

# Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación 30354 - Redes móviles

Guía docente para el curso 2012 - 2013

Curso: 3, Semestre: 2, Créditos: 6.0

---

## Información básica

---

### Profesores

- Antonio Valdovinos Bardají [toni@unizar.es](mailto:toni@unizar.es)

### Recomendaciones para cursar esta asignatura

Para seguir con normalidad esta asignatura es imprescindible que el alumno que quiera cursarla haya cursado y superado previamente las asignaturas obligatorias comunes Fundamentos de Redes y [Tecnologías e interconexión de redes de segundo curso y Planificación y Dimensionado de redes de tercer curso, así como la asignatura de tercer curso Redes de Acceso, de la Tecnología Específica de Telemática.](#)

Por otro lado se recomienda al alumno la asistencia activa a clase (tanto de teoría como de problemas y supuestos prácticos). Del mismo modo se recomienda al alumno el aprovechamiento y respeto de los horarios de tutorías del profesorado para la resolución de posibles dudas de la asignatura y un correcto seguimiento de la misma.

### Actividades y fechas clave de la asignatura

La asignatura se imparte en el segundo semestre del tercer curso de la titulación con un total de 6 créditos ECTS. Las actividades principales de la misma se dividen en clases teóricas, resolución de problemas o supuestos prácticos en clase, y prácticas de laboratorio, que requieren trabajos previos y posteriores, relacionadas con contenidos de la asignatura. Esta distribución tiene como objetivo fundamental facilitar la comprensión y asimilación de todo aquel conjunto de conceptos que permitan cubrir las competencias a adquirir por esta asignatura y su relación con las telecomunicaciones. Por último existirá una prueba global dividida en dos partes. Un examen final de evaluación de los contenidos teórico/prácticos, consistente en un test de respuesta múltiple en la que se evaluará el nivel de comprensión de los conceptos teóricos y la competencia en la resolución de problemas o supuestos prácticos, y un examen final de evaluación de prácticas de laboratorio. Esta prueba global, junto con las pruebas intermedias de evaluación y las prácticas de laboratorio desarrolladas a lo largo del curso, constituye la evaluación de la asignatura. Para más detalles relativos al sistema de evaluación consultar el apartado destinado para tal fin en esta guía docente.

Las fechas de inicio y finalización del curso y las horas concretas de impartición de la asignatura así como las fechas de realización de las prácticas de laboratorio se harán públicas atendiendo a los horarios fijados por la Escuela.

---

## Inicio

---

# Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

- 1:**  
R1. Conoce y utiliza el concepto de red móvil, diferencia y conoce la red de acceso y el núcleo de red y clasifica las redes móviles atendiendo a técnicas de conmutación, ámbito geográfico, modo de explotación y servicios proporcionados.
- 2:**  
R2. Comprende y describe las arquitecturas de las redes móviles, conoce los elementos de red y sus correspondientes funciones así como las relaciones entre ellas.
- 3:**  
R3. Conoce y comprende las características fundamentales de los principales sistemas de comunicaciones móviles en servicio y las tendencias evolutivas en ámbitos de área extensa, metropolitana, local y personal, así como los servicios proporcionados.
- 4:**  
R4. Comprende las necesidades de regulación derivadas del uso del espectro radioeléctrico y conoce las implicaciones del uso de bandas libres y licenciadas.
- 5:**  
R5. Conoce los distintos procedimientos de gestión de recursos radio, gestión de la movilidad, gestión de conexiones y seguridad en redes móviles.
- 6:**  
R6. Comprende los conceptos de cobertura, capacidad y calidad de servicio y las relaciones entre ellos, conoce las herramientas y procedimientos necesarios para la planificación de redes celulares de diferentes tecnologías de acceso y sabe dimensionar la red de acceso en lo que se refiere a los recursos radio.
- 7:**  
R7. Sabe plantear todas las implicaciones de instalación técnica, despliegue de infraestructuras, rentabilidad económica y captación de clientes en los nuevos modelos de negocio soportados por las redes móviles.
- 8:**  
R8. Sabe aplicar los conceptos aprendidos en el equipamiento comercial del laboratorio adquiriendo autonomía en el trabajo y tomando contacto con tecnologías de amplio uso en el mundo empresarial.
- 9:**  
R9. Desarrolla la habilidad de trabajar en equipo para realizar los diseños y configuraciones consideradas, repartiendo la carga de trabajo para afrontar problemas complejos, intercambiando información entre distintos grupos, de manera coordinada y organizada.
- 10:**  
R10. Plantea correctamente el problema a partir del enunciado propuesto e identifica las opciones para su resolución. Aplica el método de resolución adecuado e identifica la corrección de la solución.
- 11:**  
R11. Identifica, modela y plantea problemas a partir de situaciones abiertas. Explora y aplica las alternativas para su resolución. Maneja aproximaciones.
- 12:**  
R12. Desarrolla el espíritu crítico antes las soluciones planteadas y la capacidad de seleccionar la mejor opción tecnológica, justificando la selección en parámetros técnicos, económicos y de usabilidad.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

