



Carrera: Ingeniería Eléctrica				
Unidad Curricular: REDES DE ALTA TENSIÓN			Código: ERA	
Prelación: Redes de Media Tensión			Condición: Electiva	
HT: 4	HP: 1	HL: 1	HTI: 8	Créditos: 3
Ubicación: Décimo tercero, cuarto o quinto trimestre		Componente: Formación Profesional Específica		Fecha de Aprobación:

HT: Horas teóricas; HP: Horas Prácticas; HL: Horas de Laboratorio; HTI: Horas de Trabajo Independiente

I. JUSTIFICACIÓN

Un elemento de gran importante en los sistemas de potencia son las líneas de transmisión, pues es a través de ellas que se lleva a cabo el transporte de la energía eléctrica por tanto el ingeniero electricista debe conocer sus elementos, su comportamiento, diseño y construcción.

El futuro ingeniero debe estar en capacidad de diseñar y analizar las líneas de transmisión; y conocer sus efectos en relación a otros componentes del sistema.

La Unidad curricular Construcción de Líneas cubre su estudio desde los principios elementales hasta la ejecución de un proyecto en el cual deben ponerse en práctica todos los conocimientos adquiridos en esta unidad.

II. COMPETENCIAS ESPECÍFICAS Y GENÉRICAS A DESARROLLAR SEGÚN EL PERFIL

La unidad curricular contribuirá al desarrollo de las competencias genéricas y específicas del perfil de egreso que se indican a continuación.

GENÉRICAS	ESPECÍFICAS
G2. Comunicación eficaz oral y escrita: Comunica de manera clara y correcta ideas y opiniones en el idioma castellano, mediante la expresión oral, la escritura y los apoyos gráficos para un adecuado desempeño en entornos sociales y culturales diversos.	E1. Realiza, ejecuta y evalúa proyectos de instalaciones eléctricas residenciales (uni y multifamiliares), industriales y comerciales, sistemas de distribución, subestaciones y líneas de transmisión de potencia eléctrica manejando conceptos, procedimientos técnicos, legales, socioeconómicos y financieros, las normas del sector eléctrico nacional y de la empresa, y preservando el medio ambiente.
G3. Aprendizaje, desarrollo personal y profesional: Aprende por iniciativa e interés propio a lo largo de la vida, en función de sus objetivos y sobre la base de la formación adquirida, para adaptarse e impulsar nuevas situaciones y alcanzar la realización personal y profesional.	E11. Dirige o supervisa la instalación apropiada de un sistema eléctrico, así como configuraciones básicas de sistemas de comunicaciones, cumpliendo con los procedimientos, instructivos y documentos asociados al sistema de gestión de

G4. Ética, responsabilidad profesional y compromiso social: Actúa con conciencia ética y cívica, en el contexto local, nacional y global, sustentado en principios y valores de justicia y defensa de los derechos fundamentales del hombre para dar respuesta oportuna a las necesidades que la sociedad le demanda como persona, ciudadano y profesional, estimando el impacto económico, social y ambiental de las soluciones propuestas. G7. Gestión tecnológica: Utiliza con idoneidad las tecnologías de la información y la comunicación, requeridas para desempeñarse en el contexto académico y profesional. G8. Resolución de problemas: Identifica y plantea problemas para resolverlos con criterio y de forma efectiva, utilizando la lógica, los saberes adquiridos y herramientas organizadas adecuadamente. G11. Abstracción, análisis y síntesis. Delimita los elementos de un proyecto, diseño o problema para su análisis y posterior integración al todo.	calidad y seguridad, la optimización de los procesos y la racionalización de costos. E14. Selecciona apropiadamente los elementos y equipos a utilizar tanto en un sistema eléctrico, como en las configuraciones básicas de sistemas de comunicaciones, para asegurar su efectividad.
---	---

III. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Al finalizar con éxito la unidad curricular el estudiante:

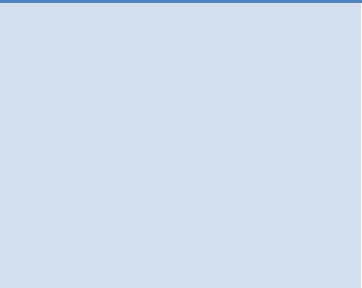
- RA1. Determina los Componentes fundamentales para la construcción de las Líneas de Transmisión de Potencia Eléctrica.
- RA2. Determina el nivel de tensión óptimo para el diseño de una línea de transmisión.
- RA3. Calcula las pérdidas por efecto joule y efecto corona, así como el rendimiento y la regulación de una línea de transmisión que garantice una adecuada transmisión de potencia eléctrica a través de la misma
- RA4.Realiza los cálculos mecánicos y el diseño de tensado de una línea de transmisión que garanticen el buen funcionamiento de la misma
- RA5. Selecciona el sistema de protección contra descargas atmosféricas mas adecuado para garantizar el buen funcionamiento de una línea de transmisión de potencia eléctrica
- RA6.Realiza el proyecto de una línea de transmisión de potencia eléctrica basado en el estudio económico de las diferentes alternativas que se podrían proponer.

IV. CONTENIDOS

a. Contenidos Conceptuales, Procedimentales y Actitudinale

Resultados de Aprendizaje	Contenidos
---------------------------	------------

RA1. Determina los Componentes fundamentales para la construcción de las Líneas de Transmisión de Potencia Eléctrica.	Conceptuales: Características, normas de fabricación, materiales más empleados, tipos: Conductores, Aisladores eléctricos, Herrajes de las líneas de potencia, Herrajes para el cable de guarda. Estructuras Procedimentales: Determina los Componentes fundamentales para la construcción de las Líneas de Transmisión de Potencia Eléctrica. Actitudinales: Reconoce la necesidad de determinar los Componentes fundamentales que se utilizan en una línea de transmisión de Potencia eléctrica
RA2. Determina el nivel de tensión óptimo para el diseño de una línea de transmisión.	Conceptuales: Elementos del sistema de potencia influenciados por la tensión de línea, tensiones normalizadas, gráficos de costo anual. Deducción analítica de una expresión para calibre-económico considerando solo las perdidas por efecto Joule. Limitaciones. Ejemplo numérico de selección económica de tensión y calibre de una línea de potencia. Procedimentales: Determina el nivel de tensión óptimo para el diseño de una línea de transmisión Actitudinales: Reconoce la necesidad de determinar adecuadamente el nivel de tensión con el que va a trabajar una línea de transmisión de Potencia eléctrica Asume el rol que debe jugar un ingeniero que diseña y construye una línea de transmisión de Potencia eléctrica
RA3. Calcula las pérdidas por efecto joule y efecto corona, así como el rendimiento y la regulación de una línea de transmisión que garantice una adecuada transmisión de potencia eléctrica a través de la misma	Conceptuales: Configuraciones típicas de líneas aéreas, clases de conductores más empleados, determinación de pérdidas de potencia y energía por efecto Joule, cálculos de regulación de tensión, comparación de resultados. Efecto Corona, naturaleza, determinación de las pérdidas de potencia y energía por efecto corona, métodos de reducción del efecto corona, influencia en el diseño de líneas de potencia, ejemplos numéricos. Procedimentales: Calcula las pérdidas de potencia y energía por efecto joule y efecto corona Calcula el rendimiento y la regulación de una línea de transmisión



	Aplica los métodos de reducción del efecto corona, Actitudinales: Reconoce la necesidad de determinar las pérdidas en una línea de transmisión de Potencia eléctrica Toma conciencia de las necesidad de construir de manera adecuada una línea de transmisión de Potencia eléctrica Asume el rol que debe jugar un ingeniero que diseña y construye una línea de transmisión de Potencia eléctrica
RA4. Realiza los cálculos mecánicos y el diseño de tensado de una línea de transmisión que garanticen el buen funcionamiento de la misma	Conceptuales: Temperatura del conductor, sobrecargas mecánicas por acción del viento, empleo de las normas. Ecuaciones de catenaria y parábola, flechas, longitudes de arco, deducción de la ecuación del cambio de condiciones, aplicaciones, características. Curvas de tensado, cuadro general de vanos y flechas del conductor. Determinación de las dimensiones principales mínimas de las estructuras, empleo de las normas, verificación del ángulo máximo de oscilación de las cadenas de aisladores, contrapesos. Selección del cable de guarda, condiciones, verificación por curva de ruptura, factores de seguridad, curvas de tensado y cuadro general de vanos y flechas para el cable de guarda. El ábaco de Thomas, uso; Las tablas de Martin, ejemplos Procedimentales: Realiza los cálculos mecánicos Calcula las curvas de tensado de una línea de transmisión Determina las dimensiones de las estructuras Selecciona el cable de guarda Actitudinales: Reconoce la necesidad realizar los cálculos mecánicos en una línea de transmisión de Potencia eléctrica Toma conciencia de las necesidad de construir de manera adecuada una línea de transmisión de Potencia eléctrica Asume el rol que debe jugar un ingeniero que diseña y construye una línea de transmisión de Potencia eléctrica
RA5. Selecciona el sistema de protección contra descargas atmosféricas más adecuado para garantizar el buen funcionamiento de una línea de transmisión de potencia eléctrica	Conceptuales: Naturaleza de la descarga atmosférica, valores de referencia, tipos de descarga; niveles básicos de aislamiento adoptados, influencia de los descargadores de sobretensión en la coordinación de aislamiento. Protección por cable de guarda, implicaciones del diseño, zonas de protección, influencia de las puestas a tierra, valores normalizados de resistencia a tierra, mejoras de la puesta a tierra. Calcular los niveles de protección, descarga en la estructura, descarga en el centro del vano, separaciones con el cable de fase. Procedimentales:

	Selecciona el sistema de protección contra descargas atmosféricas Calcula los niveles de protección en las diferentes partes de la línea Actitudinales: Reconoce la necesidad de proteger una línea de transmisión de Potencia eléctrica contra descargas atmosféricas Toma conciencia de las necesidad de diseñar y construir de manera adecuada una línea de transmisión de Potencia eléctrica Asume el rol que debe jugar un ingeniero que diseña y construye una línea de transmisión de Potencia eléctrica
RA6. Realiza el proyecto de una línea de transmisión de potencia eléctrica basado en el estudio económico de las diferentes alternativas que se podrían proponer.	Conceptuales: Consideraciones generales del estudio económico, elementos del sistema de potencia influenciados por la tensión de línea, tensiones normalizadas, gráficos de costo anual. Deducción analítica de una expresión para calibre-económico considerando solo las perdidas por efecto Joule. Limitaciones. Comparación económica de alternativa, ley de Kelvin, pérdidas a considerar, métodos de cálculo Ejemplo numérico de selección económica de tensión y calibre de una línea de potencia. Trabajos preliminares, normas, selección de la ruta del trazado, datos de carga, comprobaciones, operaciones de tendido. Indicaciones sobre localización optimizada, vano económico. La transmisión de potencia en corriente continua, alta tensión, justificación, características El empleo de cables aislados para la transmisión de potencia, parámetros, justificación, características. Procedimentales: Realiza el proyecto de una línea de transmisión de potencia eléctrica basado en el estudio económico Actitudinales: Toma conciencia de las necesidad de diseñar y construir de manera adecuada una línea de transmisión de Potencia eléctrica Asume el rol que debe jugar un ingeniero que diseña y construye una línea de transmisión de Potencia eléctrica

b. Temario

UNIDAD/TEMA	CONTENIDO	Tiempo (horas)
UNIDAD I: ASPECTOS FUNDAMENTALES DE LAS LINEAS AEREAS DE TRANSMISIÓN DE	Conductores, características, galgas, normas de fabricación, materiales más empleados, cables de guarda, tipos de materiales. Aisladores eléctricos, tipos, normas de fabricación, niveles de aislamientos, distribución de tensión en cadenas de aisladores.	10

