



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
COMUNICACIONES II	ING.ELECT.O.S.D	13/08	2021	1° cuatrimestre

### II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
DEBATTISTA, ALFREDO FRANCISCO	Prof. Responsable	P.Adj Exc	40 Hs
HERNANDEZ VELAZQUEZ, SERGIO FE	Responsable de Práctico	A.1ra Exc	40 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
7 Hs	Hs	Hs	Hs	7 Hs

Tipificación	Periodo
E - Teoria con prácticas de aula, laboratorio y campo	1° Cuatrimestre

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

### IV - Fundamentación

Los futuros ingenieros, en la especialidad Electrónica con orientación en Sistemas Digitales, deben contar con herramientas y conocimientos actuales sobre los sistemas de comunicaciones, dado el impacto que estos últimos tienen en el desarrollo de la producción, 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. Esta es la 2° parte de dos cursos cuatrimestrales, cuya finalidad es que el estudiante adquiera conocimientos integrales sobre el vasto sector de las comunicaciones.

### V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

El principal objetivo del curso es que el estudiante aprenda y comprenda las estructuras de comunicaciones a nivel sistémico, explore los conceptos avanzados que integran las mismas y que son de uso en la actualidad, desarrolle experiencias prácticas y de simulación, resuelva problemas habituales en la especialidad, visite instalaciones reales y se interiorice de las tendencias que se prevén para las comunicaciones en el País, la Región y el Mundo.

Al finalizar el curso el estudiante debe ser capaz de entender:

- El mercado argentino de las comunicaciones, con sus actores y servicios brindados, el contexto regulatorio, las autoridades nacionales e internacionales que intervienen y que definen recomendaciones y estándares.
- La división de sistemas según si emplean medios guiados y no guiados, junto a las jerarquías digitales de redes de conmutación de circuitos y de paquetes.
- El esquema del Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencias en la Rep. Argentina y su gestión, monitoreo y control.

- Los principios básicos en el estudio de la propagación de las señales radioeléctricas, incluyendo los principales parámetros y modelos y ecuaciones involucradas.
- Las comunicaciones Punto a Punto inalámbricas, sus técnicas de diseño y componentes involucrados, los cálculos de radioenlaces y sus principales parámetros bajo consideración.
- Los principios básicos de los sistemas satelitales de comunicaciones, según sus diferentes topologías, estándares y funcionamiento.
- Los principios de funcionamiento y planificación de las redes celulares móviles, sus componentes, modelos y cálculos de tráfico, estándares y evolución tecnológica y de servicios.
- Los conceptos básicos de los métodos de accesos inalámbricos a los servicios de comunicaciones, sus protocolos, componentes y las tendencias de desarrollo tecnológico y de servicios.
- Los conceptos básicos de las redes de fibra óptica, la tecnología asociada, los estándares y métodos de multiplexación aplicables, las redes actuales y los componentes más destacados.
- Los principios de funcionamiento de las redes de CATV, sus estándares, componentes y servicios triple play.
- El funcionamiento de las redes telefónicas TDM, los estándares de señalización y la convergencia hacia redes basadas en conmutación de paquetes, sobre la base de redes NGN, con servicios de VoIP.
- Los conceptos básicos de difusión de radio y televisión por distintos medios; sistemas analógicos y digitales, con sus estándares asociados. Entrega de contenidos por diferentes medios y técnicas.

## VI - Contenidos

### **Capítulo 1: Sistemas y Servicios de comunicaciones. Regulación. Homologación.**

Estructura básica de sistemas y servicios de comunicaciones. Clasificación de redes basadas en medios guiados y no guiados. Planificación de redes; estructura jerárquica. Recomendaciones de UIT. Regulación nacional e internacional. Recomendaciones y estándares. Homologaciones de equipos. El rol del ingeniero en las telecomunicaciones; ejercicio profesional. Estructura del mercado de las TICs; estadísticas.

### **Capítulo 2: Medios No Guiados. Espectro Radioeléctrico. Propagación. Pérdidas. Diversidad. Antenas.**

Espectro Radioeléctrico; atribución de bandas de frecuencias y servicios. Gestión del Espectro Radioeléctrico; monitoreo; principales componentes. Conceptos prácticos de propagación; ecuaciones fundamentales; polarización; absorción; reflexión, difracción y dispersión; pérdidas y atenuación en el espacio libre; zonas y radios de Fresnel, despejamiento; interferencias; desvanecimientos de las señales. Conceptos de diversidad en enlaces inalámbricos. Tipos y características de antenas; patrones de radiación.

