



# Planificaciones

8609 - Procesos Estocásticos

Docente responsable: ALTIERI ANDRES OSCAR

## OBJETIVOS

El objetivo de esta materia es el estudio de procesos estocásticos, en particular aquellos que surgen usualmente en el diseño de sistemas electrónicos.

Al finalizar la materia, se pretende que el estudiante:

Sea capaz de modelar una o varias señales como procesos aleatorios conjuntos;

- Pueda analizar la respuesta de sistemas lineales a excitaciones aleatorias;
- Realizar distintas operaciones sobre procesos aleatorios (integración, diferenciación, descomposición en serie).
- Tenga solvencia para plantear un experimento computacional que involucre procesos aleatorios

## CONTENIDOS MÍNIMOS

-

### PROGRAMA SINTÉTICO

1. Vectores aleatorios. Distribuciones multivariadas para variables discretas y continuas
2. Teoremas límites y convergencia de secuencias de variables aleatorias
3. Procesos estocásticos en tiempo continuo y discreto.
4. Procesos estacionarios, estacionarios en sentido amplio y ergódicos.
5. Continuidad, derivadas, e integrales de procesos aleatorios
6. Análisis y diseño de sistemas lineales excitados por procesos aleatorios
7. Problemas básicos de detección y estimación
8. Cuantización de señales en el procesamiento digital

### PROGRAMA ANALÍTICO

1. Vectores aleatorios. Distribuciones multivariadas para variables discretas y continuas
  - a) Función de distribución multivariable. Valor medio. Matriz de covarianza. Coeficiente de correlación.
  - b) Independencia entre múltiples variables
  - c) Momentos conjuntos. Función característica
  - d) Transformación de vectores aleatorios
  - e) Distribución normal multivariable.
2. Teoremas límites
  - a) Suma de variables aleatorias
  - b) Repaso de media muestral y ley de grandes números
  - c) Repaso de teorema central del límite
  - d) Convergencia de secuencia de variables aleatorias
3. Procesos estocásticos en tiempo discreto y continuo.
  - a) Definición de proceso estocástico. Clasificación: tiempo continuo y discreto, amplitud continua y discreta.
  - b) Función de distribución de las muestras temporales
  - c) Ejemplos de procesos en tiempo continuo y tiempo discreto. Procesos de Poisson. Procesos de Markov
4. Procesos estacionarios, estacionarios en sentido amplio y ergódicos.
  - a) Función de autocorrelación del proceso
  - b) Ergodicidad y promedios temporales
  - c) Definición de proceso estacionario en sentido amplio
  - d) Densidad espectral de potencia. Procesos AR
  - e) Estimadores de la autocorrelación. Periodograma
5. Continuidad, derivadas, e integrales de procesos aleatorios
  - a) Continuidad en media cuadrática
  - b) Derivadas e integrales de procesos aleatorios en media cuadrática
  - c) Procesos periódicos en media cuadrática. Descomposición en serie de Fourier
  - d) Expansión de Karhunen-Loeve
6. Análisis y diseño de sistemas lineales excitados por procesos aleatorios
  - a) Proceso de salida de un sistema lineal en tiempo discreto y continuo
  - b) Teorema de Wiener-Khinchine.

### 7. Problemas básicos de detección y estimación

- a) Problema de detección de señal en ruido. Cociente de verosimilitud
- b) Filtro adaptado
- c) Estimación lineal. Principio de ortogonalidad

### 8. Cuantización

- a) Cuantización de coeficientes en un filtro digital
- b) Efectos de redondeo. Ruido de cuantización
- c) Saturación y escalaje

## **BIBLIOGRAFÍA**

Steven Kay: "Intuitive Probability and Random Processes using MATLAB", Springer, 2005

Alberto Leon García: "Probability and Random Processes for Electrical Engineering", Addison-Wesley, 1989.

Athanasios Papoulis: "Probability, Random Variables and Stochastic Processes", Mc. Graw-Hill, 1984

Steven M. Kay-Fundamentals of Statistical Signal Processing, Volumen 1 y 2, Prentice Hall, 1998.

## **RÉGIMEN DE CURSADA**

### **Metodología de enseñanza**

La presentación general de cada tema se realizará durante la clase teórica, común a todos los estudiantes. En esa clase, se plantearán las líneas generales de cada tema y se desarrollarán los puntos principales. Cada temática deberá ser profundizada luego por el estudiante a partir de la lectura de la bibliografía sugerida.

En las clases prácticas se discutirán problemas analíticos propuestos en la guía de trabajos prácticos. También se orientará a los estudiantes para resolver los problemas de simulación en computadora propuestos en la cursada.

