



Ministerio de Cultura y Educación  
Universidad Nacional de San Luis  
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales  
Departamento: Electrónica  
Area: Electrónica

(Programa del año 2021)

### I - Oferta Académica

| Materia               | Carrera         | Plan  | Año  | Período         |
|-----------------------|-----------------|-------|------|-----------------|
| COMUNICACION DE DATOS | ING. EN COMPUT. | 28/12 | 2021 | 1° cuatrimestre |

### II - Equipo Docente

| Docente                        | Función              | Cargo      | Dedicación |
|--------------------------------|----------------------|------------|------------|
| CALDERON RIVERO, SERGIO DANIEL | Prof. Responsable    | P.Adj Simp | 10 Hs      |
| GERAIGES MAGRINI, ALEJANDRO MA | Auxiliar de Práctico | A.1ra Semi | 20 Hs      |

### III - Características del Curso

| Credito Horario Semanal |          |                   |                                       |       |
|-------------------------|----------|-------------------|---------------------------------------|-------|
| Teórico/Práctico        | Teóricas | Prácticas de Aula | Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc. | Total |
| Hs                      | 4 Hs     | Hs                | 2 Hs                                  | 6 Hs  |

| Tipificación                     | Periodo         |
|----------------------------------|-----------------|
| C - Teoría con prácticas de aula | 1° Cuatrimestre |

| Duración   |            |                     |                   |
|------------|------------|---------------------|-------------------|
| Desde      | Hasta      | Cantidad de Semanas | Cantidad de Horas |
| 05/04/2021 | 08/07/2021 | 14                  | 90                |

### IV - Fundamentación

Los futuros ingenieros, deben contar con herramientas y conocimientos modernos sobre los sistemas de comunicaciones, dado el impacto que estos últimos tienen en el desarrollo de la industria, los servicios y el quehacer cotidiano de las personas. Además, la innovación tecnológica y la acelerada convergencia entre las comunicaciones y las tecnologías de la información, hacen de este curso un elemento clave para la formación integral de los futuros ingenieros y su preparación para enfrentar el mercado laboral. La finalidad de este curso es que el alumno adquiera conocimientos integrales sobre el vasto sector de las comunicaciones.

### V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

El principal objetivo del curso es que el alumno aprenda los conceptos básicos de la teoría de las comunicaciones, desarrolle experiencias prácticas y de simulación, resuelva problemas habituales en la especialidad y se interiorice del estado del arte de los actuales sistemas de comunicaciones. Al finalizar el curso el alumno debe ser capaz de entender:

- Los principios básicos del tratamiento de señales y sistemas, en sus formas continuas y discretas, a través del análisis de Fourier, en el dominio del tiempo y de la frecuencia.
- Los conceptos básicos de un sistema de comunicación, sus componentes, su modelización y las variables que lo apartan del sistema ideal.
- Los métodos de modulación y demodulación, tanto de onda continua (comunicaciones analógicas) como de pulsos, esta última en su versión analógica y digital.
- La transmisión de las señales en banda-base y en pasa-banda, conjuntamente con las técnicas de multiplexación.
- Las nuevas técnicas de modulación-demodulación y transmisión, como el caso de las técnicas de espectro expandido.
- Conocer los sistemas de comunicaciones en su concepto básico, y sus principios de funcionamiento.

## VI - Contenidos

### **BOLILLA 1: Introducción a la Teoría de las Comunicaciones**

Breve historia de las comunicaciones. Proceso de comunicación. Elementos de un sistema de comunicación. Diferentes tipos de fuentes de información. Diferentes tipos de canales de comunicaciones. Radio definida por software (SDR, Software Defined Radio), Tecnologías relacionadas con radio definida por software. Señales de banda-base y pasa-banda. Representación de señales y sistemas; análisis de Fourier. Consideraciones probabilísticas. El proceso de modulación; porque se modula; tipos de modulación. Recursos primarios en comunicaciones; potencia y ancho de banda.

### **BOLILLA 2: Análisis Espectral. Representación de Señales y Sistemas**

Sistemas de corriente alterna y redes; funciones de transferencia y respuesta en frecuencia. Transformada de Fourier; espectro continuo; pulso rectangular; pulso exponencial. Propiedades de la transformada de Fourier; linealidad; cambio de escala; dualidad; retardo en el tiempo; traslación en frecuencia; área bajo  $g(t)$ ; área bajo  $G(f)$ . Relación inversa entre tiempo y frecuencia; ancho de banda; producto tiempo-ancho de banda. Función delta de Dirac; aplicaciones de la función delta de Dirac. Transformada de Fourier de señales periódicas. Filtros. Transformada de Hilbert; propiedades de la transformada de Hilbert. Pre-envolvente. Representación canónica de señales pasa-banda. Problemas.

