



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



SÍLABO
ESTABILIDAD DE SISTEMAS DE POTENCIA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Asignatura	:	ESTABILIDAD DE SISTEMAS DE POTENCIA
Código	:	ES917
Condición	:	Obligatorio
Pre-Requisitos	:	ES810 Análisis de Sistema de Potencia II
N° de Horas de Clase	:	7 (03 teoría, 02 practica, 02 practica)
N° de Créditos	:	04
Ciclo	:	IX
Semestre Académico	:	2022-A
Duración	:	Del 04 de Abril del 2022
Docente	:	Mg. Ing. Ernesto Ramos Torres
Horarios	:	Teoría: viernes 19:40-22.10 Horas, Grupo: 02T Practica: lunes 18:50-20.30 Horas, Grupo: 01T(93G) Practica: viernes 18:00-19.40 Horas, Grupo: 01T(92G)

II. SUMILLA

La asignatura pertenece al área de estudios de especialidad. Es de naturaleza teórica y de carácter obligatorio, le permite al alumno conceptualizar y analizar el criterio de Estabilidad de Sistemas de Potencia. Por otro lado, el estudiante estará preparado para analizar y mediante habilidades recomendar la protección contra sobretensiones y los fenómenos transitorios que se presentan en los sistemas eléctricos de potencia de alta tensión. Finalmente, el estudiante estará capacitado para reconocer los diferentes equipos utilizados en alta tensión en una determinada configuración de un determinado sistema eléctrico de potencia, aplicando fórmulas o software que faciliten los cálculos. La asignatura se desarrolla mediante las unidades de aprendizaje siguientes: I. Principios generales y flujo de carga manteniendo la estabilidad. II. Oscilaciones de baja frecuencia y estabilidad ante pequeños disturbios. III. Método de Ecuaciones Diferenciales y Análisis de Estabilidad Transitoria. IV. El problema del control de la frecuencia. Regulación primaria y secundaria. Esquemas de rechazo automático de carga

III.- COMPETENCIAS DE LA ASIGNATURA

COMPETENCIAS GENÉRICAS

Describe la terminología de Estabilidad de Sistemas de Potencia en las diferentes etapas de la duración del tiempo de estudio realizándose en una investigación aplicada a la Ingeniería.

Se Identifica las etapas y los elementos a ser utilizados en la Ingeniería de Alta Tensión aplicado al desarrollo de la Ingeniería Eléctrica.

Realiza las etapas y la aplicación de Software, determinándose la estimación de parámetros de que faciliten los cálculos. La asignatura se desarrolla mediante las unidades de aprendizaje de Principios generales y flujo de carga en alta tensión, Estabilidad de Sistemas Eléctricos ante Sobretensión a frecuencia Industrial y tensión Aplicada, Estabilidad ante Descargas Atmosféricas, Estabilidad por rechazo de carga, como parte de la Ingeniería Eléctrica

Identifica las normas y reglamentos aplicados a la Ingeniería en Sistemas de Potencia.

El uso de determinados software en Sistemas Potencia, para diferentes áreas de aplicación, permite destreza y habilidad para expresar ideas u opiniones de optimización.

Da lugar a su propio aprendizaje (autoaprendizaje) en la asignación de algunas tareas del curso.

Se hace responsable de liderazgo en diversos contextos para afrontar una situación.

Asocia colaborando y asumiendo roles de acuerdo a sus capacidades y conocimientos.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