POTENCIA ELÉCTRICA Tema 1. <i>Componentes de las Líneas de Transmisión de Potencia Eléctrica.</i>	Selección del tipo más adecuado, cuidado de los aisladores. Pruebas. Herrajes de las líneas de potencia, materiales, tipos, normas de fabricación, características. Herrajes para el cable de guarda. Estructuras, tipos, dimensiones, características, usos, materiales, hipótesis de carga, fundaciones	
Tema 2. <i>Efectos que influyen en una Línea aérea de Transmisión</i>	Configuraciones típicas de líneas aéreas, clases de conductores más empleados, determinación de pérdidas de potencia y energía por efecto Joule, cálculos de regulación de tensión, comparación de resultados. Efecto Corona, naturaleza, determinación de las pérdidas de potencia y energía por efecto corona, métodos de reducción del efecto corona, influencia en el diseño de líneas de potencia, ejemplos numéricos.	10
UNIDAD II DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA DE TRANSMISIÓN Tema 3. <i>Selección Económica del Calibre y de la Tensión Eléctrica de una Línea aérea de Transmisión</i>	Consideraciones generales del estudio económico, elementos del sistema de potencia influenciados por la tensión de línea, tensiones normalizadas, gráficos de costo anual. Deducción analítica de una expresión para calibre-económico considerando solo las perdidas por efecto Joule. Limitaciones. Comparación económica de alternativa, ley de Kelvin, pérdidas a considerar, métodos de cálculo Ejemplo numérico de selección económica de tensión y calibre de una línea de potencia.	10
Tema 4. <i>Cálculo Mecánico de las Líneas Aéreas de Transmisión</i>	Temperatura del conductor, sobrecargas mecánicas por acción del viento, empleo de las normas. Ecuaciones de catenaria y parábola, flechas, longitudes de arco, deducción de la ecuación del cambio de condiciones, aplicaciones, características. Hipótesis de cálculo, normas, verificaciones, el vano regulador, definición, expresión de cálculo, tolerancias, distancias mínimas La plantilla de flecha, construcción, uso, comprobaciones, ejemplos. Curvas de tensado, cuadro general de vanos y flechas del conductor. Determinación de las dimensiones principales mínimas de las estructuras, empleo de las normas, verificación del ángulo máximo de oscilación de las cadenas de aisladores, contrapesos. Selección del cable de guarda, condiciones, verificación por curva de ruptura, factores de seguridad, curvas de tensado y cuadro general de vanos y flechas para el cable de guarda. El ábaco de Thomas, uso; Las tablas de Martin, ejemplos	14
Tema 5. <i>Protección contra descargas Atmosféricas de las</i>	Naturaleza de la descarga atmosférica, valores de referencia, tipos de descarga; niveles básicos de aislamiento adoptados, influencia de los descargadores de sobretensión en la coordinación de aislamiento.	8

V. REQUERIMIENTOS

Para el éxito en el desempeño de esta Unidad Curricular, el estudiante:

Verifica las capacidades térmicas y dinámicas de equipos Verifica las capacidades térmicas de los conductores.

Realiza cálculos básicos de circuitos eléctricos

Aplica las propiedades de los materiales Realiza cálculos básicos de optimización.

Realiza cálculos de demanda eléctrica

<i>Líneas Aéreas de Transmisión</i>	Protección por cable de guarda, implicaciones del diseño, zonas de protección, influencia de las puestas a tierra, valores normalizados de resistencia a tierra, mejoras de la puesta a tierra. Calcular los niveles de protección, descarga en la estructura, descarga en el centro del vano, separaciones con el cable de fase.	
Tema 6. <i>Consideraciones Generales para el desarrollo de un proyecto de construcción de una Línea Aéreas de Transmisión</i>	Trabajos preliminares, normas, selección de la ruta del trazado, datos de carga, comprobaciones, operaciones de tendido. Indicaciones sobre localización optimizada, vano económico. La transmisión de potencia en corriente continua, alta tensión, justificación, características El empleo de cables aislados para la transmisión de potencia, parámetros, justificación, características.	8

Realiza cálculos de cortocircuito de sistemas de potencia simplificados.

Maneja programas CAD y otras herramientas computacionales como Lenguajes de programación

VI. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

Se utiliza una metodología de aprendizaje grupal inductiva-deductiva que requiere de la participación activa y constante de los estudiantes en la búsqueda, lectura y análisis de la información que facilite la integración de los aspectos teórico-prácticos de la unidad curricular.

ACTIVIDAD	TÉCNICAS
<i>Clases de Teoría</i>	Se impartirán en el aula, siendo la presencia del alumno necesaria para un aprendizaje adecuado y una formación óptima. La metodología se basa clase expositiva centrada en el estudiante, con discusión socializada.
<i>Clases de Problemas</i>	Estas clases se intercalarán en el desarrollo de la asignatura de la forma más conveniente para el aprendizaje, no habrá días previamente asignados para ello. La metodología se fundamenta en el trabajo colaborativo para la resolución de problemas. El estudiante utilizará lógica deductiva, con la cual a partir de principios y leyes fundamentales puede solucionar teórica y experimentalmente problemas relacionados con el estudio de las propiedades más relevantes
<i>Tutorías</i>	Atención personalizada al alumno, presencial y a distancia. Son opcionales y recomendables para el aprendizaje de los alumnos que cursan regularmente la asignatura y asistan a las clases.
<i>Prácticas</i>	En equipo o individualmente, los estudiantes realizarán: problemas, trabajos escritos y prácticos, diseño y elaboración de programas con computador para la solución de problemas.