### **BOLILLA 3: Modulación y Demodulación Analógica.**

Introducción. Modulación de amplitud (AM). Virtudes y limitaciones de la modulación de amplitud. Esquemas de modulación lineal. Modulación de doble banda lateral con portadora suprimida (DSB-SC); modulador de anillo; detección coherente; receptor Costas; multiplexación de portadora en cuadratura; Modulación de banda lateral única (SSB); Modulación de banda vestigial (VSB). Traslación en frecuencia. Multiplexación por división de frecuencia (FDM). Modulación angular; definiciones básicas. Modulación de frecuencia (FM); modulación de frecuencia de banda angosta; ancho de banda de transmisión de señales FM; generación de señales FM; demodulación de señales FM. Receptor superheterodino. Problemas.

### **BOLILLA 4: Modulación y Demodulación Digital.**

Introducción. Proceso de muestreo; teorema del muestreo; filtro pasa-bajo anti-aliasing. Modulación de amplitud de pulso (PAM). Otros tipos de modulación; modulación por duración de pulso (PDM); modulación por posición de pulso (PPM); Generación de una onda binaria PCM. Proceso de cuantización; cuantizador uniforme y no uniforme; características del cuantizador; ruido de cuantización. Modulación por codificación de pulsos (PCM); muestreo; cuantización no uniforme; Ley A y Ley u; codificación; códigos de línea; codificación diferencial; regeneración; decodificación; filtrado. Consideraciones de ruido en sistemas PCM; ruido de canal; ruido de cuantización; umbral de error. Multiplexación por división de tiempo (TDM); sincronización; sistemas T1 y E1 – Recomendación UIT-T G.711. Multiplexación digital. Virtudes, limitaciones y modificaciones de PCM. PCM de modulación delta; transmisor y receptor con modulación delta; sobrecarga de pendiente; ruido granular. Transmisión de pulsos. Problemas.

### **BOLILLA 5: Transmisión Digital en Banda-Base.**

Introducción. Comunicaciones digitales. Transmisión digital en banda-base. Líneas digitales de abonados; Códigos de línea para DSL; Línea digitales de abonados asimétricas; Síntesis de tipos de DSL. Transmisión de pulsos; interferencia inter-símbolos; diafonía. Patrones de ojos; relación con la interferencia inter-símbolos. Problemas.

### **BOLILLA 6: Transmisión Digital en Pasa-Banda.**

Comunicaciones digitales. Radio digital. Señalización pasabanda modulada binaria. Modulación digital de amplitud; modulación por manipulación encendido-apagado (OOK). Manipulación por desplazamiento de frecuencia (FSK); Tasa de bits FSK y baudios; transmisor FSK; ancho de banda en FSK; receptor FSK. Manipulación por desplazamiento de fase (PSK) genérica. Manipulación por desplazamiento binario de fase (BPSK); transmisor BPSK; consideraciones de ancho de banda en BPSK; receptor BPSK; codificación M-ária. Manipulación por desplazamiento cuaternario de fase (QPSK); transmisor QPSK; consideraciones de ancho de banda con QPSK; receptor QPSK. PSK de 8 fases; transmisor 8-PSK; consideraciones de ancho de banda con 8-PSK; receptor 8-PSK. Modulación de amplitud en cuadratura (QAM); ocho QAM; transmisor 8-QAM; consideraciones de ancho de banda con 8-QAM; receptor 8-QAM. Recuperación de portadora; lazo cuadrático, lazo de Costas; remodulador. Recuperación de reloj. Problemas.

### **BOLILLA 7: Modulación Spread-Spectrum.**

Introducción. Secuencias de pseudo ruido (PN); propiedades; selección de una secuencia de longitud máxima. Espectro

expandido; modelo idealizado; transmisor, canal y receptor; interferencia aditiva; sincronización. Espectro expandido de secuencia directa (DSSS), con BPSK coherente (DS/BPSK); sincronización; ganancia de procesamiento. Espectro expandido de salto de frecuencia (FHSS); salto de frecuencia lento (SFH); salto de frecuencia rápido (FFH). Formas de onda interferente. Multiplexación por división de código (CDM). Problemas.

