



## ÁREA CURRICULAR: ESTUDIOS DE ESPECIALIZACIÓN

### SÍLABO N° 61 ESTABILIDAD DE SISTEMAS DE POTENCIA

#### I. INFORMACIÓN GENERAL

1.1	Departamento Académico:	:	Ingeniería Eléctrica
1.2	Semestre Académico:	:	2019 - B
1.3	Código de la Asignatura:	:	ES917
1.4	Ciclo:	:	IX
1.5	Créditos:	:	04
1.6	Horas lectivas (Teoría, Práctica, Laboratorio)	:	5(T=2, P=1, L=2)
1.7	Condición del curso	:	Obligatorio
1.8	Requisito(s)	:	ES810 Análisis de Sistemas de Potencia II
1.9	Docente	:	Dr. 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

- 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 Capacidades

- Maneja los conceptos y aspectos básicos sobre los tipos de estabilidad y características de operación de la máquina síncrona.
- Reconoce la representación de la máquina síncrona y la teoría de estabilidad de pequeña señal.
- Aplica el análisis de espacios de estado y de estabilidad de gran señal.



- Estudia los conceptos de estabilidad de tensión y la estabilidad de frecuencia.

### **3.3 Contenidos actitudinales**

- Admite los conceptos y aspectos básicos sobre los tipos de estabilidad y características de operación de la máquina síncrona.
- Adopta la representación de la máquina síncrona y la teoría de estabilidad de pequeña señal.
- Avala el análisis de espacios de estado y de estabilidad de gran señal.
- Evalúa la estabilidad de tensión y la estabilidad de frecuencia.

## **IV. PROGRAMACIÓN DE CONTENIDOS Y ACTIVIDADES**



UNIDAD I: TIPOS DE ESTABILIDAD Y CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DE LA MÁQUINA SÍNCRONA

CAPACIDAD: Maneja los conceptos y aspectos básicos sobre los tipos de estabilidad y características de operación de la máquina síncrona

SEMANA	CONTENIDOS CONCEPTUALES	CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE	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. <b>Laboratorio (Lab):</b> 1. Introducción al uso del DigSilent Características del programa.	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.	<b>Lectivas (L):</b> • Introducción al tema - 1 horas • Desarrollo del tema - 2 horas  <b>Laboratorio (Lab):</b> • Desarrollo del tema - 2 horas	5
2	1. Estabilidad ángulo rotor. 2. Estabilidad de tensión. 3. Estabilidad de frecuencia. <b>Laboratorio (Lab):</b> 1. Modelado de un sistema de potencia en DigSilent.	Reconoce los fundamentos del análisis para la estabilidad ángulo rotor, estabilidad de tensión y estabilidad de frecuencia.  Ejecuta el modelado de un sistema eléctrico de potencia en el programa de simulación eléctrica DigSilent.	<b>Lectivas (L):</b> • Introducción al tema - 1 horas • Desarrollo del tema - 2 horas  <b>Laboratorio (Lab):</b> • Desarrollo del tema - 2 horas	5
3	1. Operación de la máquina síncrona. 2. Condición de operación en estado estacionario. 3. Estabilidad en sistemas eléctricos de potencia. <b>Laboratorio (Lab):</b> 1. Método de interconexión de dos redes eléctricas.	Reconoce los fundamentos de la operación de una máquina síncrona.  Ejecuta el método de interconexión de dos redes eléctricas con el programa de simulación eléctrica DigSilent.	<b>Lectivas (L):</b> • Introducción al tema - 1 horas • Desarrollo del tema - 2 horas  <b>Laboratorio (Lab):</b> • Desarrollo del tema - 2 horas	5



