

1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura :	Subestaciones Eléctricas
Carrera :	Ingeniería Electromecánica
Clave de la asignatura :	EMF-1027
SATCA ¹	3 - 2 - 5

2.- PRESENTACIÓN

Caracterización de la asignatura.

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Electromecánico las herramientas para formular, gestionar y evaluar proyectos de ingeniería relacionados con sistemas y dispositivos en el área electromecánica, proponiendo soluciones con tecnologías de vanguardia, en el marco del desarrollo sustentable, así como el diseñar e implementar sistemas y dispositivos electromecánicos, utilizando estrategias para el uso eficiente de la energía en los sectores productivo y de servicios apegado a normas y acuerdos nacionales e internacionales con la finalidad de proyectar, gestionar, implementar y controlar actividades de instalación y operación de los sistemas electromecánicos.

La asignatura de Subestaciones Eléctricas, se inserta al final del plan reticular y se requiere para abordar esta asignatura, conocimientos anteriores como; Transformadores, Mediciones eléctricas, Normas Eléctricas, Circuitos Polifásicos, Instalaciones Eléctricas Industriales, Parámetros de líneas aéreas de transmisión y protecciones eléctricas entre otros.

De manera particular, lo trabajado en esta asignatura se aplica en el estudio de los temas: Equipos Primarios y Secundarios de una Subestación Eléctrica, Estructuras, Tierras y Diagramas Unificares, Pruebas de Rutinas en Transformadores, culminando con la aportación de los conocimientos adquiridos con un elaboración de un Proyecto de una Subestación Eléctrica.

Los conocimientos adquiridos en esta asignatura, capacitar al alumno para el análisis e interpretación de planos, diagramas e instalación de equipo de acuerdo a las normas, especificaciones, códigos y manuales para el diseño, selección, operación y mantenimiento de una subestación eléctrica.

Intención didáctica.

El temario de la presente asignatura está conformado por cinco unidades. En la Primera Unidad se abordan los temas relacionados con los componentes principales que forman una subestación eléctrica con la finalidad de que el alumno los conozca y los clasifique. En la Segunda Unidad conocerá los equipos eléctricos de los

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

sistemas de control y de respaldo de energía. En la Tercera se estudia y clasifica a los diferentes tipos de estructuras, tierras y diagramas unifilares, también en esta Unidad se calculará y medirá redes de tierras. En la unidad cuatro se abordarán las pruebas de rutina para los transformadores y los procedimientos para llevarlas a cabo. En la unidad cinco aplicando los conocimientos previos, se elaborará un proyecto de diseño de una subestación eléctrica de un tipo específico.

Se sugiere que para esta asignatura, las actividades de aprendizaje que el alumno desarrolle promuevan la investigación documental y de campo, el análisis y discusión de la información. Es importante que el alumno aprenda a valorar las actividades programadas y que aprecie la importancia del conocimiento y los hábitos de trabajo tanto personal como grupal.

3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

<p>Competencias específicas:</p> <ul style="list-style-type: none">• Identificar las partes que conforman el equipo primario de una subestación eléctrica.• Identificar y conocer la función y operación de un transformador de potencia, de los interruptores de potencia de las cuchillas fusibles y los apartarrayos, utilizados en una subestación eléctrica.• Seleccionar los equipos primarios utilizados en una subestación eléctrica.• Identificar e interpretar la simbología utilizada en los planos y diagramas eléctricos de del equipo primario de la subestación eléctrica.• Elaborar un programa de mantenimiento para el equipo primario de una subestación eléctrica.• Identificar las partes que conforman el equipo secundario de una subestación eléctrica.• Identificar, conocer la función y operación de los transformador instrumentos, Banco de Baterías, Banco de Capacitores y tablero de transferencia, utilizados en una subestación eléctrica.• Seleccionar los equipos secundarios utilizados en una subestación eléctrica.• Identificar e interpretar la simbología utilizada en los planos y diagramas eléctricos de del equipo primario de la subestación eléctrica.• Elaborar un programa de mantenimiento para el equipo secundario de una subestación eléctrica.• Clasificar, identificar y seleccionar los distintos tipos de estructuras utilizadas en las subestaciones eléctricas y en las líneas de transmisión.• Definir la importancia de un sistema de tierras.• Medición de un sistema de tierras.	<p>Competencias genéricas:</p> <p><u>Competencias instrumentales</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Capacidad de análisis y síntesis.• Capacidad de organizar y planificar.• Conocimientos generales básicos.• Habilidades básicas de manejo de la computadora.• Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas.• Solución de problemas.• Toma de decisiones. <p><u>Competencias interpersonales</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Capacidad crítica y autocrítica.• Trabajo en equipo interdisciplinario.• Habilidades interpersonales.• Capacidad de comunicarse con profesionales de otras áreas.• Compromiso ético. <p><u>Competencias sistémicas</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.• Habilidades de investigación• Capacidad de aprender.• Habilidad para trabajar en forma autónoma y trabajo grupal.• Iniciativa y espíritu emprendedor• Capacidad para diseñar un proyecto• Capacidad de liderazgo• Capacidad para adaptarse a nuevas situaciones.
---	---