### **Capítulo 3: 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.

### **Capítulo 4: Redes Celulares Móviles**

Conceptos básicos de telefonía celular móvil; reutilización de frecuencias; estructura y tipos de celdas; cobertura y aumento de capacidad. Propagación multi-trayectoria; desvanecimientos; modelos de predicción de propagación. Redes celulares móviles; configuraciones y componentes. Conceptos de tráfico; modelos de tráfico; criterios de selección; cálculos. Procesamiento de llamadas en redes móviles; traspaso de llamadas en curso. Métodos de acceso al medio. Evolución de las redes celulares móviles; 1G a 6G. Transmisión de datos por redes celulares. OFDM. MIMO y sus variantes.

### **Capítulo 5: Enlaces Inalámbricos Punto Multi-Punto.**

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

### **Capítulo 6: Medios Guiados. Fibra óptica. Redes Troncales**

Jerarquías digitales de multiplexación; SDH. Fibras Ópticas; conceptos fundamentales. Tipos de fibras ópticas; pérdidas; Recomendaciones de UIT-T. Sistemas de fibra óptica; diagrama en bloques, componentes. Métodos de multiplexación en

fibra óptica; WDM; CWDM; DWDM. Amplificación en el dominio óptico. Cálculo de presupuesto de enlace por fibra óptica.

### **Capítulo 7: Medios Guiados. Redes de Acceso Cableadas**

Acceso por redes de cobre; planteles interiores y exteriores. Accesos xDSL, servicios, tecnologías y principales tendencias. Acceso por redes de cable coaxial; CATV; topologías, configuraciones y componentes; cabecera –Head End–; atribución de bandas; planificación de canales. Acceso por redes bidireccionales e híbridas –HFC–; Cablemodem; protocolos y servicios. Accesos por redes de fibra óptica; Redes de Fibra Óptica Pasivas (PON); protocolos; servicios y tecnologías; cálculos de presupuesto de enlace en redes PON.

### **Capítulo 8: Redes Telefónicas Conmutadas. Redes NGN. Softswitch. VoIP**

Redes y centrales telefónicas conmutadas (TDM). Señalización telefónica; señalización por canal común (SS7). Numeración telefónica. Calidad de Servicio. Redes de Nueva Generación –NGN–; concepto y estándares de UIT. Softswitch; componentes; características y protocolos asociados. Voz sobre IP –VoIP–; calidad de servicio –QoS–; codecs; cálculos de tasas de transmisión; parámetros críticos. Servicio de VoIP; suite de protocolos SIP; modelo de capas; componentes; direccionamiento y señalización.

### **Capítulo 9: Difusión de Radio y Televisión –Análogica y Digital– por diferentes medios.**

Radio Digital Terrestre; sistemas IBOC, DAB, DRM e ISDB-Tsb. Señal analógica y señal digital de video. TV Digital Terrestre; principales estándares, ATSC, DVB, ISDB, ISDB-Tb; Redes SFN. Redes de entrega de contenido –CDN–; Video on Demand; Video Streaming; IPTV; gestión de derechos digitales –DRM–.

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

### **PRESENTACIONES GRUPALES**

Las Presentaciones Grupales de los estudiantes involucran la explicación de conceptos teóricos, pertenecientes a los Capítulos 2 a 8 de la asignatura, bajo la modalidad de Aula Invertida y Aprendizaje Activo Centrado en el Estudiante (AACE).

### **TRABAJOS PRACTICOS**

Los trabajos prácticos propuestos son Cinco (5) en total, abarcando los siguientes tópicos:

- Resolución de problemas; cálculos de presupuestos de enlaces; simulación de enlaces punto a punto y punto a multipunto, diagramas de coberturas, en Software de simulación en red u aplicaciones on-line, conjuntamente con una autoevaluación, a través de cuestionarios contextuales. (Capítulos 2, 3, 4, 5, 6 y 7).
- Armado de prototipos en laboratorio y mediciones físicas; conjuntamente con una autoevaluación, a través de cuestionarios contextuales. (Capítulos 6 y 8).

Nota: Estas prácticas serán adecuadas, en la medida de lo posible, a la modalidad No Presencial, a través de recursos multimedia y de simulación de variables.

### **VISITAS DE CAMPO**

Las visitas a campo propuestas son dos (2) en total, según el siguiente detalle:

- Una (1) visita a una empresa de servicios de telefonía básica, telefonía móvil y acceso a internet. Esta visita se corresponde con el contenido de los capítulos 4, 5, 6 y 7.
- Una (1) visita a una empresa de videocable. Esta visita se corresponde con el contenido del capítulo 7, 8 y 9.

