



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA



PROGRAMA DE ESTUDIO

SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIONES II

2963

9

8

Asignatura

Clave

Semestre

Créditos

INGENIERÍA ELÉCTRICA

**INGENIERÍA
EN TELECOMUNICACIONES**

**INGENIERÍA
EN TELECOMUNICACIONES**

División

Departamento

Licenciatura

Asignatura:

Obligatoria ☒

Optativa ☐

Horas/semana:

Teóricas

Prácticas

Total

Horas/semestre:

Teóricas

Prácticas

Total

Modalidad: Curso teórico

Seriación obligatoria antecedente: Ninguna

Seriación obligatoria consecuente: Ninguna

Objetivo(s) del curso:

El alumno describirá diversos aspectos de los sistemas microondas terrestres y de los sistemas de comunicación por satélite, como son los elementos que los conforman, características e instalación de ellos y la reglamentación y normas a que están sujetos. También, analizará los diversos mecanismos que afectan la propagación de las ondas radioeléctricas en estos sistemas y siguiendo una metodología aprenderá a calcular radioenlaces, principalmente para la transmisión de señales de información digitales.

Temario

NÚM.	NOMBRE	HORAS
1.	Introducción a los enlaces de microondas de línea visual	6.0
2.	Propagación de 1 a 100 GHz para radioenlaces terrestres	6.0
3.	Enlaces de microondas de línea visual	10.0
4.	Análisis de casos de radioenlaces de microondas	8.0
5.	Comunicación por satélite	4.0
6.	El sistema de comunicación por satélite y estructura de un satélite	4.0
7.	Propagación de ondas de radioeléctricas para comunicaciones satelitales	6.0
8.	Enlaces satelitales	6.0
9.	Técnicas de acceso múltiple	6.0
10.	Elementos de las estaciones terrenas	4.0
11.	Sistemas de comunicaciones por satélite	4.0
		64.0

Actividades prácticas

0.0

Total

64.0

1 Introducción a los enlaces de microondas de línea visual

Objetivo: El alumno identificará los diversos elementos que componen a un sistema de radiocomunicación por microondas y describirá las características generales de estos, también, conocerá la reglamentación y los planes de frecuencia para la operación de estos sistemas.

Contenido:

- 1.1 Descripción de los elementos que conforman a un enlace de microondas en línea visual (equipo de radio terminal, repetidores, antenas, torres, cables, guías de onda, alimentadores, circuladores, filtros, sistemas de presurización de cables o guía de onda).
- 1.2 Instalaciones para el equipo de microondas (obra civil, alimentación eléctrica, aire acondicionado, etc.).
- 1.3 Bandas de frecuencia atribuidas para enlaces radioeléctricos mediante microondas.
- 1.4 Interferencia entre canales de microondas.

2 Propagación de 1 a 100 GHz para radioenlaces terrestres

Objetivo: El alumno analizará los diversos fenómenos o mecanismos que alteran la propagación de las microondas y el efecto de estos en la señal recibida.

Contenido:

- 2.1 Atenuación de espacio libre.
 - 2.1.1 Efectos troposféricos.
 - 2.1.2 Efectos de refracción.
 - 2.1.3 Esparcimiento troposférico.
 - 2.1.4 Atenuación debida a gases, lluvia, otros hidrometeoros, al polvo y arena.
- 2.2 Factor K y radio efectivo de la tierra. Perfil del terreno de la trayectoria.
- 2.3 Reflexión y esparcimiento.
- 2.4 Difracción. Zonas de Fresnel.
- 2.5 Libramiento de obstáculos. Criterios de Bullington, Barnett-Vigants, Deygout e ITU-R).
- 2.6 Desvanecimientos. Tipos de desvanecimientos.
- 2.7 Duración y profundidad de los desvanecimientos.

3 Enlaces de microondas de línea visual

Objetivo: El alumno explicará los diversos factores que intervienen en la planeación y diseño de un enlace de microondas de línea visual y siguiendo una metodología aprenderá a calcular radioenlaces de microondas para la transmisión de señales digitales.

Contenido:

- 3.1 Requerimientos.
- 3.2 Elección de la ruta y selección de sitios. Consideraciones para enlaces interurbanos y urbanos.
- 3.3 Perfil del terreno de la ruta elegida. Cálculo de la mediana del factor K.
- 3.4 Altura de las antenas. Libramiento de obstáculos y estimación de reflexiones.
- 3.5 Inspección de los sitios y de la ruta.
- 3.6 Radioenlaces digitales.
 - 3.6.1 Modulación por pulsos codificados (PCM). Codificación de línea. Codificación multinivel. Conformado

de pulsos. Códigos para el control de errores. Jerarquías de multiplexación PDH y SDH/SONET.

3.6.2 Técnicas de modulación digital y eficiencia espectral. Demodulación, relación portadora ruido y relación de energía de bit a densidad espectral de potencia del ruido. Tasa de bits erróneos, BER.

3.6.3 Alteraciones particulares de una transmisión digital (interferencia intersimbólica, recuperación de portadora, recuperación de reloj, jitter y desvanecimientos selectivos).

3.7 Cálculos básicos de la trayectoria.

3.7.1 Objetivos para la operación del sistema. selección de la frecuencia de operación. Especificación de las características básicas del equipo de radio y de las líneas de alimentación.

3.7.2 Pérdida básica de propagación en espacio libre.

3.7.3 Ruido térmico. Umbral de ruido. Térmico en el receptor.

3.7.4 Cálculo de la relación portadora a ruido.

3.7.5 Determinación de la ganancia de las antenas.

3.7.6 Estimación de posibles desvanecimientos para el trayecto. Margen contra desvanecimientos.

3.7.7 Técnicas de diversidad. Circuito hipotético de referencia para una transmisión digital. Objetivos de desempeño de la tasa de errores en el circuito hipotético de referencia.

3.7.8 Sistemas SDH/SONET.

3.7.9 Circuito hipotético de referencia para una transmisión digital. Objetivos de desempeño de la tasa de errores en el circuito hipotético de referencia.

3.7.10 Sistemas SDH/SONET.

4 Análisis de casos de radioenlaces de microondas

Objetivo: El alumno describirá algunos de los principales usos que en la actualidad tienen los enlaces de microondas para otorgar diversos servicios de telecomunicación.

Contenido:

4.1 Enlaces interurbanos y redes (nacionales) de microondas.

4.2 Enlaces urbanos.

4.2.1 Para redes privadas de datos punto a punto y punto a multipunto.

4.2.2 Para enlaces de estaciones base en sistemas celulares.

4.3 Enlaces para distribución de servicios.

4.3.1 Estudio-planta en estaciones de radiodifusión.

4.3.2 MMDS.

4.3.3 WiMAX (802.16).

5 Comunicación por satélite

Objetivo: El alumno describirá algunos aspectos básicos de los satélites de comunicaciones, sus órbitas y las frecuencias que emplean para su operación.

Contenido:

5.1 Esquema básico un sistema de comunicación por satélite. Origen de las ideas de los satélites de comunicaciones. Reseña histórica de los satélites de comunicaciones. Las comunicaciones satelitales en México.

5.2 Tipos de órbitas y su uso.

5.2.1 Órbitas de acuerdo a su: excentricidad, inclinación, periodo y de altitud.

5.2.2 Las órbitas geosíncrona (GSO) y geostacionaria (GEO).

5.2.3 Las órbitas elípticas elevadas HEO.

5.2.4 Configuraciones de órbitas empleadas, cobertura, y constelaciones.

- 5.3 El empleo de frecuencias de microondas en sistemas satelitales (bandas L, S, C, X, Ku, Ka, Q y V).
- 5.4 Posiciones orbitales. El proceso de coordinación de la UIT.
- 5.5 Centros espaciales y lanzadores.
- 5.6 Ventajas de los satélites de comunicaciones respecto a sistemas radioeléctricos y sistemas alámbricos y ópticos de tipo terrestre.

6 El sistema de comunicación por satélite y estructura de un satélite

Objetivo: El alumno explicará las características de los elementos que conforman a un sistema de comunicación por satélite y describirá los diversos subsistemas que componen a un satélite de comunicación.

Contenido:

- 6.1 Elementos de un sistema de comunicación por satélite.
 - 6.1.1 Segmento espacial.
 - 6.1.2 Segmento terrestre.
- 6.2 Requerimientos para satélites geoestacionarios.
- 6.3 Requerimientos para satélites no geoestacionarios.
- 6.4 Estructura de un satélite (por subsistemas).
 - 6.4.1 Subsistema de antenas.
 - 6.4.2 Subsistema de comunicaciones.
 - 6.4.3 Subsistema de energía eléctrica.
 - 6.4.4 Subsistema de control térmico.
 - 6.4.5 Subsistema de posicionamiento y orientación.
 - 6.4.6 Subsistema de propulsión.
 - 6.4.7 Subsistema de rastreo, telemetría y comando.
 - 6.4.8 Subsistema estructural.