COMPETENCIA GENERAL		
Analiza y determina la Estabilidad para Sistemas Eléctricos de Potencia, planteando y realizando soluciones, cumpliendo con las normas y reglamentos vigentes emitidos por las áreas competentes, promoviendo el uso de equipos con tecnología reciente y planteando la creación y diseño de nuevos equipos de Aislamiento de fallas, sin perder la estabilidad de operación para transmisión y protección, en Subestaciones y Líneas eléctricas de Potencia, acompañado del tiempo de actuación reducido.		
COMPETENCIAS	CAPACIDADES	ACTITUDES
Analiza y determina los diferentes niveles de Principios generales y flujo de carga en alta tensión	Interpreta el uso y las propiedades del flujo de carga en la aplicación de la Ingeniería	-Muestra exaltación al realizar actividades con diferente complejidad de diseño.
Utiliza los diferentes softwares para cálculos Oscilaciones de baja frecuencia pleno y estabilidad ante pequeños disturbios	Expresa los resultados de las oscilaciones de baja frecuencia	Es visible el interés por participar en el área de estudio.
Reconoce la necesidad de contar con Método de Ecuaciones Diferenciales y Análisis de Estabilidad Transitoria.	Interpreta el uso de métodos de ecuaciones diferenciales	Demuestra tolerancia y respeto a los participantes buscando la uniformidad de los resultados
Reconoce en los sistemas el problema del control de la frecuencia. Regulación primaria y secundaria. Esquemas de rechazo automático de carga	Expresa las leyes del problema de control de frecuencia de regulación.	Demuestra puntualidad al asistir a clases y en el cumplimiento de trabajos prácticos.

IV.- PROGRAMACIÓN DE CONTENIDOS Y ACTIVIDADES

UNIDAD I: PRINCIPIOS GENERALES DE ESTABILIDAD Y OPERACIÓN SINCRONA				
Duración: 4 semanas: 1era. 2da. 3ra y 4ta semana.				
Fecha de Inicio: Fecha de Término:				
Capacidades de la Unidad: C1 (Enseñanza aprendizaje): Está en condiciones de reconocer, plantear, formular e interpretar los principios generales de la Estabilidad en Sistemas de Potencia dictadas por el docente C2 (Investigación Formativa): Determinación del tema de investigación y planteamiento del problema.				
Programación de contenidos:				
SEMANA	CONTENIDOS CONCEPTUALES	CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	CONTENIDOS ACTITUDINALES	INDICADORES
1	1. Principios Generales de estabilidad. Conceptos y principios fundamentales. 2. Operación sincrónica, condición de operación de estado estacionario. 3. Tipos de perturbaciones. 4. Definición de estabilidad en sistemas eléctricos de potencia. 1. Estabilidad ángulo rotor. 2. Estabilidad de tensión. 3. Estabilidad de frecuencia. Practica (P): 1. Introducción al uso del DigSilent Características del programa. 1. Modelado de un sistema de potencia en DigSilent	- Estudia y analiza los conceptos teóricos de Estabilidad - Analiza la operación sincrónica de las máquinas - Ejemplifica con casos que se experimenta en usos diversos.	Aprecia la importancia del curso en la formación del Ingeniero Electricista. Participa cooperando en la resolución de problemas	Describe y reconocen los conceptos fundamentales de las máquinas y Líneas eléctricas. Se comporta responsable y disciplinadamente en las instalaciones del área de estudio.
2	1. Estabilidad ángulo rotor. 2. Estabilidad de tensión. 3. Estabilidad de frecuencia. Laboratorio (Lab): 1. Modelado de un sistema de potencia en DigSilent	- Estudia y analiza los conceptos estabilidad de máquinas versus rotor. - Realiza cálculo de cada parámetro en máquinas.	Participa cooperando en la resolución de problemas. Trabaja en forma grupal participando activamente en la ejecución de las actividades planteadas.	Identifica y formula los diferentes conceptos estabilidad Se comporta responsable y disciplinadamente en las instalaciones del área de estudio.

3	1. Operación de la máquina síncrona. 2. Condición de operación en estado estacionario. 3. Estabilidad en sistemas eléctricos de potencia. Practica (P): 1.Método de interconexión de dos redes eléctricas.	-Estudia y analiza los conceptos de cada tipo de Subestación - Analiza las pérdidas en líneas de Alta Tensión -Uso de Software para cálculos de operación de máquinas síncronas	Participa cooperando en la resolución de problemas. Participa activamente en la construcción de diálogos y debates	Reconoce el flujo de carga en líneas de Alta Tensión Resuelve ejercicios propuestos de aplicación
4	1. Representación de la máquina síncrona en estudios de estabilidad. Practica (P): 1. Método para calcular el equivalente Thevenin de una parte de la red eléctrica.	-Estudia y analiza los conceptos de maquina síncrona -Aplica los conocimientos teóricos para seleccionar el tipo adecuado de representación.	Participa cooperando en la resolución de problemas. Participa activamente en la construcción de diálogos y debates.	Reconoce la maquina síncrona de estudio Resuelve ejercicios propuestos de aplicación real.