UNIDAD II: REPRESENTACIÓN DE LA MÁQUINA SÍNCRONA Y ESTABILIDAD DE PEQUEÑA SEÑAL				
CAPACIDAD: Aplica el análisis de espacios de estado y de estabilidad de gran señal.				
SEMANA	CONTENIDOS CONCEPTUALES	CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE	TOTAL HORAS
4	1. Representación de la máquina síncrona en estudios de estabilidad. <b>Laboratorio (Lab):</b> 1. Método para calcular el equivalente Thevenin de una parte de la red eléctrica.	Utiliza la representación de la máquina síncrona en estudios de estabilidad.  Analiza los tipos de reducción de redes eléctricas.  Ejecuta el método para calcular el equivalente Thevenin de una parte de la red eléctrica.	<b>Lectivas (L):</b> • Introducción al tema - 1 horas • Desarrollo del tema - 2 horas  <b>Laboratorio (Lab):</b> • Desarrollo del tema - 2 horas	5
5	1. Representación de transformadores, líneas de transmisión, cargas, motores y equipos automáticos de compensación reactiva. <b>Laboratorio (Lab):</b> 1. Definir una interconexión eléctrica e importar datos de una red externa.	Utiliza la representación de transformadores, líneas de transmisión, cargas, motores y equipos automáticos de compensación reactiva.  Deriva una interconexión eléctrica e importar datos de una red externa.	<b>Lectivas (L):</b> • Introducción al tema - 1 horas • Desarrollo del tema - 2 horas  <b>Laboratorio (Lab):</b> • Desarrollo del tema - 2 horas	5
6	1. El problema de las oscilaciones de baja frecuencia. Definición de modos locales, interárea, interplanta y modos de control. <b>Laboratorio (Lab):</b> 1. Cálculo de cortocircuito. Ejemplos.	Soluciona el problema de las oscilaciones de baja frecuencia y los modos locales interárea, interplanta y modos de control.  Efectúa el cálculo de cortocircuito.	<b>Lectivas (L):</b> • Introducción al tema - 1 horas • Desarrollo del tema - 2 horas  <b>Laboratorio (Lab):</b> • Desarrollo del tema - 2 horas	5
7	1. Estabilidad de estado estable, pequeños disturbios. Ecuación de oscilación de la máquina. Torque sincronizante y torque amortiguante. <b>Laboratorio (Lab):</b> 1. Modelo de torres para líneas de transmisión. Ejemplos.	Utiliza la ecuación de oscilación de la máquina y aplica el torque sincronizante y torque amortiguante.  Resuelve el modelo torres para líneas de transmisión.	<b>Lectivas (L):</b> • Introducción al tema - 1 horas • Desarrollo del tema - 2 horas  <b>Laboratorio (Lab):</b> • Desarrollo del tema - 2 horas	5
8	<b>EXAMEN PARCIAL</b>			



UNIDAD III: ESPACIOS DE ESTADO Y ESTABILIDAD DE GRAN SEÑAL				
CAPACIDAD: Reconoce los principios fundamentales y la estática de partículas				
SEMANA	CONTENIDOS CONCEPTUALES	CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE	TOTAL HORAS
9	1. Método de ecuaciones diferenciales, método de espacios de estado, método de Laplace, eigenvalores, diagramas de bloque. <b>Laboratorio (Lab):</b> 1. Simulación de cortocircuitos y determinación del tiempo crítico de despeje de falla.	Utiliza el método de ecuaciones diferenciales, método de espacios de estado, método de Laplace, eigenvalores y diagramas de bloque.  Resuelve el modelo torres para líneas de transmisión	<b>Lectivas (L):</b> • Introducción al tema - 1 horas • Desarrollo del tema - 2 horas  <b>Laboratorio (Lab):</b> • Desarrollo del tema - 2 horas	5
10	1. Conceptos y métodos de análisis directos de la estabilidad transitoria. <b>Laboratorio (Lab):</b> 1. Simulación de estabilidad de gran señal y análisis modal.	Utiliza los conceptos y métodos de análisis directos de la estabilidad transitoria.  Desarrolla la simulación de estabilidad de gran señal y análisis Modal.	<b>Lectivas (L):</b> • Introducción al tema - 1 horas • Desarrollo del tema - 2 horas  <b>Laboratorio (Lab):</b> • Desarrollo del tema - 2 horas	5
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 <b>Laboratorio (Lab):</b> 1. Modelado del sistema de excitación de una máquina síncrona en DisSilent.	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.  Resuelve el modelo del sistema de excitación de una máquina síncrona en DigSilent.	<b>Lectivas (L):</b> • Introducción al tema - 1 horas • Desarrollo del tema - 2 horas  <b>Laboratorio (Lab):</b> • Desarrollo del tema - 2 horas	5
12	1. Ecuaciones del sistema multimáquina (modelo clásico) y análisis de caso de estudio. <b>Laboratorio (Lab):</b> 1. Control de potencia activa de un generador síncrono.	Utiliza las ecuaciones del sistema multimáquina (modelo clásico).  Resuelve el control de potencia activa de un generador síncrono.	<b>Lectivas (L):</b> • Introducción al tema - 1 horas • Desarrollo del tema - 2 horas  <b>Laboratorio (Lab):</b> • Desarrollo del tema - 2 horas	5