III. SISTEMA DE EVALUACIÓN

<i>Tema</i>	<i>Criterio de Evaluación</i>	<i>Resultado de Aprendizaje</i>	<i>Evidencias de Aprendizaje</i>
1, 2 y 3	Determina los Componentes fundamentales para la construcción de las Líneas de Transmisión de Potencia Eléctrica. Determina el nivel de tensión óptimo para el diseño de una línea de transmisión Calcula las pérdidas de potencia y energía por efecto joule y efecto corona Calcula el rendimiento y la regulación de una línea de transmisión Aplica los métodos de reducción del efecto corona	RA1 ,RA2 y RA3	Prueba escrita Entrega de Tareas asignadas

4	Realiza los cálculos mecánicos Calcula las curvas de tensado de una línea de transmisión Determina las dimensiones de las estructuras Selecciona el cable de guarda	RA4	Prueba escrita Entrega de Tareas asignadas
5	Selecciona el sistema de protección contra descargas atmosféricas Calcula los niveles de protección en las diferentes partes de la línea	RA5	Prueba escrita Entrega de Tareas asignadas
6	Realiza el proyecto de una línea de transmisión de potencia eléctrica basado en el estudio económico	RA6	Informe de trabajo autónomo

VIII. RECURSOS

Recursos didácticos requeridos son: computador portátil, video beam, pizarrón, marcadores.

Recursos de infraestructura: aula con facilidades para la proyección y presentación de demostraciones prácticas

IX. FUENTES DE INFORMACIÓN

Básicas

A.E. Knowlton. (1962). *Manual Estándar del Ingeniero Electricista*. Editorial Labor, Barcelona.
Eaton J. Robert. (1973). *Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica*. Editorial Prentice Hall International.

Westinghouse. (1966). *Transmission and Distribution Reference Book*. W.E. Co., Pittsburg.

Zaborsky-Rittenhouse. (1969). *Electric Power Transmission*. Renseelaer, N.Y.

Zoppetti G. (1966). *Redes Eléctricas de Alta y Baja Tensión*. Editorial Gustavo Hill, Barcelona.

Complementarias

Alcan. (1968). *Catálogo de productos eléctricos de aluminio*. Aluminium Limited, Sales Inc.

Buchhold-Happoldt. (1970). *Centrales y Redes Eléctricas*. Editorial Labor, Barcelona.

Chela L.M. (1998). *Líneas de Transporte y Energía*. Marcombo. Tercera Edición. Barcelona.

Enríquez H. G. (1980). *Líneas de Transmisión y Redes de Distribución de Potencia Eléctrica*. Tomos I y II. Limusa. México.

Fink. (1996). *Manual de Ingeniería Eléctrica*. 13ª Edición. Editorial Mc Graw Hill. México. P.

Hering. (1964). *Canalizaciones de Alta y Baja Tensión*. E.T.E. Tomo X, Editorial Labor.

C.A.D.A.F.E. (1976). Normas NL-P, NL-E, NL-M, para líneas de transmisión.

H. Cotton – H. Barber. *The Transmision and Distribution of Electrical Energy*. Editorial Hodder. USA. 1980.

Made. *Catálogo de herrajes y accesorios para líneas de transmisión.*

Henriquez Gilberto. (1980). *Líneas de Transmisión y Redes de Distribución de Potencia Eléctrica.* Tomos I y II. Editorial Limusa México.

SAIEN. (1973). *Catálogos de productos eléctricos.* Maracay, Guías del profesor Olle

Elgerd. (1976). *Electric Energy Systems Theory.* Editorial Mc Graw Hill. México.

Weedy B.M.. (1986). *Electric Power Systems,* John Wiley & Sons. USA.

Starr A.T. (1980). *Generation, Transmission and Utilization of Electrical power.* Editorial Pitman. México.

Grainz y Stevenson. (1996). *Análisis de Sistemas de Potencia.* 1era Edición. Editorial Mc Graw Hill. México.