#### **BOLILLA 8: Medios No Guiados. Espectro Radioeléctrico. Propagación. Pérdidas. Diversidad. Antenas**

Conceptos prácticos de propagación; ecuaciones fundamentales; polarización; absorción; reflexión, difracción y dispersión; pérdidas y atenuación en el espacio libre; radios de Fresnel; interferencias; desvanecimientos de las señales. Conceptos de diversidad en enlaces inalámbricos. Tipos y características de antenas; patrones de radiación.

#### **BOLILLA 9: Enlaces Inalámbricos Punto a Punto. Cálculos**

Tipos y características de enlaces inalámbricos punto a punto. Radioenlaces; equipos y accesorios de estaciones radioeléctricas; repetidores; sistemas de protección. Parámetros y cálculos de presupuesto de enlace; atribución de bandas. Software libre para cálculos de enlace. Enlaces satelitales; tipos de órbitas; leyes fundamentales; azimut y ángulo de elevación; satélites GEO, MEO y LEO; tipos y patrones de radiación de antenas satelitales. Parámetros y cálculos de presupuesto de enlace.

#### **BOLILLA 10: Enlaces Inalámbricos Punto Multi-Punto**

Tipos y características de enlaces inalámbricos punto multi-punto; topologías, problemas de nodos y atribución de bandas; WPAN, WLAN, WMAN, WAN, IoT; principales protocolos, tipos de modulaciones y tendencias. Familia de Protocolos IEEE 802.x.

### **VII - Plan de Trabajos Prácticos**

Los trabajos prácticos propuestos son ocho(8) en total, con contenidos destinados a simulación en software específico y laboratorios.

Practica 1: Señales y sistemas (simulación).

Practica 2: Modulación en amplitud (simulación).

Practica 3: Modulación en frecuencia (simulación).

Practica 4: Modulación y demodulación digital (simulación).

Practica 5: Transmisión digital en banda base (simulación).

Practica 6: Transmisión digital pasa banda (simulación).

Practica 7: Medios no guiados. Propagación, pérdidas y diversidad (simulación).

Practica 8: Enlaces punto a punto (simulación).

### **VIII - Regimen de Aprobación**

Para obtener la regularidad y poder rendir el examen final como alumno regular será necesario:

- Haber aprobado la totalidad de los exámenes parciales. Con más de 7 puntos cada uno.
- Cada examen parcial tendrá dos recuperaciones.
- Haber aprobado el 100% de los Trabajos Prácticos. Con más de 7 puntos cada uno.
- Cada Trabajo Práctico podrá ser recuperado una sola vez pero el total de recuperaciones no podrá exceder el 30% de los trabajos prácticos, caso contrario el alumno quedará libre.

#### **TRABAJOS PRÁCTICOS**

Para la aprobación de cada uno de los Trabajos Prácticos será necesario:

- a) Haber realizado satisfactoriamente el práctico.
- b) Haber aprobado un breve cuestionario, previo al desarrollo de cada Trabajo Práctico (responder correctamente un mínimo de 2/3 partes del mismo). Esta es condición para poder desarrollar el Trabajo Práctico.
- c) Aprobar el informe, ya sea de resolución de problemas como de laboratorio.

### **IX - Bibliografía Básica**

[1] Communication Systems – Simon Haykin – 4° Edition – Editorial John Wiley & Sons. Año 2000.

[2] Sistemas de Comunicaciones Electrónicas – Wayne Tomasi – 4° Edición – Editorial Prentice Hall. Año 2003.

- [3] Introducción al Cálculo de Radioenlaces –Pedro E. Danizio –1° Edición -2004 –Editorial Universitas.  
[4] Comunicaciones y Redes de Computadoras –William Stallings - 7°Edición–2004 –Editorial Pearson.  
[5] [5] Apuntes de la Cátedra.

## X - Bibliografía Complementaria

- [1] Communication Systems – Simon Haykin – 3° Edition – Editorial John Wiley & Sons. Año 1994.  
[2] Sistemas de Comunicación – Bruce Carlson – 2° Edición – Editorial McGraw-Hill.  
[3] Digital Communications – John G. Proakis – 4° Edition – Editorial McGraw Hill.  
[4] Señales y sistemas – A.V. Oppenheim y A.S. Willsky – 2° Edición – Editorial Prentice Hall Hispanoamericana. Año 1994.  
[5] Comunicaciones: Comunicación digital y Ruido – Enrique Herrera Pérez – Editorial LIMUSA. Año 2002.  
[6] Sistemas de Comunicaciones – Marcos Faundez Zanuy – Editorial MARCOMBO. Año 2001.