UNIDAD IV: ESTABILIDAD DE TENSION Y ESTABILIDAD DE FRECUENCIA				
CAPACIDAD: Estudia los conceptos de estabilidad de tensión y la estabilidad de frecuencia				
SEMANA	CONTENIDOS CONCEPTUALES	CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE	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. <b>Laboratorio (Lab):</b> 1. Presentación del modelo de curvas P-V y Q-V.	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.  Desarrolla el modelo de curvas P-V y Q-V en DigSilent.	<b>Lectivas (L):</b> • Introducción al tema - 1 horas • Desarrollo del tema - 2 horas  <b>Laboratorio (Lab):</b> • Desarrollo del tema - 2 horas	6
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. <b>Laboratorio (Lab):</b> 1. Modelado del regulador de velocidad - Análisis utilizando MATLAB.	Soluciona el problema del control de la frecuencia, regulación primaria y secundaria, los esquemas de rechazo automático de carga por mínima frecuencia y esquemas de desconexión automática de generación por sobrefrecuencia en el SEIN.  Aplica el Resuelve el modelado del regulador de velocidad en MATLAB.	<b>Lectivas (L):</b> • Introducción al tema - 1 horas • Desarrollo del tema - 2 horas  <b>Laboratorio (Lab):</b> • Desarrollo del tema - 2 horas	6
15	1. Presentación de los diferentes métodos para mejorar la estabilidad de estado estacionario y transitorio. <b>Laboratorio (Lab):</b> 1. Control de potencia reactiva de una máquina síncrona.	Utiliza los diferentes métodos para mejorar la estabilidad de estado estacionario y transitorio.  Resuelve el control de potencia reactiva de una máquina síncrona en DigSilent.	<b>Lectivas (L):</b> • Introducción al tema - 1 horas • Desarrollo del tema - 2 horas  <b>Laboratorio (Lab):</b> • Desarrollo del tema - 2 horas	6
16	<b>EXAMEN FINAL</b>			
17	<b>EXAMEN SUSTITUTORIO</b>			



## V. ESTRATEGIAS DIDACTICAS

- Método Expositivo - Interactivo. Disertación docente, participación activa del estudiante.
- Método de Discusión Guiada. Conducción del grupo para abordar situaciones y llegar a conclusiones.
- Método de Demostración - Ejecución. El docente ejecuta para demostrar cómo y con qué se hace y el estudiante ejecuta, para demostrar lo que aprendió.

## VI. RECURSOS Y MATERIALES

- Equipos: Computadora personal para el profesor, ecran y proyector de multimedia.
- Diapositivas en Power Point.
- Materiales: Guía de clases.
- Pizarra y plumones de colores.

## VII. EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

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

$$\text{Promedio Final del Curso} = \frac{EP + 2 * EF + PL}{4}$$

EP = Examen Parcial

EF = Examen Final

PL = Promedio Laboratorio

Observaciones:

1. La nota mínima aprobatoria de la asignatura es 10.5
2. 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.
3. La asistencia es obligatoria para la evaluación del alumno, puesto que con el 30% de inasistencias el alumno tendrá como calificativo NSP.

## VIII. FUENTES DE CONSULTA

### Bibliográficas

Machowski, Jan, Bialek, Janusz & Bumby, James. (2008). Power Systems Dynamis Stability and Control. 2<sup>da</sup> ed. Gran Bretaña: John Willey & Sons Ltd.

Kundur, Prabha. (1994). Power Systems Stabilityand Control. 1<sup>ra</sup> ed. Estados Unidos: McGraw-Hill, Inc.

Saadat, Hadi. (2004). Power Systems Analysis. 2<sup>da</sup> ed. Singapore: McGraw-Hill, Inc.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRICA**

Murty, P. (2011). Operation and Control in Power Systems. 2<sup>da</sup> ed. India: BS Publications.

Gomez, Exposito y otros. (2002). Análisis y Operación de Sistemas de Energía Eléctrica. 1<sup>ra</sup> ed. España: McGraw-Hill, Inc.

Monticelli, A. (1999). State Estimation in Electric Power Systems, A Generalized Approach. 1<sup>ra</sup> ed. Estados Unidos: Kluwer Academic Publishers.

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

Anderson, P., Fouad, A. (2003). Power Systems Control and Stability. 2<sup>da</sup> ed. Estados Unidos: John Wiley & Sons Ltd.