



SILABO

I. INFORMACIÓN GENERAL

1.1 Asignatura:	Estabilidad de Sistemas Eléctricos de Potencia
1.2 Código:	ES917
1.3 Condición:	Obligatorio
1.4 Pre-Requisitos:	ES810 Análisis de Sistemas de Potencia II - ES707 Máquinas Eléctricas Rotativas
1.5 N° de Horas de clase:	05 (03 Teoría, 02 Práctica)
1.6 Créditos:	04
1.7 Ciclo:	IX
1.8 Semestre Académico:	2022-A
1.9 Duración:	04.04.22 al 30.07.22
1.10 Docente:	Dr. Ing. Oyanguren Ramírez, Fernando José

II. SUMILLA

El curso pertenece al área de estudios de especialidad, es de naturaleza teórico práctico y carácter obligatorio, comprende: Introducir los conceptos y definiciones fundamentales de la estabilidad en el SEP, modelamiento de los componentes del sistema de potencia, manejo de herramientas computacionales en la realización de estudios de estabilidad transitoria. Nociones fundamentales sobre el problema de estabilidad permanente de los sistemas eléctricos. Comprende: Definiciones y conceptos básicos de estabilidad de sistemas de potencia. Modelamiento del sistema de potencia en el análisis de estabilidad. Métodos de análisis de estabilidad transitoria. Sistema multimáquina. Introducción a la estabilidad permanente de sistemas de potencia. Manejo de programas computacionales.

III. COMPETENCIAS Y CAPACIDADES

3.1 COMPETENCIAS GENERALES

- Describe los conceptos y aspectos básicos sobre los tipos de estabilidad y características de operación de la máquina síncrona.
- Aplica la representación de la máquina síncrona y la teoría de estabilidad de pequeña señal.
- Realiza el análisis de espacios de estado y de estabilidad de gran señal.
- Analiza la estabilidad de tensión y la estabilidad de frecuencia.

3.2 COMPETENCIAS DE LA ASIGNATURA

Aplica los métodos de cálculo para resolver problemas de estabilidad de ángulo rotor, estabilidad de frecuencia y estabilidad de tensión, tanto de pequeña señal como de gran señal, en un sistema eléctrico de potencia.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS, CAPACIDADES Y ACTITUDES

COMPETENCIA	CAPACIDADES	ACTITUDES
Describe los conceptos y aspectos básicos sobre los tipos de estabilidad y características de operación de la máquina síncrona.	Identifica, representa y maneja los conceptos y aspectos básicos sobre los tipos de estabilidad y características de la operación de la máquina síncrona.	Comprende la importancia del estudio de los diversos tipos de estabilidad, de un sistema eléctrico.
Adopta la representación de la máquina síncrona y la teoría de	Identifica y representa los diversos componentes de un sistema eléctrico,	Entiende el uso de la representación de la máquina



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

estabilidad de pequeña señal.	para estudios de estabilidad de pequeña señal.	síncrona para resolver problemas de estabilidad de pequeña señal.
Formula y realiza el análisis de espacios de estado y de estabilidad de gran señal.	Aplica la técnica del análisis de espacios de estado para realizar estudios de estabilidad de gran señal.	Utiliza Participa en la resolución de problemas de estabilidad de gran señal.
Evalúa la estabilidad de tensión y la estabilidad de frecuencia.	Aplica los conceptos de estabilidad de tensión y estabilidad de frecuencia.	Participa en la resolución de problemas de estabilidad de tensión y de frecuencia.