La asignatura Redes Móviles se enmarca dentro de la materia Arquitectura de Redes y Servicios de la tecnología específica Telemática, que engloba otras tres asignaturas obligatorias, con las cuales guarda relación. Tiene como las anteriores, carácter obligatorio en el itinerario de Telemática.

Esta asignatura proporcionará al alumno el conocimiento y la comprensión de los aspectos técnicos, económicos, regulatorios, etc. que caracterizan a los servicios de comunicaciones en movilidad, de los principios en los que se basan las comunicaciones inalámbricas, de las tecnologías de acceso radioeléctrico utilizadas por los diferentes sistemas de comunicaciones móviles de área extensa, de los procedimientos y funciones que debe implementar una red móvil y de la metodología de análisis, diseño, dimensionado y optimización de redes móviles celulares.

La asignatura consta de 6 créditos ECTS, que se distribuyen en sesiones presenciales de presentaciones teóricas, clases de problemas, prácticas de laboratorio y actividades de trabajo personal del estudiante.

---

## Contexto y competencias

---

### Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

#### La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

El objetivo general de esta asignatura es que el alumno conozca los principios de funcionamiento de las principales tecnologías en las que se basan las redes móviles y, teniendo en cuenta aspectos tales como el área de cobertura, los servicios proporcionados, el número de usuarios, el modo de explotación, etc., comprenda la metodología de dimensionado y planificación de las redes móviles y sea capaz de aplicarla utilizando las herramientas usadas en el ámbito empresarial.

#### Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

La asignatura forma parte de la materia denominada Arquitectura de Redes y Servicios que cubre competencias obligatorias dentro de la titulación del grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación en la tecnología específica de Telemática.

Los resultados de aprendizaje de esta asignatura servirán de complemento a las asignaturas de Redes de Acceso, Redes de Transporte y Diseño y Evaluación de Redes que forman parte de la misma materia, proporcionando al alumno el conjunto de todas ellas, la visión global que éste necesita sobre la construcción, explotación y gestión las redes de telecomunicación. Asimismo, conjuntamente con las restantes asignaturas de la materia, servirá de base para otras asignaturas de la materia Diseño de Servicios Telemáticos, especialmente para la asignatura Calidad de Servicio en Redes de Comunicaciones.

#### Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...

- 1:**  
(C1) Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de Ingeniería.
- 2:**  
(C2) Planificar, presupuestar, organizar, dirigir y controlar tareas, personas y recursos.
- 3:**  
(C3) Combinar los conocimientos generalistas y los especializados de Ingeniería para generar propuestas innovadoras y competitivas en la actividad profesional.
- 4:**  
(C4) Resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
- 5:**  
(C5) Comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en castellano.
- 6:**  
(C6) Usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería necesarias para la práctica de la misma.
- 7:**  
(C9) La gestión de la información, manejo y aplicación de las especificaciones técnicas y la legislación necesarias para la práctica de la Ingeniería.