UNIDAD II: OSCILACIONES DE BAJA FRECUENCIA PLENO Y ESTABILIDAD ANTE PEQUEÑOS DISTURBIOS.

Duración: 4 semanas: 5ta., 6ta. y 7ma. Semana, mas 1na semana de examen.parcial

Fecha de Inicio Fecha de Término:

CAPACIDAD DE LA UNIDAD:

C1 (Enseñanza aprendizaje): Está en condiciones de reconocer, plantear, formular e interpretar los parámetros de transformadores y motores

C2 (Investigación Formativa): Diseño e interpreta las oscilaciones de baja frecuencia

Programación de contenidos:

SEMANA	CONTENIDOS CONCEPTUALES	CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE	INDICADORES
5	1. Representación de transformadores, líneas de transmisión, cargas, motores y equipos automáticos de compensación reactiva. Practica (P): 1. Definir una interconexión eléctrica e importar datos de una red externa.	-Analiza el equipamiento de equipos en Subestaciones -Relaciona el control automático de motores y transformadores -Uso de metodología de calculo	Participa cooperando en la resolución de problemas. Valora el trabajo en equipo respetando la opinión de los demás en la resolución de problemas.	Reconoce los diferentes equipos de maniobra en Alta Tension. Resuelve ejercicios propuestos de aplicación real.
6	1. El problema de las oscilaciones de baja frecuencia. Definición de modos locales, interárea, y modos de control. Practica (P): 1. Cálculo de cortocircuito. Ejemplos.	-Estudia y analiza los conceptos de oscilación de frecuencia -Compara el uso de áreas para el control de sectores -Uso de Software para cálculos esfuerzos por área de uso	Manifiesta interés en aplicar los conceptos en estudios por oscilación de frecuencia Trabaja en forma individual y grupal participando activamente en la ejecución de las actividades planteadas. Participa activamente en la apertura de diálogos y debates.	Reconoce y maneja los fenómenos de polarización Resuelve ejercicios propuestos de aplicación real.

7	1. Estabilidad de estado estable, pequeños disturbios. Ecuación de oscilación de la máquina. Torque sincronizante y torque amortiguante. Practica (P): 1. Modelo de torres para líneas de transmisión. Ejemplos	-Estudia y analiza los conceptos de estado estable. -Analiza los pequeños disturbios -Uso de Software para modelo de torres	Participa cooperando en la resolución de problemas. Valora el trabajo en equipo respetando la opinión de los demás en la resolución de problemas.	Reconoce los tipos de oscilación en maquinas Resuelve ejercicios propuestos de aplicación real.
8	EVALUACIÓN ESCRITA PARCIAL (EEP)			

UNIDAD III: MÉTODO DE ECUACIONES DIFERENCIALES Y ANÁLISIS DE ESTABILIDAD TRANSITORIA

Duración: 5 semanas: 9na, 10ma., 11ava., 12ava. y 13ava. Semana.

Fecha de Inicio: Fecha de Término:

CAPACIDADES DE LA UNIDAD:

C1 (Enseñanza aprendizaje) Está en condiciones de reconocer, plantear, determinar e interpretar los métodos de ecuaciones diferenciales y análisis de Estabilidad Transitoria.

C2 (Investigación Formativa): Matriz de método de Áreas y ecuaciones multimaquina.

