

1) Nombre de la asignatura: **Sistemas Lineales 1**

2) Créditos: 13

3) Objetivos de la asignatura:

**Generales:**

En líneas generales, se pretende

- dotar al alumno de las herramientas básicas para el modelado y el estudio de circuitos lineales, con especial énfasis en los circuitos funcionando en régimen permanente,
- vincular la formación básica en física y matemática con los fundamentos de la Ingeniería Eléctrica,
- introducir la doble representación tiempo-frecuencia para señales y circuitos,
- introducir los diagramas de Bode para representar la respuesta en frecuencia de un sistema lineal,
- desarrollar en el estudiante la intuición referida al funcionamiento de un circuito lineal funcionando en régimen permanente, incluyendo la idea de filtrado,
- introducir al alumno en los aspectos vinculados con los conceptos de potencia instantánea y potencia media y los aspectos relacionados, focalizando en los sistemas eléctricos a 50 Hz,
- introducir nomenclatura técnica específica de Ingeniería Eléctrica.

**Específicos:**

Se pretende que al aprobar la asignatura el estudiante sea capaz de:

- modelar un sistema lineal a través del producto convolución,
- incorporar el concepto de *impulso* o Delta de Dirac,
- caracterizar un sistema lineal a través de su respuesta al impulso,
- analizar un circuito lineal funcionando en régimen sinusoidal, utilizando el análisis fasorial, identificando rápidamente las ecuaciones claves del circuito,
- comprender las ventajas y las limitaciones del análisis fasorial,
- calcular y comprender la información espectral de una señal,
- dominar las herramientas de pasaje de señales del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia,
- comprender el concepto de respuesta en frecuencia de un circuito lineal y las ideas básicas de filtrado de una señal,
- calcular la transferencia en régimen sinusoidal de un sistema lineal y representarla gráficamente, por medio de los Diagramas de Bode,
- dominar la construcción de los Diagramas de Bode asintóticos y relacionarlos con los reales,
- leer e interpretar correctamente la información contenida en los Diagramas de Bode,
- describir cualitativa y cuantitativamente la salida en régimen de un sistema lineal con excitación periódica, no necesariamente sinusoidal,
- comprender los conceptos de potencia activa, reactiva y aparente,
- manejar fluidamente transformadores funcionando en régimen sinusoidal,
- entender los conceptos básicos de los sistemas polifásicos, con particular énfasis en los sistemas trifásicos,
- poder describir conceptos técnicos importantes como *ancho de banda*, *impedancia*, *potencia activa* o *frecuencia de corte* en un lenguaje *técnico-coloquial*,
- comprender que la matemática y la física brindan un soporte básico a las distintas áreas de la ingeniería eléctrica, reconociendo el necesario compromiso entre la formalidad matemática y la resolución práctica de problemas de ingeniería,

## **Objetivos de la ganancia de curso**

Desde un punto de vista directamente relacionado con los objetivos de la asignatura, un alumno que aprueba el curso de la asignatura está en condiciones de aprovechar cursos posteriores o rendir el examen con posibilidades de éxito si:

- conoce las componentes básicas de un circuito lineal y pueden plantear sus ecuaciones básicas de funcionamiento, a través de las Leyes de Kirchoff y los métodos de nudos o mallas.
- puede resolver un circuito lineal funcionando en régimen sinusoidal.
- maneja la definición de transferencia en régimen sinusoidal de un circuito lineal.
- adquiere un lenguaje “ingenieril coloquial” (sabe, al menos mínimamente, qué quieren decir cosas como “ancho de banda”, “espectro”, “potencia activa y reactiva”, “respuesta en régimen”, etc.).
- entiende la descripción dual tiempo-frecuencia para una señal y puede moverse con relativa fluidez entre el dominio del tiempo y el de la frecuencia a través del uso de las herramientas presentadas en el curso (Fasores, Series de Fourier, Transformada de Fourier, Diagramas de Bode).
- conoce las definiciones y propiedades básicas de estas herramientas.
- maneja las ideas básicas de los sistemas trifásicos equilibrados, principalmente la noción de potencia activa, reactiva y aparente y el concepto de circuito equivalente monofásico.
- sabe compensar la potencia reactiva consumida por una impedancia.

4) **Metodología de Enseñanza:** Se dictarán semanalmente cuatro horas de clases teóricas y una clase de ejercicios de dos horas por semana. Habrá consultas y un foro virtual de discusión. Se presentarán charlas sobre distintas áreas de aplicación de los conocimientos del curso, a cargo de ingenieros invitados. Se destinarán horas de teórico como repaso previo a las pruebas parciales.

5) **Temario:**

### **1. Circuitos Resistivos (5 horas)**

Elementos de un circuito; leyes de Kirchoff; descripción a través de ecuaciones diferenciales; respuesta de un circuito de primer orden a una entrada constante y una entrada sinusoidal; respuesta transitoria, respuesta permanente, dependencia con la frecuencia de trabajo.

### **2. Distribuciones (6 horas)**

Principales definiciones; ejemplos; funciones generalizadas; Delta de Dirac; propiedades de distribuciones; derivada de una distribución; sucesiones y series de distribuciones.

### **3. Producto tensorial y producto convolución (6 horas)**

Producto tensorial: definición, propiedades, ejemplos; producto convolución: definición, propiedades, ejemplos; convolución de funciones; álgebra de convolución; sistema lineal invariante en el tiempo y causal: definición, modelado usando el producto convolución; respuesta al impulso de un sistema lineal.