IV. PROGRAMACIÓN POR UNIDADES DE APRENDIZAJE

UNIDAD I: INTRODUCCIÓN, TIPOS DE ESTABILIDAD Y CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DE LA MÁQUINA SÍNCRONA					
DURACIÓN: 1era, 2da y 3ra semana. Del 04/04/2022 al 23/04/2022					
CAPACIDADES:					
C1 (E-A): Identifica, representa y maneja los conceptos y aspectos básicos sobre los tipos de estabilidad y características de la operación de la máquina síncrona.					
C2 (TIF):					
PROGRAMACIÓN DE CONTENIDOS					
SEMANA	CONTENIDOS CONCEPTUALES	CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	CONTENIDOS ACTITUDINALES	INDICADORES	TOTAL HORAS
1	1. Principios Generales de estabilidad. Conceptos y principios fundamentales. 2. Operación síncrona, condición de operación de estado estacionario. 3. Tipos de perturbaciones. 4. Definición de estabilidad en sistemas eléctricos de potencia.	Expone los conceptos y principios fundamentales de la estabilidad y operación de una máquina síncrona. Analiza los tipos de perturbaciones. Utiliza el programa de simulación eléctrica DigSilent. Laboratorio (Lab): Introducción al uso del DigSilent Características del programa.	Respeta los principios fundamentales de la máquina síncrona. Interactúa con los programas de simulación de los sistemas eléctricos para la comprensión de los tipos de perturbaciones del sistema eléctricos. Participa en la formación de los grupos de trabajo para realizar las exposiciones y los laboratorios.	Evalúa los principios fundamentales de la operación de la máquina síncrona.	5 (2 Hs. Teoría 1 Hs Prácticas 2 Hs laboratorios)
2	5. Estabilidad ángulo rotor. 6. Estabilidad de tensión. 7. Estabilidad de frecuencia.	Aplica los fundamentos del análisis para la estabilidad ángulo rotor, estabilidad de tensión y estabilidad de frecuencia. Laboratorio (Lab): Ejecuta el modelado de un sistema eléctrico de potencia en el programa de simulación eléctrica DigSilent.	Muestra especial interés en el análisis de estabilidad para el buen funcionamiento de los sistemas eléctricos de potencia. Participa en el modelamiento de un sistema eléctrico de potencia. Cumple con presentar los informes de los laboratorios.	Resuelve los problemas de estabilidad de la red eléctrica. Representa componentes del sistema eléctrico.	5 (2 Hs. Teoría 1 Hs Prácticas 2 Hs laboratorios)
3	1. Operación de la máquina síncrona. 2. Condición de operación en estado estacionario. 3. Estabilidad en sistemas eléctricos de potencia.	Maneja los fundamentos de la operación de una máquina síncrona. Laboratorio (Lab): Ejecuta el método de interconexión de dos redes eléctricas con el programa de simulación DigSilent.	Valora las condiciones de operación de la máquina síncrona, tanto en estado estacionario como en condiciones de inestabilidad. Cumple con presentar los informes de los laboratorios.	Reconoce los elementos primarios según sus características.	5 (2 Hs. Teoría 1 Hs Prácticas 2 Hs laboratorios)

UNIDAD II: REPRESENTACIÓN DE LA MÁQUINA SÍNCRONA Y ESTABILIDAD DE PEQUEÑA SEÑAL					
DURACIÓN: 4ta, 5ta, 6ta y 7ma semana. Del 25/04/2022 al 21/05/2022					
CAPACIDADES:					



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

C1 (E-A): Identifica y representa los diversos componentes de un sistema eléctrico, para estudios de estabilidad de pequeña señal.
C2 (TIF):

PROGRAMACIÓN DE CONTENIDOS					
SEMANA	CONTENIDOS CONCEPTUALES	CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	CONTENIDOS ACTITUDINALES	INDICADORES	TOTAL HORAS
4	1. Representación de la máquina síncrona para realizar los estudios de estabilidad.	Utiliza la representación de la máquina síncrona en estudios de estabilidad. Analiza los tipos de reducción de redes eléctricas. Laboratorio (Lab): Método para calcular el equivalente Thevenin de una parte de la red eléctrica.	Reafirma la importancia de la representación de la máquina síncrona en estudios de estabilidad. Cumple con presentar los informes de los laboratorios.	Representa la máquina síncrona de acuerdo a los modelos usados en los estudios de estabilidad.	5 (2 Hs. Teoría 1 Hs Prácticas 2 Hs laboratorios)
5	1. Representación de transformadores, líneas de transmisión, cargas, motores y equipos automáticos de compensación reactiva.	Utiliza la representación de transformadores, líneas de transmisión, cargas, motores y equipos automáticos de compensación reactiva. Laboratorio (Lab): Definir una interconexión eléctrica e importar datos de una red externa.	Muestra especial interés en la representación de los diferentes elementos que componen la red de energía eléctrica, para realizar los estudios de estabilidad. Cumple con presentar los informes de los laboratorios.	Representa los transformadores, líneas, cargas y equipos automáticos de compensación reactiva.	5 (2 Hs. Teoría 1 Hs Prácticas 2 Hs laboratorios)
6	1. El problema de las oscilaciones de baja frecuencia. Definición de modos locales, inter-área, inter-planta y modos de control.	Soluciona el problema de las oscilaciones de baja frecuencia y los modos locales inter-área, inter-planta y modos de control. Laboratorio (Lab): Cálculo de cortocircuitos. Ejemplos	Valora los diferentes modos de oscilación de la estabilidad de pequeña señal. Cumple con presentar los informes de los laboratorios.	Resuelve problemas de oscilaciones de baja frecuencia.	5 (2 Hs. Teoría 1 Hs Prácticas 2 Hs laboratorios)
7	1. Estabilidad de estado estable, pequeños disturbios. Ecuación de oscilación de la máquina. Torque sincronizante y torque amortiguante.	Utiliza la ecuación de oscilación de la máquina y aplica el torque sincronizante y torque amortiguante. Laboratorio (Lab): Resuelve el modelo torres para líneas de transmisión.	Valora los diferentes modos de oscilación de la estabilidad de estado estable. Cumple con presentar los informes de los laboratorios.	Resuelve problemas de oscilaciones de estado estable.	5 (2 Hs. Teoría 1 Hs Prácticas 2 Hs laboratorios)
8	EXAMEN PARCIAL: Del 23/05/2022 al 28/05/2022				2