**8:** (C10) Aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo.

**9:**  
(C11) Aplicar las tecnologías de la información y las comunicaciones en la Ingeniería.

**10:**  
(CT2) Aplicar las técnicas en que se basan las redes, servicios y aplicaciones telemáticas, tales como sistemas de gestión, señalización y conmutación, encaminamiento y enrutamiento, seguridad (protocolos criptográficos, tunelado, cortafuegos, mecanismos de cobro, de autenticación y de protección de contenidos), ingeniería de tráfico (teoría de grafos, teoría de colas y teletráfico) tarificación y fiabilidad y calidad de servicio, tanto en entornos fijos, móviles, personales, locales o a gran distancia, con diferentes anchos de banda, incluyendo telefonía y datos.

**11:**  
(CT3) Construir, explotar y gestionar servicios telemáticos utilizando herramientas analíticas de planificación, de dimensionado y de análisis.

**12:**  
(CT4) Describir, programar, validar y optimizar protocolos e interfaces de comunicación en los diferentes niveles de una arquitectura de redes.

**13:**  
(CT5) Seguir el progreso tecnológico de transmisión, conmutación y proceso para mejorar las redes y servicios telemáticos.

**14:**  
(CT6) Diseñar arquitecturas de redes y servicios telemáticos

### **Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:**

La comprensión de *Redes Móviles*, así como de los principios en los que esta materia se sustenta es imprescindible para el ejercicio de las competencias de un graduado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación y en particular en su perfil Telemático, por lo que las capacidades adquiridas en esta asignatura serán de gran utilidad para su formación.

Igualmente, adquiere gran importancia la formación recibida en el laboratorio, pues promueve la aplicación práctica de los contenidos teóricos derivados de la descripción de estándares (tipos de tecnología para el acceso móvil, sus correspondientes protocolos, y mecanismos de cálculo de cobertura y capacidad) y el análisis crítico de los resultados derivados de las tareas de planificación, dimensionado y optimización de la red y de las prestaciones recibidas por el usuario.

---

## **Evaluación**

### **Actividades de evaluación**

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

**1:**  
El alumno dispondrá de una prueba global en cada una de las convocatorias establecidas a lo largo del curso. Las fechas y horarios de las pruebas vendrán determinadas por la Escuela. La calificación de dicha prueba se obtendrá de la siguiente forma:

**E1: Examen final (100%).** Puntuación de 0 a 10 puntos. Consta de dos partes:

**E1A: Examen de contenidos teórico/prácticos (80%).** Puntuación de 0 a 10 puntos. Se trata de un examen escrito tipo test de respuesta múltiple (las respuestas incorrectas penalizarán como  $1/(N-1)$  siendo N el nº de posibles respuestas). Se exigirá una nota mínima de 5 puntos sobre 10. Mediante esta prueba se evalúan los resultados de aprendizaje desde R1 a R8, R10, R11 y R12. En consecuencia, el test incluye tanto

preguntas teóricas como preguntas que implican la resolución de problemas, con resultados numéricos concretos.

El alumno estará eximido de realizar este examen cuando haya obtenido en la prueba alternativa (E2A) una nota superior a 5 puntos sobre 10, si bien siempre puede optar por realizar el examen final. En ese caso, la calificación obtenida será la de la prueba final.