Nota: en la posibilidad de que se continúe con el aislamiento por COVID-19, estas visitas de campo serán reemplazadas por otras actividades virtuales, adecuadas a la modalidad No Presencial.

## **VIII - Regimen de Aprobación**

### **REGIMEN DE APROBACION**

- Haber aprobado el 100% de los Trabajos Prácticos, con más de 6 puntos c/u (Estudiante Regular) o con más de 7 puntos c/u (Estudiante Promocional) incluyendo las recuperaciones que correspondan en cada caso.
- Haber aprobado el 100% de las Presentaciones Grupales, a través de una rúbrica (diferentes niveles para Regular o Promocional) e incluyendo las recuperaciones que correspondan (solo para alumno regular).

- Haber aprobado el 100% de los Parcialitos, con 2 (de 3) opciones correctas en c/u, incluyendo las recuperaciones que correspondan en cada caso.
- Haber cumplido con las pautas de participación y trabajo en grupo, que haya determinado la Cátedra para cada caso (Regular o Promocional).

En el caso del Estudiante Regular, el mismo rinde examen final.

En el caso del Estudiante Promocional, el mismo rinde un coloquio de defensa del Trabajo Integrador (TI) que se le haya asignado originalmente, al inicio del cursado. Dicho coloquio lo podrá rendir en una mesa de examen y según condiciones normales previstas en la carrera.

La definición de incluir o no un régimen de exámenes parciales será determinada por el equipo docente de la Cátedra, mediante una evaluación del desempeño de los grupos de estudiantes conformados, que se concretará a las cinco (5) semanas de iniciado el cursado.

Se procurará concretar algunas visitas a instalaciones de empresa de telecomunicaciones de la ciudad de San Luis, dentro de las posibilidades que otorgue la situación epidemiológica presente durante el cursado.

## TRABAJOS PRACTICOS

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

- Presentar actividades o simulación en los software respectivos, de modo previo al Trabajo Práctico, en caso que éste lo requiera.
- Haber aprobado un breve cuestionario (parcialito) sobre temas del Capítulo correspondiente a cada Trabajo Práctico y previo a la presentación del mismo (responder correctamente un mínimo de 2 preguntas sobre un total de 3 preguntas). Esta es condición para desarrollar el Trabajo Práctico.
- Haber desarrollado las instancias de cada Trabajo Práctico, satisfactoriamente.
- Aprobar el informe, ya sea de resolución de problemas como de laboratorio o descripción de la visita técnica, según el caso.
- Cumplir con las pautas de participación y trabajo en grupo, que haya determinado la Cátedra para cada caso (Regular o Promocional), a través del uso de las herramientas colaborativas en línea.

Estudiante regular: cada Trabajo Práctico podrá ser recuperado una (1) única vez pero el total de recuperaciones no podrá exceder de tres (3) Trabajos Prácticos, caso contrario el estudiante quedará libre.

Estudiante promocional: cada Trabajo Práctico podrá ser recuperado una (1) única vez pero el total de recuperaciones no podrá exceder de un (1) Trabajo Práctico, caso contrario perderá la condición de estudiante promocional, correspondiéndole de allí en más las obligaciones de estudiante regular.

## PRESENTACIONES GRUPALES

Para la aprobación de cada una de las Presentaciones Grupales será necesario:

- Efectuar la presentación de los temas asignados al grupo en cada Capítulo de la asignatura, con atención a la claridad de la explicación de los contenidos y al cumplimiento de los tiempos de exposición.
- Responder las preguntas y consultas realizadas por los integrantes de los otros grupos de estudiantes, al final de la presentación.
- Haber realizado la rúbrica de evaluación de cada integrante de los otros grupos que efectúen la correspondiente presentación, en el Capítulo respectivo.
- Aprobar satisfactoriamente la presentación, en base a las rúbricas que determine previamente la Cátedra (del cuerpo docente y de los pares).
- Cumplir con las pautas de participación y trabajo en grupo, que haya determinado la Cátedra para cada caso (Regular o Promocional), a través del uso de las herramientas colaborativas en línea.

Estudiante regular: cada Presentación Grupal podrá ser recuperada una (1) única vez pero el total de recuperaciones no podrá exceder de tres (3) Presentaciones, caso contrario el alumno quedará libre.