UNIDAD III: ESPACIOS DE ESTADO Y ESTABILIDAD DE GRAN SEÑAL					
DURACIÓN: 9na, 10ma, 11ava y 12ava semana. Del 30/05/2022 al 25/06/2022					
CAPACIDADES:					
C1 (E-A): Aplica la técnica del análisis de espacios de estado para realizar estudios de estabilidad de gran señal.					
C2 (TIF):					
PROGRAMACIÓN DE CONTENIDOS					
SEMANA	CONTENIDOS CONCEPTUALES	CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	CONTENIDOS ACTITUDINALES	INDICADORES	TOTAL HORAS
9	1. Método de ecuaciones diferenciales, método de espacios de estado, método de Laplace, eigenvalores, diagramas de bloque.	Utiliza el método de ecuaciones diferenciales, método de espacios de estado, método de Laplace, eigenvalores y diagramas de bloque. Laboratorio (Lab): Simulación de cortocircuitos y determinación del tiempo crítico de despeje de falla.	Participa en la resolución de problemas de ecuaciones diferenciales mediante el método de espacios de estado. Cumple con presentar los informes de los laboratorios.	Resuelve problemas utilizando los métodos de espacios de estado, Lagrange, eigenvalores y diagramas de bloques.	5 (2 Hs. Teoría 1 Hs Prácticas 2 Hs laboratorios)



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

10	1. Conceptos y métodos de análisis directos de la estabilidad transitoria.	Utiliza los conceptos y métodos de análisis directos de la estabilidad transitoria. Laboratorio (La): Simulación de estabilidad de gran señal y análisis modal.	Entiende cómo resolver los problemas de estabilidad transitoria, de un sistema eléctrico. Cumple con presentar los informes de los laboratorios.	Obtiene soluciones a los problemas de estabilidad transitoria.	5 (2 Hs. Teoría 1 Hs Prácticas 2 Hs laboratorios)
11	1. Formulación del criterio de igualdad de áreas. Ejemplos de aplicación en el cálculo de tiempos críticos de apertura ante fallas simétricas y asimétricas.	Utiliza la formulación del criterio de igualdad de áreas y ejecuta la aplicación del cálculo de tiempos críticos de apertura ante fallas simétricas y asimétricas. Laboratorio (La): Modelado del sistema de excitación de una máquina síncrona en DisSilent.	Valora la importancia del método de igualdad de áreas y del tiempo crítico de despeje de fallas en estabilidad. Cumple con presentar los informes de los laboratorios.	Obtiene el tiempo crítico de despeje de falla, para evitar problemas de inestabilidad transitoria.	5 (2 Hs. Teoría 1 Hs Prácticas 2 Hs laboratorios)
12	1. Ecuaciones del sistema multimáquina (modelo clásico) y análisis de caso de estudio.	Utiliza las ecuaciones del sistema multimáquina (modelo clásico). Laboratorio (La): Control de potencia activa de un generador síncrono.	Valora el uso de las ecuaciones multimáquina de un modelo clásico para analizar casos de estabilidad transitoria. Cumple con presentar los informes de los laboratorios	Obtiene la solución de los principales parámetros de un sistema multimáquina, en el análisis de estabilidad transitoria.	5 (2 Hs. Teoría 1 Hs Prácticas 2 Hs laboratorios)

