



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

(Programa del año 2025)  
(Programa en trámite de aprobación)  
(Presentado el 24/03/2025 21:24:23)

### I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
COMUNICACIONES II	ING.ELECT.O.S.D	13/08	2025	1° cuatrimestre

### II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
DEBATTISTA, ALFREDO FRANCISCO	Prof. Responsable	P.Asoc Exc	40 Hs
GERAIGES MAGRINI, ALEJANDRO MARWAN	Prof. Co-Responsable	JTP Exc	40 Hs

### III - Características del Curso

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

Tipificación	Periodo
B - Teoria con prácticas de aula y laboratorio	1° Cuatrimestre

Duración			
Desde	Hasta	Cantidad de Semanas	Cantidad de Horas
12/03/2025	24/06/2025	15	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 relevante 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 sistemáticos e 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 con un abordaje basado en proyectos, resuelva problemas habituales en la especialidad 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 nacional e internacional y su intervención y definición de recomendaciones y estándares.
- La clasificación de sistemas que emplean medios guiados y no guiados, junto a las jerarquías digitales de redes de conmutación de circuitos y de paquetes, y la evolución de redes NGN y VoIP.

- El esquema del Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencias en la Rep. Argentina y su administración, gestión 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 conceptos básicos de los métodos de accesos inalámbricos punto-multipunto a los servicios de comunicaciones, sus protocolos, componentes y las tendencias de desarrollo tecnológico y de servicios.
- 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 las redes de fibra óptica, la tecnología asociada, los estándares y métodos de multiplexación aplicables, las redes actuales y los componentes más destacados, tanto a nivel de enlaces punto a punto como de métodos de acceso multiusuario por redes de fibra óptica pasivas.
- Los principios de funcionamiento de las redes de banda ancha, con accesos cableados sobre cobre y coaxial, sus estándares, componentes y servicios asociados.

## VI - Contenidos

### **Capítulo 1: Sistemas y Servicios de comunicaciones. Regulación. Homologación. Medios Guiados y No Guiados. Redes NGN. Espectro Radioeléctrico**

Estructura básica de sistemas y servicios de comunicaciones. Redes basadas en medios guiados y no guiados. Planificación de redes; estructura jerárquica. Regulación nacional e internacional; UIT. Recomendaciones y estándares. Homologaciones de equipos. Redes de Nueva Generación –NGN; Softswitch; Voz sobre IP –VoIP. Espectro Radioeléctrico; atribución de bandas de frecuencias y servicios. Gestión del Espectro Radioeléctrico; monitoreo; principales componentes. Estructura del mercado de las TICs; estadísticas.

### **Capítulo 2: Enlaces Inalámbricos Punto a Punto. Propagación. Diversidad. Antenas. Satélites**

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

### **Capítulo 3: 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 IEEE 802.x.

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

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

### **Capítulo 5: Medios Guiados. Redes de Fibra Óptica. Redes PON**

Fibras Ópticas; conceptos fundamentales. Tipos de fibras ópticas; pérdidas; Recomendaciones de la UIT-T. Sistemas de fibra óptica; diagrama en bloques, componentes. Métodos de multiplexación en fibra óptica; WDM; CWDM; DWDM; UDWDM. Amplificación en el dominio óptico. Cálculo de presupuesto de enlace troncal por fibra óptica. 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 6: Medios Guiados. Redes de Acceso Cableadas**

Accesos xDSL sobre par de cobre, 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–; Cablemódem; protocolos y servicios doble y triple-play.

## VII - Plan de Trabajos Prácticos

### TRABAJOS PRACTICOS

Los trabajos prácticos propuestos son Seis (6) en total, integrados bajo el esquema de un proyecto general de comunicaciones N-play, abarcando los siguientes tópicos:

TP 1: Análisi Socio-Económico de la zona asignada en el Proyecto. [Esto configura la 1º parte del Trabajo Integrador]

TP 2: Cálculo de enlaces troncales con vínculos radioeléctricos punto a punto, empleando software de simulación (instalación de suite). Verificación matemática. [Esto configura la 2º parte del Trabajo Integrador]

TP 3: Diseño de topología y cobertura de la zona definida en el Trabajo Integrador, con vínculos radioeléctricos punto a multipunto, empleando software de simulación. Verificación matemática. [Esto configura la 3º parte del Trabajo Integrador]

TP 4: Simulación de cobertura en red móvil celular (presupuesto de enlaces), utilizando software de simulación. Cálculos de capacidades de tráfico por radiobase, según modelos estadísticos y ecuaciones matemáticas, con uso adicional de herramientas en línea.