### **4. Series de Fourier (5 horas)**

Repaso de Series de Fourier de funciones; valor eficaz de una señal periódica; espectro; Teorema de Parseval; Series de Fourier de distribuciones periódicas: definición, cálculo, convergencia.

### **5. Circuitos en régimen sinusoidal (8 horas)**

Característica de la función sinusoidal; circuitos con excitación sinusoidal; concepto de fasor; equivalente en fasores de un circuito lineal; definición de impedancia; función de transferencia en régimen sinusoidal; relación entre el módulo y la fase de la función de transferencia y la respuesta en régimen; relevamiento experimental de la función de transferencia; concepto de filtrado; concepto de potencia instantánea, activa, reactiva y aparente; medida de la potencia; factor de potencia; máxima potencia extraída a una fuente real; transformadores en régimen sinusoidal ; compensación de potencia reactiva.

## 6. Diagramas de Bode (8 horas)

Repaso de logaritmos y escalas logarítmicas; definición de decibel; definición de los diagramas de Bode; construcción de los diagramas asintóticos; ejemplos; distancias entre el diagrama real y el asintótico de módulo para un sistema de primer orden; sistemas de segundo orden: frecuencia natural, factor de amortiguamiento; ejemplos de aplicación: relevamiento experimental de la transferencia en régimen, compensación para incrementar el ancho de banda. Distorsión: lineal (de módulo y de fase), no lineal (armónica, intermodulación).

## 7. Transformada de Fourier (8 horas)

Transformada de Fourier de funciones: definición, propiedades, ejemplos, espectro; antritransformada de Fourier; Teorema de Parseval; transformada de Fourier de distribuciones: definición, propiedades, ejemplos; Aplicaciones: modulación AM, Teorema de muestreo; relación entre la respuesta al impulso, la respuesta en régimen y la transformada de Fourier de la respuesta al impulso.

## 8. Sistemas polifásicos (4 horas)

Principales definiciones: sistemas equilibrados perfectos, tensiones compuestas y de fase, corrientes de línea y de fase, cargas en estrella, cargas en polígono; rol del neutro; transfiguración estrella-triángulo; equivalente monofásico; potencia trifásica; Teorema de Blondell; método de los dos vatímetros.

## 6) Bibliografía:

*“Sistemas Lineales en Régimen Permanente”*, Juan Piquinela, Pablo Monzón (texto elaborado por los docentes de la asignatura).

*“Métodos matemáticos para las ciencias físicas”*, L. Schwartz. ISBN: 100486466620 (recomendado para los temas 2, 3, 4, 7 del programa).

*“Análisis de Circuitos en Ingeniería”* - Hayt & Kimmerly (recomendado para los temas 1, 5, 6, 8 del programa).

*“Circuitos”*, B. Carlson. ISBN: 109706860339 (recomendado para los temas 1, 4, 5, 6 del programa).

*“Electrical Network Theory”*, N. Balabanian, J. McPeck. 1969. ISBN: 10898745810 (recomendado para los temas 1, 5, 6 y 8 del programa).

*“Linear Network Analysis”* - Seschu, Balabanian (recomendado para los temas 1, 5, 6 del programa)

*“Análisis Básico de Circuitos Eléctricos”* - D. Johnson, J. Hilburn, J. Johnson, P. Scott. Prentice-Hall, 1996. ISBN 968-880-638-2 (recomendado para los temas 1, 5, 6 y 9 del programa).

## 7) Conocimientos previos exigidos y recomendados:

Cálculo diferencial e integral; álgebra lineal; ecuaciones diferenciales lineales; fundamentos de electromagnetismo; series de Fourier de funciones periódicas.

## **ANEXO**

### **Cronograma:**

1. Circuitos Resistivos: 5 horas.
2. Distribuciones: 6 horas.
3. Producto tensorial y producto convolución: 6 horas.
4. Series de Fourier: 5 horas.
5. Circuitos en régimen sinusoidal: 8 horas.
6. Diagramas de Bode: 8 horas.
7. Transformada de Fourier: 8 horas.
8. Sistemas polifásicos: 4 horas.

Las charlas invitadas se distribuirán a lo largo del curso, en función de la temática concreta de cada una de ellas y de la disponibilidad de los invitados.

### **Evaluación:**

Habrán dos pruebas parciales durante el semestre, que aportarán 100 puntos (40 en la primera y 60 en la segunda). De acuerdo a los resultados obtenidos en ambas pruebas, el estudiante podrá a) aprobar completamente la asignatura, si obtiene al menos 20 puntos en la primera prueba, al menos 36 puntos en la segunda y al menos 70 puntos en total; b) ganar el curso, si obtiene al menos 25 puntos de manera global, debiendo rendir el correspondiente examen; c) reprobado el curso, si obtiene menos de 25 puntos de manera global, debiendo recurrir a la asignatura.

El examen constará de una prueba escrita con dos partes: una de sesgo teórico y otra de sesgo práctico, con el mismo peso relativo.

### **Previaturas:**

Para Ingeniería Eléctrica.

Para el curso:

- ganancia de los cursos de las asignaturas Ecuaciones Diferenciales y Electromagnetismo;
- al menos 90 créditos aprobados en Ciencias Básicas (Matemática + Física + Química).

Para el examen: ganancia del curso de Sistemas Lineales 1.

### **Materia:**

Para Ingeniería Eléctrica: Fundamentos de Ingeniería Eléctrica