*Para superar la asignatura es necesaria una puntuación mínima de 5 puntos sobre 10 en el Examen de Contenidos Teórico/Prácticos.*

**E1B: Prueba final de prácticas de laboratorio (20%).** Puntuación de 0 a 10 puntos. Sólo deberá ser realizada por los estudiantes que no hayan superado las prácticas durante el periodo docente. Consiste en la resolución de un ejercicio práctico en el laboratorio que será evaluado oralmente y mediante un cuestionario escrito. Este ejercicio podrá incluir contenidos de todas las prácticas realizadas durante el periodo docente, sin excluir aspectos específicamente relacionados con el manejo de las herramientas utilizadas en las mismas. La prueba se realizará en el laboratorio el mismo día en el que se realice el examen de contenidos teórico/práctico, si bien, dado el carácter individualizado de la evaluación, podría ser necesario programar estas pruebas en días diferentes, lo que será notificado a los estudiantes afectados con suficiente antelación. En cualquier caso, un alumno que tiene liberada esta parte, siempre puede optar por realizar la prueba final. En ese caso, la calificación obtenida será la de la prueba final.

*Para superar la asignatura es necesaria una puntuación mínima de 4,5 puntos sobre 10 en la Prueba final de prácticas de laboratorio.*

## **E2: Pruebas intermedias de evaluación**

**E2A. Pruebas intermedias teórico-prácticas.** Puntuación de 0 a 10 puntos cada prueba. A lo largo del curso se realizarán dos pruebas tipo test de respuesta múltiple (las respuestas incorrectas penalizarán como  $1/(N-1)$  siendo N el nº de posibles respuestas). Servirán para evaluar los contenidos teórico-prácticos de cada bloque. Tendrán un nivel de dificultad similar al examen final y servirán para evaluar los resultados de aprendizaje desde R1 a R8, R10, R11 y R12. Estas pruebas tendrán carácter voluntario para los alumnos y serán anunciadas con suficiente antelación durante el curso. La calificación de estas pruebas representará el 80% de la nota final. El alumno que obtenga una puntuación media mínima de 5 puntos sobre 10 en estas pruebas y en ambas supere los 4,5 puntos sobre 10, quedará liberado de realizar la prueba de la parte correspondiente en el examen final

**E2B: Prácticas de laboratorio (20%):** Puntuación de 0 a 10 puntos. La realización de las prácticas de laboratorio es obligatoria para todos los alumnos. La evaluación de las prácticas de laboratorio, en las sesiones programadas durante el curso, se realizará, para los alumnos que asistan a todas ellas, mediante la presentación de estudios o trabajos previos cuando estos sean necesarios para el desarrollo de la práctica, el informe de seguimiento de la misma y la resolución de una serie de cuestiones al finalizar la práctica (unidad completa de una o más sesiones). Estas pruebas tienen por objeto evaluar todas las competencias de la asignatura, con especial énfasis en las competencias C4, C6, CT2, CT3 y CT6. La calificación de estas pruebas representará el 20% de la nota final. La obtención de una calificación igual o superior a 4,5 puntos eximirá al alumno de realizar la prueba final práctica en el laboratorio. Los alumnos que no asistan a las prácticas deberán realizar la prueba final de prácticas de laboratorio de acuerdo con el procedimiento descrito en E1B.

### **En resumen:**

La nota final se calculará mediante la siguiente expresión:

$0,8 \times EA + 0,2 \times EB$  siempre que se cumplan las tres condiciones siguientes:

$$(0,8 \times EA + 0,2 \times EB) \geq 5 \text{ y } EA \geq 5 \text{ y } EB \geq 4,5$$

Donde

EA se obtiene a partir de la nota de los dos tests realizados en las pruebas intermedias de evaluación (E2A) o corresponde a la nota del examen final (E1A). Así, para los alumnos que realicen las pruebas intermedias y no realicen el examen final, si T1 y T2, son las notas obtenidas en cada uno de los tests intermedios:

$EA=E2A=0,5 \times T1 + 0,5 \times T2$  siempre que  $T1 \geq 4,5$  y  $T2 \geq 4,5$

Para los alumnos que realicen el examen final:

$EA=E1A$

Siendo E1A la nota obtenida en el examen final de contenidos teórico/prácticos

EB corresponde a la nota de las prácticas de laboratorio obtenida bien mediante la asistencia a las sesiones programadas y la evaluación continua (E2B) o bien mediante la prueba final de prácticas de laboratorio (E1B) de acuerdo a los procedimientos descritos anteriormente.