TP 5: Cálculos de enlaces troncales con vínculos de fibra óptica punto a punto. Verificación matemática. Determinación de tipos de fibra óptica a emplear. [Esto configura la 4º parte del Trabajo Integrador]

TP 6: Diseño de topología y cobertura de la zona definida en el Trabajo Integrador, con red GPON. Cálculos matemáticos de redes de acceso; determinación de capacidad de los enlaces, según supuestos de tráficos. [Esto configura la 5º parte del Trabajo Integrador]

Estos trabajos prácticos se complementarán, en la medida de lo posible, con charlas de profesionales, actividades de laboratorio y visitas a empresas de prestación de servicios de telecomunicaciones.

### PRESENTACIONES GRUPALES

Las Presentaciones Grupales de los estudiantes involucran la explicación de los supuestos y decisiones tomadas para el desarrollo de cada trabajo práctico, en el contexto del proyecto integral asignado y con un modelo de trabajo en equipo. Esto se complementa con los contenidos teóricos puestos a disposición del grupo y el esquema de autoestudio, bajo la modalidad de Aprendizaje Activo Centrado en el Estudiante (AAACE), con refuerzo tutoría sobre los contenidos básicos que conforman los resultados de aprendizaje.

## VIII - Regimen de Aprobación

### REGIMEN DE APROBACION COMO ESTUDIANTE REGULAR

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

- Haber aprobado el 100% de los Trabajos Prácticos, con un mínimo de 6 puntos c/u, incluyendo las recuperaciones que correspondan en cada caso.
- Haber aprobado el 100% de las Presentaciones Grupales, a través de una rúbrica docente e incluyendo las recuperaciones que correspondan en cada caso.
- Haber aprobado el 100% de los Parcialitos, con al menos 2 (de 3) opciones correctas en c/u, incluyendo las recuperaciones que correspondan en cada caso.
- Haber aprobado los dos (2) Parciales Teóricos, con un mínimo de 6 puntos c/u, incluyendo las recuperaciones que correspondan en cada caso.

### REGIMEN DE APROBACION COMO ESTUDIANTE PROMOCIONAL

Para obtener la promoción de la materia, con la posibilidad de rendir un coloquio como examen final, será necesario:

- Haber aprobado el 100% de los Trabajos Prácticos, con un mínimo de 7 puntos c/u, incluyendo las recuperaciones que correspondan en cada caso.
- Haber aprobado el 100% de las Presentaciones Grupales, a través de una rúbrica docente e incluyendo las recuperaciones que correspondan en cada caso.
- Haber aprobado el 100% de los Parcialitos, con al menos 2 (de 3) opciones correctas en c/u, incluyendo las recuperaciones que correspondan en cada caso.
- Haber aprobado los dos (2) Parciales Teóricos, con un mínimo de 7 puntos c/u, incluyendo las recuperaciones que correspondan en cada caso.

Una vez cumplido con las exigencias anteriores, en una mesa de examen y según las condiciones normales previstas en la carrera, podrá rendir un coloquio de defensa del Trabajo Integrador (TI) que se le haya asignado originalmente, al inicio del cursado, según se detalla más adelante.

### 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.
- Aprobar el informe correspondiente a cada Trabajo Práctico.
- 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, con un máximo de recuperaciones de hasta tres (3) Trabajos Prácticos, caso contrario el estudiante quedará libre.

