</li> <li>• Resolver los casos de proyecto para los casos con CCM's. para motores de media tensión de alta capacidad.</li> </ul>
--	--

#### Unidad 4: Estudio de Corto Circuito

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Utilizando la metodología analítica o el software correspondientes, calcular los valores de las corrientes de falla de un sistema de potencia, para seleccionar la capacidad de los dispositivos de protección por sobre corriente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir y representar correctamente todos los componentes que forman un sistema eléctrico de potencia con su valor de impedancia equivalente, así como revisar la participación de cada uno a la contribución de corrientes de falla.</li> <li>• Exponer los criterios para la designación de la potencia base y/o del voltaje base.</li> <li>• Hacer una identificación de los casos donde el valor de corto circuito trifásico se exprese en kiloamperios, simétricos o asimétricos, así como en potencia aparente.</li> <li>• Registrar los resultados del cálculo por falla de un sistema y la selección de la capacidad del componente eléctrico correspondiente.</li> </ul>

#### Unidad 5: Protecciones y su Coordinación

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Resolver situaciones de coordinación de protecciones por sobre corriente de instalaciones de fuerza industriales, para obtener los ajustes y verificación de las capacidades de cada una.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recopilar información técnica de curvas de tiempo-corriente de diversos fabricantes de dispositivos de protección (Relevadores de protección, fusibles e interruptores de media y baja tensión) para su análisis y características operativas.</li> <li>• Recopilar información de las recomendaciones para la protección de motores trifásicos de baja y media tensión,</li> </ul>

	<p>su interpretación y variantes.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Recopilar información de las recomendaciones para transformadores de potencia y de distribución, su interpretación y variantes</li><li>• Recopilar información de las recomendaciones para alimentadores de cables de media y baja tensión, su interpretación y variantes</li><li>• Realizar una coordinación de protecciones de componentes básicos que incluyan: acometidas, transformadores, alimentadores primarios y/o secundarios y uno o varios motores, donde se asegure una clara interpretación de los objetivos de esta unidad.</li></ul>
--	--

Haga clic aquí para escribir texto.

## 11.- FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones Eléctricas (Utilización)
2. Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002 Sistema General de Unidades de Medida
3. Norma Mexicana NMX-J-098-ANCE-1999 Sistemas Eléctricos de Potencia – Suministro – Tensiones Eléctricas Normalizadas
4. Página *cfe.gob.mx* de la Comisión Federal de Electricidad
5. IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems, IEEE Std-242-2001
6. NFPA: National Electrical Code Handbook
7. Donald G. Fink y H. Wayne Beaty. Manual de Ingeniería Eléctrica. Editorial McGraw-Hill. 13<sup>a</sup>. Ed.
8. IEEE Std 141-1993, Applied Practice for Industrial Power Systems, (R1999) (Red Book)
9. Lazar, Irwin, *Diseño de Instalaciones Eléctricas para Plantas Industriales*, Ed. Limusa, 1994.

## 12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS

- Efectuar visitas a plantas industriales para identificar los equipos de potencia, desde las subestación hasta el equipo de utilización. Elaborar el reporte correspondiente.
- Elaborar un proyecto eléctrico industrial aplicado en alguna industria de la localidad o de la región, y comparar resultados con la existente. Presentar el reporte correspondiente.
- Seleccionar equipos y materiales en forma grupal y explicar los criterios de selección.
- Preparar una presentación mostrando los diferentes tipos de subestaciones industriales.
- Realizar un cálculo de corto circuito y seleccionar los interruptores adecuados. Presentar el reporte correspondiente.
- Realizar un estudio de coordinación de protecciones y obtener sus resultados. Presentar el reporte correspondiente.