Si no se cumplen las condiciones anteriores, en la nota final figurará suspenso.

Las notas de E2 (E2A, E2B) se mantendrán para su cómputo en la siguiente convocatoria del mismo año académico. No se guardarán las notas de la prueba final para segunda convocatoria.

---

## Actividades y recursos

---

### Presentación metodológica general

**El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

Las metodologías de enseñanza-aprendizaje que se realizarán para conseguir los resultados de aprendizaje propuestos son las siguientes:

**M1: Clase magistral participativa** (35 horas). Exposición por parte del profesor de los principales contenidos de la asignatura, combinada con la participación activa del alumnado. Esta actividad se realizará en el aula de forma presencial. Esta metodología, apoyada con el estudio individual del alumno (M14) está diseñada para proporcionar a los alumnos los fundamentos teóricos del contenido de la asignatura.

**M8: Prácticas de aula** (10 horas). Resolución de problemas y casos prácticos propuestos por el profesor, con posibilidad de exposición de los mismos por parte de los alumnos de forma individual o en grupos autorizada por el profesor. Esta actividad se realizará en el aula de forma presencial, y puede exigir trabajo de preparación por parte de los alumnos (M13).

**M9: Prácticas de laboratorio** (15 horas). Los alumnos realizarán sesiones de prácticas de 2 horas de duración cada semana. Esta actividad se realizará de forma presencial en el Laboratorio de Prácticas 2.03 (Laboratorio de Telemática), del edificio Ada Byron. El trabajo a desarrollar se realizará mediante herramientas de planificación de redes móviles para resolver aspectos relacionados con los conceptos teóricos presentados en las clases magistrales y prácticas de aula. Cada práctica completa (considerada como unidad) podrá constar de una o más sesiones. Se requerirá la presentación de estudios o trabajos previos cuando éstos sean necesarios para el desarrollo de la práctica (M13) y la resolución de un breve cuestionario al finalizar (M15).

**M10: Tutoría.** Horario de atención personalizada al alumno con el objetivo de revisar y discutir los conceptos presentados

en las clases tanto teóricas como prácticas.

**M11: Evaluación.** Conjunto de pruebas teórico-prácticas y presentación de informes o cuestionarios utilizados en la evaluación del progreso del estudiante. El detalle de la evaluación se encuentra en la sección correspondiente a las actividades de evaluación.

## **Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)**

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

**1:** Sesiones teórico/prácticas en el aula, cuyos contenidos principales se organizan en las siguientes unidades temáticas:

### **Bloque 0. Introducción.**

- *Presentación de la asignatura.*
- *Revisión de conceptos generales.* Introducción y justificación de las redes móviles. Implicaciones de la movilidad.

### **Bloque 1. Fundamentos de los sistemas de comunicaciones móviles.**

- *Redes celulares. Funciones generales. Arquitectura de red móvil: Redes de acceso y núcleo de red.*
- *Espectro, estandarización y regulación.*
- *Efectos del canal radioeléctrico y de los sistemas de transmisión: Pérdidas de propagación, desvanecimientos lentos y rápidos, efecto Doppler. Clasificación de entornos. Interferencia co-canal, interferencia en canal adyacente, distorsión no lineal.*
- *Técnicas de ingeniería radio: Nivel físico: Modulación, codificación de canal, entrelazado, diversidad, ecualización de canal. Duplexado (FDD y TDD). Acceso Múltiple (FDMA, TDMA, CDMA, OFDMA).*
- *Tecnologías, servicios y aplicaciones: Sistemas celulares públicos, PMR, WLAN, WPAN, etc.*