Estudiante promocional: cada Trabajo Práctico podrá ser recuperado una (1) única vez, con un máximo de recuperaciones de hasta 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:

- Realizar una presentación grupal sobre las instancias de desarrollo de cada Trabajo Práctico, prestando atención a la claridad de la explicación de los contenidos y al cumplimiento de los tiempos de exposición.
- Aprobar cada presentación en base a las rúbricas que determine previamente la Cátedra.
- Realizar la rúbrica de evaluación de los otros grupos que efectúen la correspondiente presentación, en el Trabajo Práctico respectivo, según lo determine la Cátedra (opcional).
- 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, con un máximo de recuperaciones de hasta tres (3) Presentaciones, caso contrario el estudiante 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.

### PARCIALITOS

Para la aprobación de cada uno de los Parcialitos será necesario:

- Aprobar un breve cuestionario (parcialito) sobre conceptos teóricos básicos de cada capítulo bajo evaluación (Capítulos 1 a 6).
- Deberá responder correctamente un mínimo de 2 preguntas sobre un total de 3 preguntas.

Estudiante regular: cada Parcialito podrá ser recuperado una (1) única vez, con un máximo de recuperaciones de hasta tres (3) Parcialitos, caso contrario el estudiante quedará libre.

Estudiante promocional: cada Parcialito podrá ser recuperado una (1) única vez, con un máximo de recuperaciones de hasta un (1) Parcialito, caso contrario perderá la condición de estudiante promocional, correspondiéndole de allí en más las

obligaciones de estudiante regular.

### PARCIALES TEÓRICOS

Para la aprobación de cada uno de los Parciales será necesario:

- Aprobar una exposición oral o escrita, según lo determine la Cátedra, en respuesta a una serie de preguntas sobre conceptos teóricos de los capítulos bajo evaluación; (1° parcial: Cap. 1 a 3 / 2° Parcial: Cap. 4 a 6).
- Deberá responder correctamente un mínimo del 60% (regular) o del 70% (promocional) de las preguntas incluidas en cada parcial.
- El tiempo estimado para el parcial será de 2 horas, en el caso de exposición escrita, y de 20 minutos, en el caso de la exposición oral, por estudiante.

Estudiante regular: cada Parcial Teórico podrá ser recuperado hasta dos (2) veces, caso contrario el estudiante quedará libre.

Estudiante promocional: no podrá ser recuperado ninguno de los parciales orales teóricos. En caso de no aprobar alguno de ellos, perderá la condición de estudiante promocional, correspondiéndole de allí en más las obligaciones de estudiante regular.

### TRABAJO INTEGRADOR

- Al inicio del cursado, se asignará un Trabajo Integrador (TI) por grupo de estudiantes, pudiendo tener cada grupo entre tres (3) y cuatro (4) integrantes.
- Cada TI consistirá en un proyecto de diseño y cálculo de una sección de Red de Telecomunicaciones apta para brindar Servicios N-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.
- Dicho TI 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 despliegue del 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 cinco [5] años) y cálculos de rentabilidad, que serán determinados y defendidos por cada grupo de estudiantes promocionados.
- 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 los parámetros dados a continuación:
  - \* 25% Nota promediada de Trabajos Prácticos (nota grupal)
  - \* 15% Nota promediada de Presentaciones (50% nota individual y 50% nota grupal)
  - \* 10% Nota Promediada de Parcialitos (nota individual)
  - \* 20% Nota Promediada de Parciales Orales Teóricos (nota individual)
  - \* 30% Nota de Trabajo Integrador (nota individual)