<ul style="list-style-type: none">• Calcular, proyectar y diseñar el sistema de tierras utilizado en una subestación eléctrica.• Identificar los distintos diagramas unifilares utilizados en los diferentes tipos de subestaciones eléctricas.• Interpretar los diagramas unifilares utilizados en las subestaciones eléctricas.• Manejo y utilización de equipo e instrumentos para la realización de pruebas de rutina en un transformador eléctrico.• Elaborar un programa de mantenimiento de un transformador.• Elaborar un proyecto de una subestación eléctrica.	
---	--

4.- HISTORIA DEL PROGRAMA

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
<p>Instituto Tecnológico Superior de Irapuato del 24 al 28 de agosto de 2009.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Centla, Ciudad Jiménez, Ciudad Juárez, Delicias, Huichapan, Irapuato, Jocotitlán, La Sierra Norte de Puebla, Lagos de Moreno, Lázaro Cárdenas, Lerdo, Libres, Linares, Los Mochis, Minatitlán, Occidente del Estado de Hidalgo, Ocotlán, Oriente del Estado de Hidalgo, Parral, Puerto Vallarta, Tamazula De Gordiano, Tijuana, Tlalnepantla, Tlaxco, Toluca, Tuxtepec, Xalapa y Zacatecas.</p>	<p>Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Electromecánica.</p>
<p>Desarrollo de Programas en Competencias Profesionales por los Institutos Tecnológicos del 1 de septiembre al 15 de diciembre de 2009.</p>	<p>Academias de Ingeniería Electromecánica de los Institutos Tecnológicos de: Cd. Jiménez</p>	<p>Elaboración del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño Curricular de la Carrera de Ingeniería Electromecánica.</p>
<p>Instituto Tecnológico de Mexicali del 25 al 29 de enero del 2010.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Centla, Ciudad Jiménez, Ciudad Juárez, Huichapan, Irapuato, Jocotitlán, La Sierra Norte de Puebla, Lagos de Moreno, Lázaro Cárdenas, Lerdo, Libres, Los Mochis, Mexicali, Minatitlán, Occidente del Estado de Hidalgo, Ocotlán, Oriente del Estado de Hidalgo, Parral, Puerto Vallarta, Tamazula de Gordiano, Tlaxco, Toluca, Tuxtepec, Xalapa y Zacatecas.</p>	<p>Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Electromecánica.</p>

5.- OBJETIVO GENERAL DEL CURSO

Utilizar con precisión la simbología y terminología del equipo primario y secundario así como el uso de lenguaje utilizado en una subestación eléctrica.

Seleccionar, calcular, operar y mantener de manera segura y eficiente una subestación eléctrica utilizando tecnología de vanguardia en el marco de desarrollo sustentable.

Actuar con profesionalismo al diseñar, instalar, operar y mantener los equipos.

Manejo de software que le permita simular, verificar y monitorear el comportamiento del equipo para garantizar su correcta operación.