### **Bloque 2. Funciones de red móvil.**

- *Gestión de la movilidad: Procedimientos de localización, paging, handover. Gestión de recursos radio. Gestión de la calidad de servicio.*
- *Arquitectura de red: Elementos funcionales de la red móvil. Topología de red. Redes 2G, 3G y 4G. Otras redes de acceso inalámbricas: Redes celulares (GSM, UMTS, LTE)*

### **Bloque 3. Redes celulares. Estructura de la interfaz radio. Definición y organización de canales físicos y lógicos. Implementación de las funciones de red sobre la interfaz radio.**

- *Redes móviles de segunda generación:*
  - 
  - *Redes celulares públicas: GSM, GPRS.*
  - *Redes celulares profesionales: TETRA.*
- *Redes móviles de tercera generación:*
  - 
  - *UMTS, HSDPA/HSUPA.*
- *Redes móviles de cuarta generación:*

### **Bloque 4. Dimensionado, planificación y optimización de redes celulares.**

- *Redes móviles públicas y privadas de segunda generación basadas en TDMA. Red de acceso y red troncal.*
- *Dimensionado de redes móviles de tercera generación basadas en CDMA. Red de acceso y red troncal.*

**2:** Sesiones presenciales de laboratorio, que tienen por objeto el desarrollo de las técnicas y procedimientos vistos en las sesiones teóricas y de problemas. Las prácticas de laboratorio se organizan en sesiones de 2 horas de duración cada una de ellas. Con carácter previo a la práctica de laboratorio, los alumnos realizarán un estudio previo cuando sea necesario para el desarrollo de la misma. Al finalizar la práctica, los alumnos resolverán un breve cuestionario para evaluar el grado de comprensión de los conceptos estudiados.

## Planificación y calendario

### Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

El calendario de la asignatura, tanto de las horas presenciales en aula (45 horas), como las sesiones de laboratorio (15 horas) estará definido por el centro en el calendario académico del curso correspondiente.

Las fechas para la realización de las pruebas de test (E2) y otras actividades programadas se indicarán con suficiente antelación por parte del profesor.

## Bibliografía y recursos

Como bibliografía se recomienda:

- J. Eberspächer, H.J. Vögel, C. Bettstetter, C. Hartmann, "GSM - Architecture, Protocols and Services. 3rd edition. Ed. Wiley, 2008.
- G. Heine, H. Sagkob, "GPRS: Gateway to Third Generation Mobile Networks". Ed. Artech House, 2003.
- J. Pérez Romero, O. Sallent, R. Agustí, M. A. Díaz-Guerra, " Radio Resource Management Strategies in UMTS". Ed. Wiley, 2005.
- H. Holma, A. Toskala, "WCDMA for UMTS - HSPA Evolution and LTE". Fourth edition. Ed. Wiley, 2007.
- E. Dahlman, S. Parkvall, J. Sköld, P. Beming, "3G Evolution: HSPA and LTE for Mobile Broadband". Second edition. Ed. Academic Press- Elsevier, 2008.

## Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- 4. WCDMA for UMTS - HSPA evolution and LTE / edited by Harri Holma and Antti Toskala . - 4th ed., repr. Chichester (England) : John Wiley & Sons, 2008
- Dahlman, E. 3G Evolution: HSPA and LTE for Mobile Broadband / E. Dahlman, S. Parkvall, J. Sköld, P. Beming. Academic Press- Elsevier, 2008.
- Eberspächer, J.. GSM - Architecture, Protocols and Services / J. Eberspächer, H.J. Vögel, C. Bettstetter, C. Hartmann Ed. Wiley, 2008
- Heine, G. GPRS: Gateway to Third Generation Mobile Networks / G. Heine, H. Sagkob Artech House, 2003
- Pérez Romero, J. Radio Resource Management Strategies in UMTS / J. Pérez Romero, O. Sallent, R. Agustí, M. A. Díaz-Guerra Wiley, 2005