Programación de contenidos:

SEMANA	CONTENIDOS CONCEPTUALES	CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE	INDICADORES
9	<p>1. Método de ecuaciones diferenciales, método de espacios de estado, método de Laplace valores, y diagramas de bloque.</p> <p>Practica(P):</p> <p>2. Simulación de cortocircuitos y determinación del tiempo crítico de despeje de falla.</p>	<p>-Estudia y analiza los métodos de ecuaciones diferenciales</p> <p>-Analiza la estabilidad transitoria</p> <p>-Aplica los conocimientos teóricos para seleccionar el tipo adecuado de metodología a usar.</p>	<p>Manifiesta interés en aplicar los conceptos diferenciales</p> <p>Trabaja en forma individual y grupal participando activamente en la ejecución de las actividades planteadas.</p> <p>Participa activamente en la apertura de diálogos y debates.</p>	<p>Reconoce las interferencias en los sistemas eléctricos de Potencia</p> <p>Resuelve ejercicios propuestos de aplicación real.</p>
10	<p>1. Conceptos y métodos de análisis directos de la estabilidad transitoria.</p> <p>Practica (P):</p> <p>1. Simulación de estabilidad de gran señal y análisis modal.</p>	<p>-Determina las las interrupciones que dan lugar a la estabilidad transitoria</p> <p>- Determina los factores de Tensión de impulso como origen de inestabilidad</p> <p>-Uso de Software para cálculos de potencia máxima en barras</p>	<p>Valora el trabajo en equipo respetando la opinión de los demás en la resolución de problemas.</p> <p>Participa activamente en la construcción de diálogos y debates.</p>	<p>Reconoce las mejoras realizadas en los sistemas eléctricos con tiempos reducidos para recuperarla estabilidad del sistema</p> <p>Resuelve ejercicios propuestos de aplicación real..</p>
11	<p>1. Formulación del criterio de igualdad de áreas.</p> <p>Ejemplos de aplicación en el cálculo de tiempos críticos de apertura ante fallas simétricas y asimétricas</p> <p>Practica(P):</p> <p>1. Modelado del sistema de excitación de una máquina síncrona en DisSilent.</p>	<p>- Determina la ESTABILIDAD por el método de áreas</p> <p>-Analiza los tiempos críticos</p> <p>- Resuelve problemas de montaje y pruebas de fin de obra</p>	<p>Manifiesta interés en aplicar los conceptos en situaciones cotidianas.</p> <p>Valora el trabajo en equipo respetando la opinión de los demás en la resolución de problemas.</p>	<p>Reconoce y maneja la protección por tiempos reducidos</p> <p>Resuelve ejercicios propuestos de aplicación real...</p>
12	<p>1. Ecuaciones del sistema multimaquina (modelo clásico) y análisis de caso de estudio.</p> <p>Practica (P):</p> <p>1. Control de potencia activa de un generador síncrono.</p>	<p>-Analiza el uso adecuado de operación de máquinas múltiples</p> <p>- Determina la Potencia activa de generadores</p>	<p>Manifiesta interés en aplicar los conceptos en situaciones de máquinas múltiples.</p> <p>Valora el trabajo en equipo respetando la opinión de los demás en la resolución de problemas.</p>	<p>Reconoce y maneja el modelamiento de máquinas múltiples</p> <p>Resuelve ejercicios propuestos de aplicación real.</p>

13	<p>1. El problema del control de tensión en los sistemas eléctricos de potencia. Métodos de análisis estáticos (Curvas P-V y Q-V). Rechazo automático de carga por mínima tensión.</p> <p>Practica (P):</p> <p>1. Presentación del modelo de curvas P-V y Q-V.</p>	<p>-Determina el rechazo de carga como inestabilidad de sistemas eléctricos.</p> <p>-Uso de Software para cálculos de potencia máxima en barras</p>	<p>Valora el trabajo en equipo respetando la opinión de los demás en la resolución de problemas.</p> <p>Participa activamente en la apertura de diálogos y debates.</p>	<p>Reconoce y maneja la representación de rechazo de carga</p> <p>Resuelve ejercicios propuestos de aplicación real..</p>
----	---	---	---	---

UNIDAD IV: El problema del control de la frecuencia. Regulación primaria y secundaria. Esquemas de rechazo automático de carga

Duración: 2 semanas: 14ava., 15ava. semana., mas 1na de Examen final.