UNIDAD IV: ESTABILIDAD DE TENSIÓN Y ESTABILIDAD DE FRECUENCIA					
DURACIÓN: 13ava, 14ava y 15tava semana. Del 27/06/2022 al 16/07/2022					
CAPACIDADES: C1 (E-A): Aplica los conceptos de estabilidad de tensión y estabilidad de frecuencia. C2 (TIF):					
PROGRAMACIÓN DE CONTENIDOS					
SEMANA	CONTENIDOS CONCEPTUALES	CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	CONTENIDOS ACTITUDINALES	INDICADORES	TOTAL HORAS
13	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.	Utiliza criterio de igualdad de áreas y ejecuta el cálculo de tiempos críticos de apertura ante fallas simétricas y asimétricas. Laboratorio (La): Desarrollo del modelo de curvas P-V y Q-V en DigSilent	Reconoce la importancia de los métodos estáticos para el estudio de estabilidad de tensión. Cumple con presentar los informes de los laboratorios.	Resuelve problemas de estabilidad de tensión con las curvas P-V y Q-V.	5 (2 Hs. Teoría 1 Hs Prácticas 2 Hs laboratorios)
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.	Soluciona el problema del control de frecuencia, regulación primaria, secundaria, los esquemas de rechazo automático de carga por mínima frecuencia y esquemas de desconexión automática de generación por sobrefrecuencia Laboratorio (La): Modelo de Regulador de Tensión.	Reconoce la importancia del método de rechazo automático de carga por mínima frecuencia y los esquemas de desconexión automática de generación. Cumple con presentar los informes de los laboratorios.	Resuelve problemas de inestabilidad de frecuencia.	5 (2 Hs. Teoría 1 Hs Prácticas 2 Hs laboratorios)
15	1. Presentación de los diferentes métodos para mejorar la estabilidad de estado estacionario y transitorio.	Utiliza los diferentes métodos para mejorar la estabilidad de estado estacionario y transitorio. Laboratorio (La): Control de potencia reactiva de una máquina síncrona.	Reconoce la importancia que tienen los métodos que permiten mejorar la estabilidad de estado estacionario y transitorio. Cumple con presentar los informes de los laboratorios.	Obtiene mejoras en la estabilidad del sistema para casos de estado estacionario y transitorio.	5 (2 Hs. Teoría 1 Hs Prácticas 2 Hs laboratorios)
16	EXAMEN FINAL: Del 18/07/2022 al 23/07/2022				2



V. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

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:

a. 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.

5.2 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.



VI. MATERIALES EDUCATIVOS Y OTROS RECURSOS DIDÁCTICOS:

- Plataformas educativas y de gestión académica.
- Videollamadas utilizando Google Meet, Zoom o MS Team.
- Equipos: Computadora personal para el profesor y dispositivo personal (celular o PC) para los estudiantes.
- Uso de Power Point y archivos PDF.
- Materiales: Separatas digitales, Software DIGSILENT, ETAP, MATLAB.

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.
- Asistencia al 70% de las clases como mínimo.
- El estudiante aprueba si su Promedio Final es mayor o igual a 10.50
- El examen sustitutorio se realizará para reemplazar la nota más baja, de acuerdo con la normativa vigente

El promedio final se obtendrá a través de la siguiente fórmula:

$$PF = 0.3 TIF + 0.2 EP + 0.2 PL + 0.3 EF$$

PF = Promedio Final

TIF = Trabajo de Investigación Formativa

EP = Examen Parcial

PL = Promedio Laboratorio

EF = Examen Final

Anotaciones:

- Las intervenciones orales referidas al desarrollo de la asignatura, por parte de los estudiantes durante las clases, pueden ser voluntarias o solicitadas al alumno por el profesor, con la finalidad de observar el proceso de enseñanza-aprendizaje y de motivar la atención del sujeto del aprendizaje.
- La asistencia es obligatoria para la evaluación del alumno, puesto que con el 30% de inasistencias el alumno tendrá como calificativo NSP.



VIII. BIBLIOGRAFÍA

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.