## XI - Resumen de Objetivos

El principal objetivo del curso es que el futuro ingeniero, aprenda los conceptos básicos de la teoría de las comunicaciones, desarrolle experiencias prácticas y de simulación, resuelva problemas habituales en la especialidad y se interiorice del estado del arte de los actuales sistemas de comunicaciones

## XII - Resumen del Programa

### BOLILLA 1: Introducción a la Teoría de las Comunicaciones

Elementos de un sistema de comunicación. Diferentes tipos de fuentes de información. Representación de señales y sistemas; análisis de Fourier. El proceso de modulación; porque se modula; tipos de modulación. Recursos primarios en comunicaciones. Comunicaciones analógicas vs. digitales.

### BOLILLA 2: Análisis Espectral. Representación de Señales y Sistemas

Funciones de transferencia y respuesta en frecuencia. Transformada de Fourier. Propiedades de la transformada de Fourier. Función delta de Dirac; aplicaciones de la función delta de Dirac. Transformada de Fourier de señales periódicas. Filtros. Transformada de Hilbert. Pre-envolvente. Representación canónica de señales pasa-banda.

### BOLILLA 3: Modulación y Demodulación Analógica.

Modulación de amplitud (AM). Esquemas de modulación lineal. Modulación de doble banda lateral con portadora suprimida (DSB-SC); Modulación de banda lateral única (SSB); Modulación de banda vestigial (VSB). Traslación en frecuencia. Multiplexación por división de frecuencia (FDM). Modulación angular. Modulación de frecuencia (FM; ancho de banda de transmisión de señales FM; generación de señales FM; demodulación de señales FM. Receptor superheterodino.

### BOLILLA 4: Modulación y Demodulación Digital.

Proceso de muestreo; teorema del muestreo. Modulación de amplitud de pulso (PAM). Modulación por duración de pulso (PDM). Modulación por posición de pulso (PPM). Modulación por codificación de pulsos (PCM); cuantización no uniforme; Ley A y Ley u; codificación; códigos de línea. Multiplexación por división de tiempo (TDM); sistemas T1 y E1 – Recomendación UIT-T G.711. Multiplexación digital. Virtudes, limitaciones y modificaciones de PCM. Transmisión de pulsos.

### BOLILLA 5: Transmisión Digital en Banda-Base.

Comunicaciones digitales. Transmisión digital en banda-base. Líneas digitales de abonados. Síntesis de tipos de DSL. Interferencia inter-símbolos; diafonía.

### BOLILLA 6: Transmisión Digital en Pasa-Banda.

Comunicaciones digitales. Radio digital. Señalización pasabanda modulada binaria. Modulación digital de amplitud. Manipulación por desplazamiento de frecuencia (FSK). Manipulación por desplazamiento de fase (PSK) genérica. Manipulación por desplazamiento binario de fase (BPSK). Manipulación por desplazamiento cuaternario de fase (QPSK). PSK de 8 fases. Modulación de amplitud en cuadratura (QAM). Recuperación de portadora. Recuperación de reloj.

### BOLILLA 7: Modulación Spread-Spectrum.

Secuencias de pseudo ruido (PN). Espectro expandido. Espectro expandido de secuencia directa (DSSS). Espectro expandido de salto de frecuencia (FHSS); salto de frecuencia lento (SFH); salto de frecuencia rápido (FFH). Formas de onda interferentes. Multiplexación por división de código (CDM).

BOLILLA 8: Medios No Guiados. Espectro Radioeléctrico. Propagación. Pérdidas. Diversidad. Antenas Conceptos prácticos de propagación, polarización; absorción; reflexión, difracción y dispersión; pérdidas y atenuación en el espacio libre; radios de Fresnel; patrones de radiación de antenas.

BOLILLA 9: Enlaces Inalámbricos Punto a Punto. Cálculos

Enlaces inalámbricos punto a punto. Radioenlaces; Parámetros y cálculos de presupuesto de enlace. Software libre para cálculos de enlace.

BOLILLA 10: Enlaces Inalámbricos Punto Multi-Punto

Enlaces inalámbricos punto multi-punto; topologías, problemas de nodos y atribución de bandas; Familia de Protocolos IEEE 802.x.

### **XIII - Imprevistos**

El presente programa puede presentar ajustes dada la situación epidemiológica por COVID-19. Toda modificación será acordada y comunicada con el estudiante e informada a secretaria académica.

### **XIV - Otros**

|  |
|--|
|  |
|--|