Fecha de Inicio: Fecha de Término:

CAPACIDAD DE LA UNIDAD:

C1: (Enseñanza aprendizaje) Está en condiciones de reconocer, plantear, formular e interpretar el control de frecuencia y la estabilidad en estado estacionario

C2 (de Investigación Formativa): Informe Final y sustentación de trabajos de estabilidad

Programación de contenidos:

SEMANA	CONTENIDOS CONCEPTUALES	CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE	INDICADORES
14	1. El problema del control de la frecuencia. Regulación primaria y secundaria. Esquemas de rechazo automático de carga por mínima frecuencia y esquemas de desconexión automática de generación por sobrefrecuencia en el SEIN. Practica (P): 1. Modelado del regulador de velocidad Análisis utilizando MATLAB.	-Describe la interpretación del control de frecuencia -Determina la sobre frecuencia originado por rechazo de carga	Valora el trabajo en equipo respetando la opinión de los demás en la resolución de problemas. Participa activamente en la construcción de diálogos y debates	Reconoce los resultados por la aplicación del control de frecuencia Resuelve ejercicios propuestos de aplicación real.
15	1. Presentación de los diferentes métodos para mejorar la estabilidad de estado estacionario y transitorio. Practica (P): 1. Control de potencia reactiva de una máquina síncrona.	-Analiza los métodos de estabilidad estacionaria -Analiza los métodos de estabilidad estacionaria -Calculo mediante diferentes Software	Valora el trabajo en equipo respetando la opinión de los demás en la resolución de problemas. Participa activamente en la construcción de diálogos y debates	Reconoce y maneja la representación de estabilidad estacionaria buscando la excelencia como discente Resuelve ejercicios propuestos de aplicación real.
16	EVALUACIÓN ESCRITA FINAL (EEF)			

V. METODOLOGÍA

Se tomará las últimas recomendaciones de la alta dirección para el dictado de clases, sin embargo la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la UNAC, en cumplimiento con lo dispuesto en la Resolución Viceministerial N°085-2020-MINEDU del 01 de abril de 2020, de manera excepcional y mientras duren las medidas adoptadas por el Gobierno está impartiendo educación remota no presencial haciendo uso de una plataforma virtual educativa utilizando tecnologías de la información y comunicación (TIC). La plataforma virtual de la UNAC es parte del Sistema de Gestión Académico (SGA-UNAC) basado en Moodle, en donde los estudiantes, tendrán a su disposición información detallada del curso: el sílabo, la programación de actividades, material de lectura, instrumentos de evaluación de entregables calificados, y los contenidos de la clase estructurados para cada sesión educativa. La plataforma virtual del SGA será complementada con las diferentes soluciones que brinda Google Suite for Education y otras herramientas tecnológicas multiplataforma como soporte de comunicación tales como Google Meet, Classroom, Google Drive, correo institucional y otros como el ZOOM y MS Team, de ser pertinentes. Las estrategias metodológicas para el desarrollo de las sesiones teóricas y prácticas permiten dos modalidades de aprendizaje en los estudiantes:

MODALIDAD SINCRÓNICA

Forma de aprendizaje basado en el uso de herramientas que permiten la comunicación no presencial y en tiempo real entre el docente y los estudiantes. Dentro de la modalidad sincrónica, se hará uso de:

Clases dinámicas e interactivas (virtuales): el docente genera permanentemente expectativa por el tema, a través de actividades que permiten vincular los saberes previos con el nuevo conocimiento, promoviendo la interacción mediante el diálogo y debate sobre los contenidos.

Talleres de aplicación (virtuales): el docente genera situaciones de aprendizaje para la transferencia de los aprendizajes a contextos reales o cercanos a los participantes que serán retroalimentados en clase.

Tutorías (virtuales): Para facilitar la demostración, presentación y corrección de los avances del informe final de investigación.