6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Conocer la construcción, conexión y principio de funcionamiento del transformador, motor de inducción trifásico, máquinas síncronas modernas y motores de corriente directa.
- Identificar y utilizar los diferentes instrumentos de medición de variables mecánicas y eléctricas; apoyándose en las normas nacionales e internacionales vigentes.
- Conocer las bases teórico-prácticas para proyectar y operar instalaciones eléctricas de tipo residencial, comercial, industrial y especial acorde a las normas vigentes.

7.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Equipos primarios de una subestación eléctrica	1.1 Definición, clasificación y elementos constitutivos de una subestación. 1.2 Transformadores de potencia. 1.1.1 Clasificación de transformadores. 1.1.2 Tipos de enfriamiento en Transformadores. 1.3 Interruptores de potencia. 1.3.1 Definición y tipos de Interruptores. 1.3.2 Interruptores de gran volumen de aceite. 1.3.3 Interruptores en aire. 1.3.4 Interruptores de vacío. 1.3.5 Interruptores de hexafloruro de Azufre. 1.3.6 Especificación de Interruptores de Potencia.

		<ul style="list-style-type: none"> 1.3.7 Selección de Interruptores de Potencia. 1.4 Cuchillas y Fusibles. <ul style="list-style-type: none"> 1.4.1 Definición y operación de cuchillas conectoras. 1.4.2 Fusibles de potencia y sus curvas de operación. 1.4.3 Especificaciones de Cuchillas y Fusibles. 1.5 Apartarrayos. <ul style="list-style-type: none"> 1.5.1 Naturaleza de las sobretensiones y sus efectos en los sistemas eléctricos de potencia 1.5.2 Definición y operación de apartarrayos <ul style="list-style-type: none"> 1.5.2.1. Nivel básico al impulso maniobra 1.5.2.2. Nivel básico al impulso de descargas 1.5.2.3. Distancia de no flameo 1.5.2.4. Coordinación de Aislamiento
2	Equipos secundarios y de protección	<ul style="list-style-type: none"> 2.1 Transformadores de instrumento. <ul style="list-style-type: none"> 2.1.1 Transformadores de corriente (TCs) 2.1.2 Transformadores de potencial (TPs) 2.2 Bancos de baterías. 2.3 Bancos de capacitores. 2.4 Tableros de transferencia. 2.5 protección por relevadores <ul style="list-style-type: none"> 2.5.1 de sobrecorriente 2.5.2 diferenciales 2.5.3 de distancia 2.5.4 buchholz 2.5.5 de falla a tierra 2.6 protecciones especiales
3	Estructuras, tierras y diagramas unifilares	<ul style="list-style-type: none"> 3.1 Clasificación de los diferentes tipos de estructuras <ul style="list-style-type: none"> 3.1.1 Para subestaciones 3.1.2 Para líneas de transmisión. 3.2 Sistemas de tierras. <ul style="list-style-type: none"> 3.2.1 Clasificación de sistemas de tierras. 3.2.2 Cálculo de tensiones de paso y de contacto. 3.2.3 Cálculo de la red de tierras. 3.3 Diagramas unifilares <ul style="list-style-type: none"> 3.3.1 Simbología 3.3.2 Diferentes tipos de subestaciones.

4	Pruebas de rutina a transformadores.	4.1 Pruebas de polaridad y relación de Transformación. 4.2 Pruebas de rigidez dieléctrica del aceite. 4.3 Pruebas de resistencia de aislamiento. 4.4 Pruebas al sistema de tierras. 4.5 Mantenimiento de transformadores.
5	Proyecto de una subestación eléctrica.	5.1 Selección de partes constitutivas de la subestación. 5.2 Consideraciones económicas.