### **Modalidad de Evaluación Parcial**

Durante la evaluación parcial, el estudiante deberá resolver problemas analíticos, similares a los propuestos en la guía de trabajos prácticos.

## CALENDARIO DE CLASES

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
<1> 09/03 al 14/03	Introducción. Función de distribución multivariable. Independencia entre múltiples variables. Correlación entre variables. Momentos conjuntos de múltiples variables aleatorias.	Repaso de generación de variables aleatorias con distribuciones especificadas	Introducción a la simulación con Matlab.			Kay
<2> 16/03 al 21/03	Función característica. Transformación de vectores aleatorios. Distribución normal multivariable	Vectores aleatorios. Ejemplos de distribuciones discretas y continuas	Generación de vectores aleatorios. Procesos gaussianos multivariables			Kay
<3> 23/03 al 28/03	Convergencia de secuencia de variables aleatorias	Función característica. Distribución normal multivariable.				León García
<4> 30/03 al 04/04	Repaso ley de grandes números y teorema central del límite.	Convergencia de secuencias de variables aleatorias	Informe 1: Media muestral. Experimentación con teoremas límites.			León García
<5> 06/04 al 11/04	Definición de proceso aleatorio. Tiempo discreto y tiempo continuo. Función de distribución de las muestras temporales	Convergencia de secuencia de variables aleatorias. Teoremas límites				Kay
<6> 13/04 al 18/04	Ejemplos de procesos en tiempo continuo y en tiempo discreto. Procesos de Markov	Definición y ejemplos de procesos aleatorios	Simulación de procesos gaussianos		Entrega informe 1 en práctica correspondiente	Kay
<7> 20/04 al 25/04	Ejemplos de procesos en tiempo continuo y en tiempo discreto. Procesos de Poisson	Ejemplos de procesos aleatorios	Informe 2: Simulación de procesos de Poisson	Consultas		Kay
<8> 27/04 al 02/05	Función de autocorrelación del proceso. Definición de proceso estacionario	Parcial (incluye los temas hasta la semana 7)				Kay

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
	en sentido amplio. Ergodicidad y promedios temporales. Procesos cicloestacionarios					
<9> 04/05 al 09/05	Densidad espectral de potencia. Estimadores de autocorrelación. Periodograma. Estimadores de la media	Función de autocorrelación del proceso.			Entrega informe 2 en práctica correspondiente	Kay
<10> 11/05 al 16/05	Continuidad, derivada, e integral de un proceso aleatorio.	Densidad espectral de potencia	Periodograma y estimadores de la autocorrelación	Recuperación del parcial en fecha a convenir		León García
<11> 18/05 al 23/05	Proceso de salida de un sistema lineal en tiempo discreto y continuo. Teorema de Wiener-Khintchine.  Modelo de ruido blanco gaussiano. Muestreo de ruido filtrado. Procesos AR.	Continuidad, derivadas, e integrales de procesos aleatorios				Kay.
<12> 25/05 al 30/05	Periodicidad en media cuadrática. Serie de Fourier. Expansión de Karhunen-Loeve	Análisis de la salida de un sistema LTI excitado por proceso aleatorio	Informe 3: Análisis de sistemas LTI con entradas aleatorias			Kay y León García
<13> 01/06 al 06/06	Detección de señal en ruido. Cociente de verosimilitud. Filtro adaptado.	Serie de Fourier y expansión KL				Kay
<14> 08/06 al 13/06	Estimación lineal. Principio de ortogonalidad. Filtro óptimo para problemas de suavizado. Deducción de las ecuaciones de Yule-Walker	Filtro adaptado. Detección y filtro adaptado			Entrega informe 3 en práctica correspondiente	Kay
<15> 15/06 al 20/06	Cuantización. Ruido de cuantización por	Estimación lineal	Informe 4: Detección de señales en ruido			Proakis & Manolakis

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
	truncamiento y por redondeo. Problemas de escalaje. Distribución del ruido de cuantización. Tratamiento en la implementación de un sistema LTI.					
<16> 22/06 al 27/06	Repaso	Problemas de cuantización		Consultas	Entrega informe 4 en práctica correspondiente	

## CALENDARIO DE EVALUACIONES

### Evaluación Parcial

Oportunidad	Semana	Fecha	Hora	Aula
1º	10	14/10	13:00	
2º	13	05/11	13:00	
3º	16	26/12	13:00	
4º		25/06	19:00	
Otras observaciones				
La primera oportunidad coincidirá con la clase teórica. Para las otras fechas se coordinará oportunamente.				