7 Propagación de ondas de radioeléctricas para comunicaciones satelitales

Objetivo: El alumno analizará los diversos fenómenos o mecanismos que alteran la propagación de las ondas radioeléctricas, principalmente las microondas, en las comunicaciones espaciales o satelitales.

Contenido:

- 7.1 Ángulos de elevación y azimut. Distancia satelital.
- 7.2 Efectos que alteran la propagación de las ondas radioeléctricas e influyen en la calidad de las comunicaciones satelitales.
 - 7.2.1 Efectos ionosféricos.
 - 7.2.2 Efectos troposféricos.
 - 7.2.3 Efectos por objetos a nivel de tierra.
 - 7.2.4 Efecto Doppler.
- 7.3 Tiempo de retardo.
- 7.4 Consideraciones para comunicaciones fijas por satélite.
- 7.5 Consideraciones para comunicaciones móviles por satélite.

8 Enlaces satelitales

Objetivo: El alumno explicará los diversos factores que intervienen en el diseño de un enlace satelital y siguiendo una metodología aprenderá a realizar los cálculos básicos de un enlace satelital para la transmisión de información.

Contenido:

8.1 Consideraciones básicas.

- 8.1.1 Configuración de los enlaces de comunicación por satélite.
- 8.1.2 Fuentes de ruido en los enlaces de comunicación por satélite.
- 8.1.3 Principales parámetros de los enlaces.
- 8.1.4 Potencia isotrópica radiada equivalente, PIRE.

8.2 Cálculos básicos.

- 8.2.1 Cálculo de la relación C/No en el enlace.
- 8.2.2 Calidad de la señal recibida y C/No requerida.
- 8.2.3 Cálculo de márgenes de lluvia.

8.3 Cálculo de interferencias.

- 8.3.1 Relación de protección contra interferencias.
- 8.3.2 Interferencia entre satélites.
- 8.3.3 Interferencia con sistemas terrestres.
- 8.3.4 Interferencia intra sistema.

9 Técnicas de acceso múltiple

Objetivo: El alumno analizará y comparará las diversas técnicas de acceso múltiple empleadas para que varias estaciones terrenas compartan los recursos de un satélite de comunicación.

Contenido:

9.1 El acceso múltiple y la distribución o compartición de canales.

9.2 Asignación de canales en el acceso multiple.

- 9.2.1 PAMA.
- 9.2.2 DAMA.
- 9.2.3 Asignación aleatoria.

9.3 Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA).

- 9.3.1 Esquemas MCPC.
- 9.3.2 Esquema SCPC.
- 9.3.3 Sistema SPADE.
- 9.3.4 Efectos no lineales en los amplificadores del satélite e intermodulación.

9.4 Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA).

- 9.4.1 TDMA de acceso preasignado.
- 9.4.2 Asignación por demanda en TDMA.
- 9.4.3 TDMA con salto de transpondedores.
- 9.4.4 TDMA de conmutación satelital, SS-TDMA.

9.5 Acceso Múltiple por División de Código (CDMA).

- 9.5.1 CDMA de secuencia directa, CDMA-DS.
- 9.5.2 DMA de salto de frecuencia, CDMA-FH.
- 9.5.3 Sistemas híbridos, CDMA-DS/FH.
- 9.5.4 Ventajas y desventajas de CDMA.

9.6 Acceso múltiple aleatorio.

- 9.6.1 ALOHA puro.

9.6.2 ALOHA ranurado.

9.6.3 ALOHA esparcido.

10 Elementos de las estaciones terrenas

Objetivo: El alumno examinará los diversos elementos que componen a una estación terrena y describirá las características particulares de las estaciones terrenas de acuerdo al servicio en que participen.

Contenido:

10.1 Antenas.

10.2 Sistema de rastreo (o seguimiento).

10.3 El transmisión.

10.3.1 Moduladores y codificadores.

10.3.2 Convertidor de subida.

10.3.3 Amplificador de alta potencia, HPA (TWT, SSPA).

10.4 El receptor.

10.4.1 Amplificador de bajo ruido, LNA (FET, paramétrico).

10.4.2 Convertidor de bajada.

10.4.3 Demoduladores y decodificadores.

10.5 Sistema de supervisión y control.

10.6 Interfaces y enlaces con redes terrenales.

10.7 Alimentación de energía.

10.8 Tipos de estaciones terrenas.

10.8.1 De servicio fijo.

10.8.2 Radiodifusión directa por satélite.

10.8.3 De servicio móvil.

11 Sistemas de comunicaciones por satélite

Objetivo: El alumno clasificará los diversos sistemas de comunicación por satélite de acuerdo al servicio de radiocomunicaciones en que participan y describirá las características de cada uno de ellos.