8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

El profesor debe:

- 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.
- Organizar visitas a diferentes tipos de subestaciones privadas y de C.F.E
- 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 variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, de trabajo en equipo.
- 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.
- Relacionar los contenidos de esta asignatura con las demás del plan de estudios para desarrollar una visión interdisciplinaria en el estudiante.
- Propiciar procesos metacognitivos.
- Propiciar el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, que encaminen hacia la investigación.
- Planear y desarrollar las sesiones para propiciar el aprendizaje significativo de cada tema, mediante estrategias y técnicas de enseñanza-aprendizaje participativas.
- Fomentar actividades de búsqueda, selección, análisis e interpretación de simbología y diagramas
- Organizar actividades grupales que propicien el razonamiento inductivo y deductivo entre los estudiantes.
- Plantear problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura, para su análisis y solución.
- Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de la asignatura.
- Propiciar el análisis y discusión grupal de las definiciones del tema en problemas reales.
- Organizar talleres de resolución de problemas.

9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de la asignatura debe ser formativa y sumativa, por lo que debe considerarse el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje, poniendo énfasis en:

Entrega de portafolio de evidencias.

- Participación del alumno en clase.
- Examen de diagnóstico.
- Revisión y exposición de ejercicios extra clase.
- Análisis y revisión de las actividades de investigación.
- Solución e interpretación de problemas resueltos con apoyo del software.
- Exposición de temas relacionados con la materia.
- Participación en talleres de resolución de problemas.
- Entrega de trabajos de investigación en equipo.
- Resolución de problemas prácticos en dinámicas grupales.
- Compilación de apuntes por unidades.
- Valorar la entrega de reportes mediante una rubrica para todos los trabajos, visitas a empresas, prácticas, maquetas etc., para fomentar la responsabilidad
- Cumplimiento en tiempo y forma con las actividades encomendadas

10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad 1: Equipos Primarios de una Subestación Eléctrica.

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
Conocer y clasificar los componentes principales que forman una Subestación Eléctrica de Potencia, para poder identificarlos y en base a esto programar los sus mantenimientos.	<ul style="list-style-type: none">• Investigar, recopilar, organizar la información necesaria para la definición y clasificación de los elementos de una subestación por orden de importancia.• Investigar de los transformadores eléctricos de potencia, sus componentes principales, su funcionamiento y operación, los tipos de enfriamiento y la clasificación, utilizando para ello distintas fuentes de investigación como libros de texto, internet y catálogos de fabricantes.• Investigar de los interruptores de potencia su definir, operación y clasificación con el apoyo de los libros de texto, catálogos e internet.• Mediante una investigación en distintas fuentes, clasificar y comentar la operación

	<p>de cuchillas seccionadoras.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Investigar y clasificar utilizando distintas fuentes los tipos de fusibles para proteger sistemas de potencia. • Investigar, relacionar y exponer los tipos de mantenimiento que se programan para una subestación eléctrica. • Elaborar un mapa conceptual que relacione los componentes principales de una subestación eléctrica.
--	--

Unidad 2 Equipos Secundarios de una Subestación Eléctrica.

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Conocerá e identificará los equipos eléctricos de los sistemas de control y de respaldo de energía, para que el estudiante valore la importancia de los mismos para el buen funcionamiento de una subestación Eléctrica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar y discutir en clase el funcionamiento de transformadores de instrumento, sus tipos de conexión y sus capacidades (Burden). • Investigar el funcionamiento y los componentes de un banco de baterías. • Investigar sobre las diferentes tipo de protecciones de los transformadores y su aplicación • Discutir el funcionamiento y los componentes de un banco de capacitores. • Conocer el funcionamiento de los tableros de transferencia y su importancia. • Clasificar los tipos de tableros. • Programar el mantenimiento a equipo secundario.

Unidad 3: Estructuras, tierras y diagramas unifilares.

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Clasificar, identificar y seleccionar los distintos tipos de estructuras utilizadas en las subestaciones eléctricas y en las líneas de transmisión.</p> <p>Definir la importancia de un sistema de tierras.</p> <p>Medición de un sistema de tierras.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar mediante un trabajo colaborativo la clasificación, identificación y selección de las diferentes estructuras utilizadas en Subestaciones y para líneas de transmisión de acuerdo a los niveles de voltaje. • Investigar, recopilar, organizar la información necesaria para la elaboración de un ensayo del sistema de tierras de una subestación eléctrica • Investigar las clasificaciones de los