Estudiante promocional: no podrá ser recuperada ninguna de las presentaciones. En caso de no aprobar alguna de ellas, perderá la condición de estudiante promocional, correspondiéndole de allí en más las obligaciones de estudiante regular.

### TRABAJO FINAL INTEGRADOR (TI)

Inicio del cursado: se asignará un TI por grupo de estudiantes, pudiendo tener cada grupo entre dos (2) y tres (3) integrantes.

Consistirá en un proyecto de diseño y cálculo de una sección de Red de Telecomunicaciones apta para brindar Servicios Triple Play, sobre la base de las condiciones y características que se definan desde la Cátedra, junto a la ubicación geográfica de la zona objetivo a cubrir.

Englobará los Trabajos Prácticos concatenados a desarrollar durante el cursado, con los elementos y justificaciones para la provisión, instalación, puesta en marcha, operación y mantenimiento (O&M) de la red. Deberá incluir un cronograma de tareas (diagrama de Gantt para el Plan de Inversiones), un Flujo de Fondos con el costeo estimado (plan de inversiones, junto a ingresos por servicios y costos de O&M de los mismos, en un plazo mínimo de tres [3] años) y cálculos de rentabilidad.

La defensa del TI será por grupo y se hará en una mesa regular de examen, las exposiciones serán orales y con el soporte multimedial y de documentación que los estudiantes consideren necesarios.

La nota para aprobar el coloquio será individual, según la defensa y presentación que efectúe cada estudiante de cada grupo, ante las preguntas y requerimientos de los docentes de la Cátedra.

La nota final de la asignatura seguirá parámetros de ponderación de los Trabajos Prácticos, las Presentaciones Grupales, los Exámenes Parciales (si los hubiera) y el Coloquio.

## IX - Bibliografía Básica

- [1] Comunicaciones y Redes de Computadoras – William Stallings – 7º Edición – 2004 – Editorial Pearson.
- [2] Digital Communications Systems – Simon Haykin – 2014 – Editorial John Wiley & Sons Inc.
- [3] Communication Systems – Simon Haykin – 4º Edición – 2000 – Editorial John Wiley & Sons Inc.
- [4] Sistemas de Comunicaciones Digitales y Analógicos – Leon W. Couch II – 7º Edición – 2008 – Editorial Pearson.
- [5] Sistemas de Comunicaciones Electrónicas – Wayne Tomasi – 4º Edición - 2003 – Editorial Prentice Hall.
- [6] Introducción al Cálculo de Radioenlaces – Pedro E. Danizio – 1º Edición - 2004 – Editorial Universitas.
- [7] Radiocomunicaciones – Francisco Ramos Pascual – 2007 – Editorial Marcombo – Alfaomega
- [8] Introducción a los Sistemas de Telefonía Celular – Mario Figueroa de la Cruz – 2008 – Editorial HASA
- [9] Cellular Communications, A Comprehensive and Practical Guide; Nishith D. Tripathi & Jeffrey H. Reed; Ed. IEEE – Wiley – 2014
- [10] UMTS Networks, Architecture, Mobility and Services – Heikki Kaaranen et al. – 2º Edición - 2005 – Editorial John Wiley & Sons Inc.
- [11] Recomendaciones UIT-T y UIT-R ([www.itu.int](http://www.itu.int)).
- [12] White Papers del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) ([www.ieee.org](http://www.ieee.org)).
- [13] White papers técnicos, tanto de organismos de estandarización como de foros técnicos, asociaciones técnico-profesionales y empresas y entidades de reconocida trayectoria en telecomunicaciones.
- [14] Libros especializados en Tecnologías de las Comunicaciones y la Información (TICs).
- [15] Cursos on-line y recursos disponibles en la Web, de otros institutos, universidades y entidades técnicas reconocidas a nivel nacional e internacional, detallados en cada Capítulo en particular.
- [16] Apuntes de la Cátedra.

## X - Bibliografía Complementaria

- [1] Data and Computer communications - William Stallings - Editorial Pearson - edición 2004
- [2] Principles of Digital Communications and Coding - Andrew Viterbi, Jim Omura - Editorial McGraw-Hill - edición 1979
- [3] Digital Communications - John Proakis - Editorial McGraw-Hill - edición 2001
- [4] Principles of digital transmission with wireless applications -Sergio Benedeto, Ezio Biglieri - Editorial Coger Academica

Press - edición 1999

[5] White papers IEEE ([www.ieee.org](http://www.ieee.org))

[6] Presentaciones y Apuntes de Cursos de UIT

[7] Recursos de la Web

## XI - Resumen de Objetivos

El principal objetivo del curso es que el estudiante aprenda y comprenda las estructuras de de comunicaciones a nivel sistémico, explore los conceptos avanzados que integran las mismas y son de uso en la actualidad, desarrolle experiencias prácticas y de simulación, resuelva problemas habituales en la especialidad, visite instalaciones reales y se interiorice de las tendencias que se prevén para las comunicaciones en el País, la Región y el Mundo.