MODALIDAD ASINCRÓNICA

Forma de aprendizaje basado en el uso de herramientas que posibilitan el intercambio de mensajes e información entre los estudiantes y el docente, sin interacción instantánea.

Dentro de la modalidad sincrónica, se hará uso de:

Aprendizaje basado en proyectos (virtual): Permite que el estudiante adquiriera conocimientos y competencias mediante la ejecución de su proyecto de consulta, para dar respuesta a problemas del contexto.

Portafolio de evidencias (digital): Permite dar seguimiento a la organización y presentación de evidencias de investigación y recopilación de información para poder observar, contrastar, sugerir, incentivar, preguntar

Foro de investigación (virtual): se realizarán foros de debate, a partir de un reactivo sobre el tema de la sesión de aprendizaje.

Trabajos colaborativos (remoto) en plataforma virtual de aprendizaje.

Metodología de búsqueda y administración de información en la web y en ambientes virtuales de aprendizaje.

SOPORTE DE COMUNICACIÓN MULTIPLATAFORMA:

SGA-UNAC, Google Meet, Classroom, ZOOM, Google Drive y correo institucional.

VI – MATERIALES EDUCATIVOS Y OTROS RECURSOS DIDÁCTICOS

Plataforma virtual, usando las herramientas ZOOM y GOOGLE MEET

Equipos multimedia: Laptop, pizarra virtual de las herramientas, etc.

Equipos diversos para el desarrollo de los ensayos en laboratorio virtual.

Materiales: Software Estadístico SPSS Versión 25,0

VII – EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

De acuerdo con los artículos 82°, 83°, 84° y 85° del Reglamento General de Estudios de la Universidad Nacional del Callao, aprobado con Res. N° 185-2017-CU, de fecha 27 de junio del 2017, se tendrá a consideración lo siguiente:

Participación activa en todas las tareas de aprendizaje.

El estudiante aprueba si su Promedio Final es mayor o igual a 10.50

El examen sustitutorio se realizará de acuerdo con la normativa vigente.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN:

Se evaluará mediante un examen parcial, un examen final más la nota de dos trabajos de investigación formativa (trabajos prácticos), Adicionalmente se tomará un examen sustitutorio que reemplazará la nota más baja de una de las dos evaluaciones escritas parcial o final.

La nota final se obtendrá según:

$$PF = 0,25*P1+ 0,25*EEP + 0.25*P2+0,25*EEF$$

Donde:

P1 = Practica 1

P2 = Practica 2

EEP = Evaluación escrita
Parcial

EEF = Evaluación escrita
Final

VIII BIBLIOGRAFÍA

Manfred F. Bredifiana, Power Systems Department UNICAMP, Campinas, SP, Brasil

Machowski, Jan, Bialek, Janusz & Bumby, James. (2008). Power Systems Dynamic Stability and Control. 2^{da} ed. Gran Bretaña: John Wiley & Sons Ltd.

Kundur, Prabha. (1994). Power Systems Stability and Control. 1^{ra} ed. Estados Unidos: McGraw-Hill, Inc.

Saadat, Hadi. (2004). Power Systems Analysis. 2^{da} ed. Singapore: McGraw-Hill, Inc.

Murty, P. (2011). Operation and Control in Power Systems. 2^{da} ed. India: BS Publications.

Gomez, Exposito y otros. (2002). Análisis y Operación de Sistemas de Energía Eléctrica. 1^{ra} ed. España: McGraw-Hill, Inc.

Monticelli, A (1999). State Estimation in Electric Power Systems, A Generalized Approach. 1^{ra} ed. Estados Unidos: Kluwer Academic Publishers.

Venikov, V. (1988). Procesos Transitorios Electromecánicos en los Sistemas Eléctricos de Potencia. 5^a ed. Rusia: Editorial MIR.

Anderson, P., Fouad, A. (2003). Power Systems Control and Stability. 2^{da} ed. Estados Unidos: John Wiley & Sons Ltd.