	<p>sistemas de tierra y calcular valores de Paso y de Contacto que cumplan con la normatividad.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calcular, proyectar y diseñar el sistema de tierras utilizado en una subestación eléctrica. • Identificar los distintos diagramas unificares utilizados en los diferentes tipos de subestaciones eléctricas. • Interpretar los diagramas unifilares utilizados en las subestaciones eléctricas.
--	---

Unidad 4: Pruebas de rutina a transformadores

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Conocerá e Identificará las pruebas de rutina para los transformadores. Así como los procedimientos para la realización de las mismas.</p>	<p>Investigar, analizar y describir los métodos y procedimientos de prueba para medir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • la polaridad y la relación de transformación. • la rigidez dieléctrica del aceite. • la resistencia de aislamiento • la resistencia de tierras. • Todas las pruebas anteriores de acuerdo con las normas existentes. <p>Elaborar un programa de mantenimiento mayor, menor y de rutina aplicado a los transformadores.</p>

Unidad 5: Diseño de una subestación de un tipo específico

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Elaborará el proyecto de una subestación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar los conceptos aprendidos para la elaboración de un proyecto. • Presentar los resultados del proyecto en un documento escrito. • Aplicar los conocimientos adquiridos en el diseño y elaboración de una maqueta.

Haga clic aquí para escribir texto.

11.- FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Chapman, Stephen J. *Máquinas Eléctricas. sexta Edición*, Editorial Mc Graw Hill. *Madrid 2003*.
2. Garik – Whiplple. *Máquinas de corriente alterna*. Editorial C.E.C.S.A. México 1970
3. Kosow, Irvin L. *Máquinas Eléctricas y Transformadores*. Editorial Reverte.
4. Siskind, Charles. *Máquinas Eléctricas*. Editorial Mc Graw Hill.
5. Gingrich, Harold W. *Máquinas Eléctricas, Transformadores y Controles*. Editorial Prentice Hall.
6. Snajurjo, Rafael. *Máquinas Eléctricas*. Editorial Mc Graw Hill.
7. *Máquinas electromagnéticas y electromecánicas*. Editorial Representaciones y Servicios de Ingeniería. México Tomos 1,2,3.
8. *Experimentos con equipo eléctrico*. Editorial Limusa.
9. C.F.E. *Manual de Proced. de Pruebas a Eq. Eléctrico*.
10. Harper, Gilberto Enríquez. *Subestaciones*.
11. Fitzgerald; Kusko; Kinsley. *Maquinas Eléctricas*.
12. C.F.E. *Procedimiento de pruebas a instalaciones de potencia*.
13. Stevenson, W. D. *Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia*. Editorial Mc Graw Hill. 2ª edición.
14. *Manuales de fabricantes de cuchillas y fusibles*
15. Landa, Viqueira. *Líneas de Transporte de Energía*.
16. Harper, Gilberto Enríquez. *Líneas de Transmisión Tomos 1 y 2*.
17. Mason, C. *El Arte y la ciencia de la protección por relevadores*.
18. CFE. *Manual de Coordinación de Protecciones*.
19. C.F.E. – I.I.E. *Manual de Cálculo de Sistemas de Tierra*.
20. Martin, Jose Raúl. *Diseño de subestaciones eléctricas*. México: Editorial Mc Graw Hill. 1992.
21. Harper, Enríquez. *Elementos de diseño de subestaciones eléctricas*. Editorial Limusa Noriega. 2002. 2ª edición.
22. Espinosa, Roberto y Lara. *Sistemas de distribución*. México: Editorial Limusa Noriega. 1990.
23. Harper, Enríquez. *Curso de transformadores y Motores de inducción*. Editorial Limusa Noriega. 4ª edición.
24. G Zoppetti. *Estaciones Transformadoras y de distribución*. Barcelona: Editorial GG. 1982.

12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS

1. Identificación de las partes de una subestación eléctrica en una visita a una subestación.
2. Pruebas de polaridad y relación de transformación.
3. Pruebas de rigidez dieléctrica del aceite.
4. Pruebas de resistencia de aislamiento.
5. Pruebas al sistema de tierra.