## IX - Bibliografía Básica

- [1] Digital Communications Systems – Simon Haykin – 2014 – Editorial John Wiley & Sons Inc.
- [2] Sistemas de Comunicaciones Digitales y Analógicos – Leon W. Couch II – 7° Edición – 2008 – Editorial Pearson.
- [3] Sistemas de Comunicaciones Electrónicas – Wayne Tomasi – 4° Edición - 2003 – Editorial Prentice Hall.
- [4] Introducción al Cálculo de Radioenlaces – Pedro E. Danizio – 1° Edición - 2004 – Editorial Universitas.
- [5] Cellular Communications, A Comprehensive and Practical Guide; Nishith D. Tripathi & Jeffrey H. Reed; Ed. IEEE – Wiley – 2014
- [6] Normativa y regulación del sector de telecomunicaciones en Argentina. Ente Nacional de Comunicaciones [ENaCom] ([www.enacom.gob.ar](http://www.enacom.gob.ar)).
- [7] Cuadro de Atribución de Bandas de la República Argentina [CABFRA] ([www.enacom.gob.ar/cuadro-de-atribucion-de-bandas-de-frecuencias-de-la-republica-argentina-cabfra-\\_p1588](http://www.enacom.gob.ar/cuadro-de-atribucion-de-bandas-de-frecuencias-de-la-republica-argentina-cabfra-_p1588)).
- [8] Recomendaciones UIT-T y UIT-R ([www.itu.int](http://www.itu.int)).
- [9] Manuales, artículos especializados, indicadores de telecomunicaciones, software y regulación general ([www.itu.int](http://www.itu.int)).
- [10] White Papers del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) ([www.ieee.org](http://www.ieee.org)).
- [11] White Papers del 3GPP ([www.3gpp.org](http://www.3gpp.org)) y de 5G Américas ([www.5gamericas.org](http://www.5gamericas.org)).

[12] Informes especializados, mapas e infografías del Grupo Convergencia.

[13] White papers técnicos, tanto de organismos de estandarización como de foros técnicos, asociaciones técnico-profesionales y cámaras, 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] Communication Systems – Simon Haykin – 4º Edición – 2000 – Editorial John Wiley & Sons Inc.

[3] Principles of Digital Communications and Coding - Andrew Viterbi, Jim Omura - Editorial McGraw-Hill - edición 1979

[4] Digital Communications - John Proakis - Editorial McGraw-Hill - edición 2001

[5] Principles of digital transmission with wireless applications -Sergio Benedetto, Ezio Biglieri - Editorial Coger Academica Press - edición 1999

[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 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 con un abordaje basado en proyectos, resuelva problemas habituales en la especialidad 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. Medios Guiados y No Guiados. Redes NGN.

Espectro Radioeléctrico:

Sistemas y servicios de comunicaciones. Medios guiados y no guiados. Planificación de Redes. Regulación nacional e internacional. Recomendaciones y estándares. Homologación. Redes NGN. VoIP. Espectro Radioeléctrico; gestión y monitoreo. Mercado de las TICs.

- Enlaces Inalámbricos Punto a Punto. Propagación. Diversidad. Antenas. Satélites:

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

- Enlaces Inalámbricos Punto Multi-Punto:

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

- Redes Móviles Celulares:

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

- Medios Guiados. Redes de Fibra Óptica. Redes PON:

Fibras Ópticas; conceptos fundamentales. Tipos de fibras ópticas; Recomendaciones de UIT-T. Sistemas de fibra óptica; componentes. Métodos de multiplexación; WDM; CWDM; DWDM; UDWDM. Amplificación óptica. Cálculo de presupuestos de enlace troncal. Accesos por redes de fibra óptica; redes PON; protocolos; cálculos de presupuesto de enlace.

- Medios Guiados. Redes de Acceso Cableadas:

Accesos xDSL, componentes. Acceso por redes de cable coaxial; CATV; componentes; cabecera –Head End–; atribución de bandas. Acceso por redes bidireccionales e híbridas –HFC–; Cablemódem; protocolos y servicios.

### **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.

Si se presentasen situaciones sanitarias como las ya acaecidas en años anteriores, por el COVID-19, se adecuará el desarrollo de los Trabajos Prácticos, su revisión y calificación y las modalidades de exámenes parciales, tal de adecuarlas a la modalidad no presencial (virtual).

En tal situación, se hará uso de plataformas digitales para el encuentro con los/as estudiantes, el desarrollo de las clases teórico/prácticas, la concreción de los trabajos prácticos, junto a su presentación y calificación, como así también la evaluación continua y los exámenes parciales, por allí instrumentados.

### **XIV - Otros**

N/C

#### **ELEVACIÓN y APROBACIÓN DE ESTE PROGRAMA**

##### **Profesor Responsable**

Firma:

Aclaración:

Fecha: