



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingeniería y Sistemas
de Telecomunicación

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

595010342 - Comunicaciones Mviles

PLAN DE ESTUDIOS

59SC - Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicación

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2020/21 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Requisitos previos obligatorios.....	2
4. Conocimientos previos recomendados.....	2
5. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
6. Descripción de la asignatura y temario.....	4
7. Cronograma.....	8
8. Actividades y criterios de evaluación.....	11
9. Recursos didácticos.....	14
10. Otra información.....	15

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	595010342 - Comunicaciones Mviles
No de créditos	4.5 ECTS
Carácter	Optativa
Curso	Cuarto curso
Semestre	Séptimo semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	59SC - Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicacion
Centro responsable de la titulación	59 - Escuela Tecnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicacion
Curso académico	2020-21

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Juan Anton Moreno Garcia-Loygorri	D8418	juan.moreno.garcia-loygorri@upm.es	Sin horario.
Antonio Perez Yuste (Coordinador/a)	D8304	antonio.perez@upm.es	Sin horario.
Pedro Garcia Del Pino	D8210	pedro.gdelpino@upm.es	Sin horario.

Cesar Briso Rodriguez	D8416	cesar.briso@upm.es	Sin horario.
Jose Enrique Gonzalez Garcia	D8415	joseenrique.gonzalez@upm. es	Sin horario.

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

3. Requisitos previos obligatorios

3.1. Asignaturas previas requeridas para cursar la asignatura

- Sistemas de Radiocomunicacion
- Sistemas de Telecomunicacion

3.2. Otros requisitos previos para cursar la asignatura

El plan de estudios Grado En Ingeniería De Sistemas De Telecomunicacion no tiene definidos requisitos para esta asignatura.

4. Conocimientos previos recomendados

4.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Transmision Y Propagacion De Ondas
- Teoria De La Comunicacion

4.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Utilización y programación en Matlab
- Habilidades en el manejo de instrumentación: generador de RF, analizador de espectros y osciloscopio, principalmente
- Manejo, búsqueda y comprensión de información de artículos y en Internet (en español e inglés).
- Conocimiento de los procedimientos de medida y caracterización de equipos y sistemas

5. Competencias y resultados de aprendizaje

5.1. Competencias

CE SC02 - Capacidad para aplicar las técnicas en que se basan las redes, servicios y aplicaciones de telecomunicación tanto en entornos fijos como móviles, personales, locales o a gran distancia, con diferentes anchos de banda, incluyendo telefonía, radiodifusión, televisión y datos, desde el punto de vista de los sistemas de transmisión.

CE SC05 - Capacidad para la selección de antenas, equipos y sistemas de transmisión, propagación de ondas guiadas y no guiadas, por medios electromagnéticos, de radiofrecuencia u ópticos y la correspondiente gestión del espacio radioeléctrico y asignación de frecuencias.

CE TEL01 - Capacidad para aprender de manera autónoma nuevos conocimientos y técnicas adecuados para la concepción, el desarrollo o la explotación de sistemas y servicios de telecomunicación.

CE TEL16 - Conocimiento de la normativa y la regulación de las telecomunicaciones en los ámbitos nacional, europeo e internacional.

CG 02 - Capacidad de búsqueda y selección de información, de razonamiento crítico y de elaboración y defensa de argumentos dentro del área.

CG 04 - Capacidad de abstracción, de análisis y de síntesis y de resolución de problemas.

CG 10 - Capacidad para manejar especificaciones, reglamentos y normativas y la aplicación de las mismas en el desarrollo de la profesión.

5.2. Resultados del aprendizaje

RA284 - Diseño y planificación de redes y sistemas de comunicaciones móviles

RA285 - Utilización de los procedimientos y técnicas de medida y caracterización de estos sistemas y de los elementos de comunicaciones implicados

RA281 - Cálculo de los balances de enlace y de la calidad de los sistemas de Comunicaciones Móviles

RA282 - Descripción y comparación de los principales sistemas digitales de comunicaciones móviles europeos (TETRA, GSM/GPRS, UMTS, LTE), incluidas la arquitectura, servicios, interfaces, las diferentes capas y en especial la correspondiente al interfaz radio

RA283 - Análisis de la estructura de ráfagas y tramas y de los procedimientos de codificación y modulación utilizados

RA280 - Análisis y simulación del canal móvil y de los modelos de propagación

6. Descripción de la asignatura y temario

6.1. Descripción de la asignatura

This course is intended for senior undergraduate students in telecommunication systems engineering who wish to become familiarised with the state of the art on the standards used in modern mobile communication systems, like LTE, and in broadband wireless data networks, like WiFi.

Fundamental concepts of cellular systems, mobile wireless channel, and wireless networks and systems will be examined, and a number of practical abilities will be developed through some hands-on guided activities.

Keywords: Mobile Communications, Wireless Communications, GSM, 2G, UMTS, 3G, LTE, 4G, 5G, WLAN, WiFi, Bluetooth

6.2. Temario de la asignatura

1. T1. Introduction to wireless communications
 - 1.1. Introduction
 - 1.2. The wireless virtues
 - 1.3. The radio spectrum
 - 1.4. Roadmap of cellular communications
 - 1.5. Roadmap for wireless networking
 - 1.6. The wireless market figures
 - 1.7. Standardization bodies
2. T2. Cellular systems foundations
 - 2.1. Introduction
 - 2.2. Traffic capacity and grade of service
 - 2.3. The cellular concept
 - 2.4. Frequency reuse and cluster formation
 - 2.5. Handover strategies
 - 2.6. Co-channel and adjacent-channel interferences
 - 2.7. Signal-to-Interference Ratio (SIR)
3. L1. Wireless spectrum measurements
 - 3.1. Frequency bands of wireless communication services
 - 3.2. Channeling and bandwidth
 - 3.3. Spectrum analyzer and broadband receiving antennas use case
 - 3.4. Power spectral density measurements
4. T3. The wireless channel
 - 4.1. Introduction
 - 4.2. Impairments of the wireless channel
 - 4.3. Path loss exponent
 - 4.4. Shadowing
 - 4.5. Fast fading

- 4.6. Delay spread and coherence bandwidth
- 4.7. Doppler shift and coherence time
- 4.8. Input/Output model of the wireless channel
- 5. T4. Broadband mobile communication systems: 3G-UMTS
 - 5.1. Introduction
 - 5.2. UMTS architecture
 - 5.3. UMTS strata and channels
 - 5.4. Spread spectrum, DS-CDMA
 - 5.5. Channelization and spreading codes
 - 5.6. Hybrid ARQ
 - 5.7. UMTS Handover
 - 5.8. Power control and breathing
- 6. T5. Broadband mobile communication systems: 4G-LTE
 - 6.1. Releases and general specifications
 - 6.2. Overall architecture
 - 6.3. Physical transmission resources
 - 6.4. Physical channels and signals
 - 6.5. Radio resources management
 - 6.6. Multi-antenna techniques
 - 6.7. Planning of the LTE radio network
 - 6.8. LTE Advanced
- 7. L2. LTE Vienna Simulator
 - 7.1. Effect of the channel-dependent scheduler in a transmission
 - 7.2. Throughput and spectral efficiency in different scenarios
 - 7.3. Transmission modes in LTE downlink transmission
- 8. T6. Broadband wireless data networks
 - 8.1. General features of a wireless data network
 - 8.2. Wireless local area networks: IEEE 802.11
 - 8.3. Wireless Personal Area Networks: Bluetooth, Zigbee, LoRa

- 8.4. Wireless body area networks: IEEE 802.15
- 9. L3. WiFi measurements with Ekahau
 - 9.1. Introduction to Ekahau
 - 9.2. Site survey routine
 - 9.3. Testing of WiFi access points
 - 9.4. WiFi spectrum analysis
 - 9.5. Troubleshooting
- 10. T7. The road to 5G
 - 10.1. Overall system overview
 - 10.2. Spectrum for 5G
 - 10.3. New radio (NR)
 - 10.4. Multi-antenna techniques: beam forming, massive MIMO
- 11. L4. 5G channel sounding
 - 11.1. Direct RF pulse channel sounding
 - 11.2. Sliding correlator channel sounding
 - 11.3. Frequency domain channel sounding
- 12. T8. Closing conference and final survey
 - 12.1. Keynote speech
 - 12.2. Final survey

7. Cronograma

7.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	T1. Introduction to wireless communications Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral T2. Cellular systems foundations Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		T1. Introduction to wireless communications Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas T2. Cellular systems foundations Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas	T1. Introduction ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 01:00
2	T2. Cellular systems foundations Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral T2. Cellular systems foundations Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		T2. Cellular systems foundations Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas T2. Cellular systems foundations Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas	T2. Cellular systems ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 01:00
3	T3. The wireless channel Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	L1. Wireless spectrum measurements Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	T3. The wireless channel Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas L1. Wireless spectrum measurements Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas	L1. Wireless spectrum measurements TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 04:00
4	T3. The wireless channel Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral T3. The wireless channel Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		T3. The wireless channel Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas T3. The wireless channel Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas	
5	T3. The wireless channel Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral T4. Broadband mobile communication systems: 3G-UMTS Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		T3. The wireless channel Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas T4. Broadband mobile communication systems: 3G-UMTS Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas	T3. The wireless channel ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 01:00
6	T4. Broadband mobile communication systems: 3G-UMTS Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral T5. Broadband mobile communication systems: 4G-LTE Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		T4. Broadband mobile communication systems: 3G-UMTS Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas T5. Broadband mobile communication systems: 4G-LTE Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas	T4. 3G-UMTS ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 01:00

7	<p>T5. Broadband mobile communication systems: 4G-LTE Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>T5. Broadband mobile communication systems: 4G-LTE Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>		<p>T5. Broadband mobile communication systems: 4G-LTE Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p> <p>T5. Broadband mobile communication systems: 4G-LTE Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>	
8	<p>T5. Broadband mobile communication systems: 4G-LTE Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>L2. LTE Vienna Simulator Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p>T5. Broadband mobile communication systems: 4G-LTE Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p> <p>L2. LTE Vienna Simulator Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>	<p>T5. 4G-LTE ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 01:00</p> <p>L2. LTE Vienna Simulator TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 04:00</p>
9	<p>T6. Broadband wireless data networks Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>L2. LTE Vienna Simulator Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p>T6. Broadband wireless data networks Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p> <p>L2. LTE Vienna Simulator Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>	<p>L2. LTE Vienna Simulator TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 04:00</p>
10	<p>T6. Broadband wireless data networks Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>L3. WiFi measurements with Ekahau Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p>T6. Broadband wireless data networks Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p> <p>L3. WiFi measurements with Ekahau Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>	<p>L3. WiFi Measurements with Ekahau TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 04:00</p> <p>T6. Broadband wireless data networks ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 01:00</p>
11	<p>T7. The road to 5G Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>L4. 5G Channel Sounding Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p>T7. The road to 5G Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p> <p>L4. 5G Channel Sounding Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>	<p>L4. 5G Channel Sounding TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 04:00</p> <p>T7. The road to 5G ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 01:00</p>
12	<p>T8. Closing conference and survey Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas</p>		<p>T8. Closing conference and survey Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>	
13				
14				

15				
16				
17				T1-T8. Course final exam EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 04:00

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

8. Actividades y criterios de evaluación

8.1. Actividades de evaluación de la asignatura

8.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
1	T1. Introduction	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	01:00	6%	5 / 10	CE TEL16 CG 02
2	T2. Cellular systems	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	01:00	12%	5 / 10	CG 04 CE SC02 CE TEL01
3	L1. Wireless spectrum measurements	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:00	8%	5 / 10	CG 10 CE SC05 CE TEL16
5	T3. The wireless channel	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	01:00	12%	5 / 10	CG 04 CE TEL01 CE TEL16 CG 02 CG 10
6	T4. 3G-UMTS	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	01:00	6%	5 / 10	CE TEL01 CE TEL16 CE SC05
8	T5. 4G-LTE	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	01:00	12%	5 / 10	CE TEL01 CG 04 CE SC02 CE TEL16 CG 02
8	L2. LTE Vienna Simulator	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:00	8%	5 / 10	CG 10 CE SC05 CG 04
9	L2. LTE Vienna Simulator	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:00	8%	5 / 10	CG 10 CE SC05 CG 04

10	T6. Broadband wireless data networks	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	01:00	6%	5 / 10	CE TEL16 CG 10 CG 04 CE SC02
10	L3. WiFi Measurements with Ekahau	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:00	8%	5 / 10	CG 02 CG 10 CG 04 CE SC02
11	T7. The road to 5G	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	01:00	6%	5 / 10	CE SC02 CE TEL16 CG 02
11	L4. 5G Channel Sounding	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	04:00	8%	5 / 10	CE SC05 CE SC02 CE TEL01 CG 02

8.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
3	L1. Wireless spectrum measurements	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:00	8%	5 / 10	CG 10 CE SC05 CE TEL16
8	L2. LTE Vienna Simulator	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:00	8%	5 / 10	CG 10 CE SC05 CG 04
9	L2. LTE Vienna Simulator	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:00	8%	5 / 10	CG 10 CE SC05 CG 04
10	L3. WiFi Measurements with Ekahau	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:00	8%	5 / 10	CG 02 CG 10 CG 04 CE SC02
11	L4. 5G Channel Sounding	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	04:00	8%	5 / 10	CE SC05 CE SC02 CE TEL01 CG 02
17	T1-T8. Course final exam	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	04:00	60%	5 / 10	CE SC05 CG 04 CE SC02 CE TEL01 CE TEL16 CG 02 CG 10