Contenido:

11.1 Características de los sistemas de satélites para una cobertura global, regional o doméstica.

11.2 Sistemas de servicio fijo por satélites geoestacionarios (FSS/GEO).

11.2.1 Sistemas de cobertura global (ej. INTELSAT).

11.2.2 Sistemas regionales (ej. SATMEX, PanamSat, HISPASAT, Nahuelsat).

11.3 Sistemas de servicio móvil por satélites geoestacionarios (MSS/GEO).

11.3.1 Sistemas de cobertura global (ej. INMARSAT).

11.3.2 Sistemas regionales (ej. MSAT).

11.3.3 Sistemas domésticos (ej. Solidaridad 2).

11.4 Sistemas de servicio móvil por satélites no geoestacionarios (MSS/NGEO).

11.4.1 Sistemas de órbita baja grandes, Big LEOs (ej. IRIDIUM, GLOBALSTAR).

11.4.2 Sistemas de órbita baja pequeños, Little LEOs (ej. Orbcomm).

11.4.3 Sistemas de órbita media, MEOs.

11.5 Sistemas de satélites rusos.

11.6 Sistemas para difusión de programas de televisión y de audio (DBS/GEO).

Bibliografía básica

Temas para los que se recomienda:

ANGUEIRA, Pablo, ROMO, Juan

Microwave Line of Sight Link Engineering

2nd edition

John Wiley & Sons, 2012

Todos

BRAUN, Teresa M.

Satellite Communications. Payload and Systems

2nd edition

Wiley IEEE, 2012

Todos

ELBERT, Bruce

Introduction to Satellite Communication

3rd edition

Artech House, 2008

Todos

GHASEMI, Abdollah, ABEDI, Ali, GHASEMI, Farshid

Propagation Engineering in Radio Link Design

2nd edition

Springer, 2013

Todos

IPPOLITO, Louis J.

Satellite Communications Systems Engineering: Atmospheric

Effects, Satellite Link Design and System Performance 3rd edition

Wiley 2008

Todos

KIZER, George

Digital Microwave Communication

4th edition

Wiley-IEEE, 2012

Todos

LAPHPAMER, Harvey

Microwave Transmission Networks (Planning, Design and

Deployment) 2nd edición

McGraw Hill Co., 2010

Todos

MANNING, Trevor

Microwave Radio Transmission Design Guide

2nd edición

Artech House, 2009

Todos

MARAL, Gerard, BOUSQUET, Michel, SUN, Zhilli

Satellite Communication Systems, Systems, Techniques and

Todos

Technology 5th edition
Wiley

Bibliografía complementaria

Temas para los que se recomienda:

FREEMAN, Roger L.

Radio System Desing for Telecommunications

3rd edition

New York

Wiley IEEE 2007

Todos

ITU, International Telecommunications Union

ITU Handbook on Satellite Communications

3rd edition

John Wiley & Sons, 2002

Todos

NERI VELA, Rodolfo

Comunicaciones por Satélite

International Thomson Editores, 2003

Todos

PRATT, Timothy, BOSTIAN, Charles W., ALNUTT, Jeremy E.

Satellite Communications

2nd edition

John Wiley & Sons, 2002

Todos

RODY, Dennis J.

Satellite Communication

4th edition

McGraw-Hill., 2006

Todos

SALEMA, Carlos

Microwave Radio Links

New York

John Wiley & Sons, 2003

Todos

Sugerencias didácticas

Exposición oral	☒
Exposición audiovisual	☒
Ejercicios dentro de clase	☒
Ejercicios fuera del aula	☒
Seminarios	☐
Uso de software especializado	☐
Uso de plataformas educativas	☐

Lecturas obligatorias	☐
Trabajos de investigación	☒
Prácticas de taller o laboratorio	☐
Prácticas de campo	☐
Búsqueda especializada en internet	☐
Uso de redes sociales con fines académicos	☐

Forma de evaluar

Exámenes parciales	☒
Exámenes finales	☒
Trabajos y tareas fuera del aula	☒

Participación en clase	☒
Asistencia a prácticas	☐

Perfil profesiográfico de quienes pueden impartir la asignatura

Licenciatura en Ingeniería en Telecomunicaciones, Comunicaciones, Electrónica o similar. Con experiencia laboral en el área de radiocomunicaciones (principalmente en planeación e instalación de sistemas de microondas y estaciones terrenas, cálculo de enlaces y conocimiento de normas y reglamentos de telecomunicaciones). Tener estudios de posgrado y contar con experiencia docente o con preparación en los programas de formación docente en la disciplina y en didáctica.