

## EL 32D ANALISIS Y MODELACION DE SISTEMAS DINAMICOS

10 U.D.

**REQUISITOS:** EL 31A y MA 34A

DH: (4-2-4)

**CARACTER:** Obligatorio de la Carrera de Ingeniería Civil Electricista

### OBJETIVOS:

- a) Comprender los fundamentos de la teoría de sistemas y de su modelación.
- b) Aplicar métodos y técnicas básicas de modelación de sistemas.
- c) Aplicar métodos y técnicas de análisis de sistemas dinámicos, tanto de tiempo continuo como discreto, para determinar su comportamiento ante estímulos determinísticos y estocásticos.

### Específicos:

- a) Obtener modelos matemáticos de diferentes procesos físicos característicos de distintas ramas de la ingeniería.
- b) Formular y resolver sistemas en variables de estado y de entrada-salida, tanto para sistemas de tiempo continuo y discreto, como en ambientes determinísticos y estocásticos.
- c) Estudiar estabilidad, controlabilidad y observabilidad de sistemas dinámicos.

### CONTENIDOS:

### Horas de Clases

#### **1. Introducción**

**4,0**

Conceptos básicos de la teoría de sistemas. Clasificación de sistemas.  
Modelación y clasificación de modelos.

#### **2. Modelación de Sistemas**

**8,0**

Métodos de modelación. Leyes de conservación.  
Principio de mínima acción. Ejemplos de aplicación. Analogías y aplicaciones.  
Aspectos generales de identificación. Linealización de sistemas.  
Linealización de sistemas en torno a un punto y a una trayectoria.

- 3. Fundamentos de la Teoría de Sistemas 8,0**
- Nociones básicas de sistemas. Notación y definiciones.  
Propiedades y conceptos relativos al estado.  
Estado de un sistema. Equivalencia de estados y sistemas.  
Tipos de estados y respuestas.  
Estado de interconexión de sistemas.  
Ecuaciones de estado de sistemas de tiempo continuo.  
Nociones básicas de sistemas en tiempo discreto.  
Ecuaciones de diferencia. Solución a la ecuación homogénea.  
Invariabilidad de sistemas. Nociones básicas y concepto de invariabilidad.  
Propiedades y pruebas de invariancia en el tiempo.  
Linealidad de sistemas. Definición de linealidad y propiedades básicas.  
Pruebas de linealidad.
- 4. Análisis de Sistemas Lineales de Tiempo Continuo 8,0**
- Respuesta a entrada cero, funciones base y matriz de transición de estado.  
Respuesta a estado cero y respuesta al impulso. Función de transferencia (Transformada bilateral de Laplace Formulación de sistemas diferenciales en ecuaciones de estado.  
Elección y transformación de estados. Resolución de ecuaciones de estado.  
Formas canónicas del estado.  
Determinación del Sistema Diferencial a partir de las ecuaciones de estado.
- 5. Análisis Sistemas Lineales de Tiempo Discreto 8,0**
- Respuesta a entrada cero, series base y matriz de transición de estado.  
Respuesta a estado cero y respuesta al pulso.  
Transformada Z de sucesiones de muestras de señales.  
Definición y propiedades. Relación entre la transformada Z y la de Laplace.  
Transformada Z de funciones discretas simples.  
Operador retardo y su relación con el operador z.  
Aplicación a la resolución de ecuaciones de diferencia.  
Suma de convolución y función de transferencia discreta o de pulso.  
Formulación de ecuaciones de diferencia en ecuaciones de estado.  
Elección y transformación de estados.  
Resolución de ecuaciones de estado discretas.  
Formas canónicas del estado.  
Determinación de la ecuaciones de diferencia a partir de las ecuaciones de estado.
- 6. Controlabilidad Observabilidad y Estabilidad de Sistemas 8,0**
- Controlabilidad de Sistemas. Definición de controlabilidad para sistemas de tiempo discreto. Estados controlables y no controlables. Extensión del concepto a sistemas de tiempo continuo. Criterios de controlabilidad.  
Observabilidad de Sistemas. Definición de observabilidad de sistemas de tiempo discreto. Estados observables y no observables.  
Extensión del concepto a sistemas de tiempo continuo.

Criterios de observabilidad. Estabilidad de Sistemas.  
Definición de estabilidad según Lyapunov. Estabilidad de sistemas lineales invariantes en el tiempo (Criterio de Routh-Hurwitz).  
Primer método de Lyapunov. Funciones de Lyapunov.  
Segundo método de Lyapunov (Método directo).

## **7. Análisis de Sistemas Lineales con Entradas 16 Estocásticas**

**8,0**

Repaso de variables aleatorias y procesos estocásticos  
Procesos estocásticos de tiempo discreto.  
Sistemas lineales con entradas estocásticas en sistema de tiempo continuo y discreto. Funciones de autocorrelación y de correlación cruzada.  
Relaciones entre funciones de correlación y aspectos de potencia de las señales de entrada, salida y la función de transferencia del sistema.  
Teorema de Wiener - Jinchin. Introducción a la estimación lineal cuadrática media. Introducción al Filtro de Kalman en versiones de tiempo continuo y discreto.

### **ACTIVIDADES:**

Se entregarán problemas clase a clase y tareas computacionales de simulación.

### **EVALUACION:**

Se realizarán 2 a 3 controles y 3 a 4 ejercicios, además de los exámenes correspondientes.

### **BIBLIOGRAFIA:**

- CANALES, R. Y BARRERA, R., Análisis de Sistemas Dinámicos y Control Automático. México: Limusa, 1977.
- FREEMAN, H. (1965), Discrete-Time Systems. New York, NY: John Wiley,.
- JURY, E.I., Sampled-Data Control Systems. New York, NY: John Wiley, 1958.
- OGATA, K.O., State Space Analysis of Control Systems. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1967.
- PAPOULIS, A., Probability, Random Variables, and Stochastic Processes. New York, NY: McGraw-Hill, 2 Ed., 1984.
- SAUCEDO, R. Y SCHIRING, E.E., Introduction to Continuous and Digital Control. New York, NY: Mac Millan, 1968.
- TAKAHASHI, Y.; RABINS, M.J. Y AUSLANDER, D.M., Control and Dynamics Systems. Reading, MA: Addison Wesley, 1970.

VÁSQUEZ, G., Introducción a la Teoría de Probabilidades y Variables Aleatorias. Santiago: Depto. de Ingeniería Eléctrica, U. de Chile, Publicación T(P)/1, 1982.

WIBERG, D. M., Espacio de Estado y Sistemas Lineales. Compendios Schaum, Mac Graw-Hill.

ZADEH, L.A. Y DESOER, C.A., Linear System Theory, New York, NY: Mac Graw-Hill, 1963.

### **RESUMEN DE CONTENIDOS:**

Modelación de sistemas. Fundamentos de la teoría de sistemas. Análisis de sistemas lineales de tiempo continuo. Análisis de sistemas lineales de tiempo discreto. Controlabilidad, observabilidad y estabilidad de sistemas. Análisis de sistemas lineales con entradas estocásticas.