8.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
La evaluación de la convocatoria extraordinaria tendrá las mismas características que la evaluación según solo prueba final?	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	04:00	60%	5 / 10	CE SC05 CG 04 CE SC02 CE TEL01 CE TEL16 CG 02 CG 10

8.2. Criterios de evaluación

En función del número de alumnos matriculados, podrán hacerse dos grupos de laboratorio (A y B), que realizarán las prácticas presenciales o a distancia en diferentes días. En el cronograma y en la evaluación, se muestra sólo uno de los grupos.

La asistencia a las clases de teoría y a las clases de laboratorio es obligatoria, incluso en la modalidad a distancia.

Los contenidos teóricos se evaluarán de forma continua, a lo largo del curso, mediante pruebas que se realizarán utilizando la plataforma Moodle, tanto en la modalidad presencial, como en la modalidad a distancia. El peso total de esta parte es del 60%. La nota mínima necesaria para superar esta parte es de 5 puntos.

Los contenidos prácticos se evaluarán mediante la realización de una memoria individual sobre las actividades y medidas realizadas en el laboratorio, bien en la modalidad presencial, bien en la modalidad a distancia. Hay cuatro prácticas programadas. El peso total de esta parte es del 40%. La nota mínima necesaria para superar esta parte es de 5 puntos.

Los alumnos que elijan la modalidad de evaluación mediante sólo prueba final, tendrán que comunicarlo al coordinador de la asignatura el primer día de clase y no podrán regresar a la modalidad de evaluación continua en ningún momento posterior. En ese caso, deben realizar obligatoriamente las prácticas de la laboratorio señaladas en el temario, en las fechas establecidas, y deben superar un examen presencial escrito que se realizará en la fecha de la convocatoria oficial. Este examen incluirá todos los contenidos vistos en el curso y para aprobarlo será necesario alcanzar una nota mínima de 5 puntos.

9. Recursos didácticos

9.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Presentaciones de la asignatura	Recursos web	Plataforma Teleenseñanza Moodle
Guiones de prácticas	Recursos web	Plataforma Teleenseñanza Moodle
José M. Hernando et al.	Bibliografía	Comunicaciones Móviles, 3ª ed, Ed. Centro de Estudios Ramón Areces, Madrid, 2015
Laboratorio Sistemas de Telecomunicación	Equipamiento	6 puestos de laboratorio de Sistemas de Telecomunicación/Radiocomunicación (Fuente de alimentación, Generador de señales digitales, Generador de RF, Osciloscopio y Analizador de espectros) y otro equipamiento adicional
Laboratorio de Ordenadores del departamento	Equipamiento	6 puestos con ordenador. Matlab y Software para análisis, simulación y cálculo de sistemas de comunicaciones móviles. Software Ekahau y Sidekick para medidas.
Tse, D. and Viswanath, P.	Bibliografía	Fundamentals of Wireless Communications, Cambridge University Press, 2005
Du, K.L and Swamy, M.N.S.	Bibliografía	Wireless Communication Systems, Cambridge University Press, New York, 2010
Dahlman, E.	Bibliografía	4G, LTE-Advanced Pro and The Road to 5G, 3ª ed., Academic Press, 2016
Cox, C.	Bibliografía	An Introduction to LTE, John Wiley & Sons, West Sussex, UK, 2012.
3GPP	Recursos web	The 3rd Generation Partnership Project, http://www.3gpp.org/
IEEE 802.11	Recursos web	IEEE 802.11 wireless local area networks standards: http://www.ieee802.org/11/

Dahlman, E. et al.	Bibliografía	5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology. Academic Press, 2018
Rappaport, T. S.	Bibliografía	Wireless Communications: Principles and Practice, Ed. Prentice-Hall, 2nd ed, 2002
Cox C.	Bibliografía	Essentials of UMTS, Ed. Cambridge University Press, 2008

10. Otra información

10.1. Otra información sobre la asignatura

Esta asignatura ha sido diseñada siguiendo el formato, denominado por el Rectorado, "bimodal". En el caso de suspensión de la actividad presencial debido a una alerta sanitaria, las clases pasarían a impartirse a través de la plataforma Microsoft Teams, mediante la creación de un aula virtual creada especialmente al efecto.