## XII - Resumen del Programa

Sistemas y Servicios de comunicaciones. Regulación. Homologación.

Sistemas y servicios de comunicaciones. Medios guiados y no guiados. Planificación de Redes. Regulación nacional e internacional. Recomendaciones y estándares. Homologación. Ejercicio profesional. Mercado de las TICs.

Medios No Guiados. Espectro Radioeléctrico. Propagación. Pérdidas. Diversidad. Antenas.

Espectro Radioeléctrico; gestión y monitoreo. Propagación; ecuaciones; polarización; absorción; reflexión, difracción y dispersión; pérdidas y atenuación en espacio libre; zonas de Fresnel, despejamiento. Interferencias; desvanecimientos. Diversidad. Antenas.

Enlaces Inalámbricos Punto a Punto. Cálculos.

Tipos y características. Radioenlaces; equipos y accesorios; repetidores; protección. Parámetros y cálculos de presupuesto de enlace. Enlaces satelitales; tipos de órbitas; leyes fundamentales; azimut y ángulo de elevación; satélites GEO, MEO y LEO; patrones de radiación de antenas. Parámetros y cálculos de presupuesto de enlace.

Redes Celulares Móviles.

Conceptos básicos de telefonía celular móvil; reutilización de frecuencias; estructura de celdas; cobertura y aumento de capacidad. Propagación multi-trayectoria; modelos predictivos. Redes celulares móviles; configuraciones y componentes. Conceptos y modelos de tráfico. Procesamiento y traspaso de llamadas. Métodos de acceso al medio. Evolución de redes celulares móviles; 1G a 6G. Transmisión de datos por redes celulares. OFDM. MIMO.

Enlaces Inalámbricos Punto Multi-Punto.

Tipos y características; topologías y atribución de bandas; topologías, problemas de nodos, manejo de colisiones, atribución de bandas. WPAN, WLAN, WMAN, WAN, IoT; principales protocolos, modulaciones y tendencias.

Medios Guiados. Fibra óptica. Redes Troncales.

Jerarquías digitales de multiplexación; SDH. Fibras Ópticas; conceptos fundamentales. Tipos de fibras ópticas; Recomendaciones de UIT-T. Sistemas de fibra óptica; componentes. Métodos de multiplexación; WDM; CWDM; DWDM. Amplificación óptica. Cálculo de enlace.

Medios Guiados. Redes de Acceso Cableadas.

Redes de pares de cobre; planteles; accesos xDSL, componentes. Acceso por redes de cable coaxial; CATV; componentes; cabecera –Head End–; atribución de bandas. Acceso por redes bidireccionales e híbridas –HFC–; Cablemodem; protocolos y servicios. Accesos por redes de fibra óptica; Redes de Fibra Óptica Pasivas (PON); protocolos; cálculos.

Redes Telefónicas Conmutadas. Redes NGN. Softswitch. VoIP.

Redes y centrales telefónicas conmutadas (TDM). Señalización telefónica; SS7. Numeración telefónica. Calidad de Servicio. Redes NGN; concepto y estándares de UIT. Softswitch. VoIP; calidad de servicio –QoS–; codecs. Suite de protocolos SIP; direccionamiento y señalización.

Difusión de Radio y Televisión –Analógica y Digital– por diferentes medios.

Radio Digital Terrestre; sistemas IBOC, DAB, DRM e ISDB-Tsb. Señal analógica y digital de video. TV Digital Terrestre;

### **XIII - Imprevistos**

En caso de imprevistos, se efectuarán las adecuaciones del caso para no resentir el normal cursado de la materia y la resolución de los prácticos involucrados.

Como punto particular ante el COVID-19, se ha adecuado el desarrollo de los Trabajos Prácticos, incluyendo su revisión y las modalidades de evaluación continua y calificación, generando modalidades mixtas (presencial y no presencial), implementando el uso de plataformas digitales para el encuentro con los/as estudiantes y la aplicación de herramientas digitales en el proceso de cursado.

Las visitas a campo podrán ser reemplazadas por otras actividades, si se presentan restricciones de presencialidad y acceso a las empresas.

### **XIV - Otros**

--