



Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación 30349 - Redes de acceso

Guía docente para el curso 2012 - 2013

Curso: 3, Semestre: 1, Créditos: 6.0

Información básica

Profesores

- **María Ángela Hernández Solana** anhersol@unizar.es

- **Ignacio Martínez Ruiz** imr@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 de segundo curso Fundamentos de Redes y [Tecnologías e interconexión de redes](#). Asimismo, es imprescindible que el alumno haya cursado o esté cursando paralelamente la asignatura obligatoria común de tercer curso Planificación y Dimensionado de redes.

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 primer 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. Comprende e identifica las fronteras entre la instalación de usuario y la red de acceso.
- 2:**
R2. Clasifica las redes de acceso cableadas, atendiendo al medio de transmisión empleado (par trenzado, cable coaxial, fibra óptica,...), modo de explotación y servicios proporcionados, diferenciándolas de las redes de acceso móviles e inalámbricas
- 3:**
R3. Conoce y utiliza el concepto de red móvil, diferencia y conoce la red de acceso y el núcleo de red y clasifica las redes de acceso móviles e inalámbricas atendiendo a técnicas de conmutación, ámbito geográfico, modo de explotación y servicios proporcionados.
- 4:**
R4. Comprende y diferencia los servicios proporcionados por las diferentes redes de acceso cableadas.
- 5:**
R5. Conoce y comprende las características fundamentales de los principales sistemas de comunicaciones móviles e inalámbricas en servicio y las tendencias evolutivas en ámbitos de área metropolitana, local y personal, así como los servicios proporcionados.
- 6:**
R6. Comprende las necesidades de regulación derivadas de la liberación del acceso y conoce las implicaciones normativas de las instalaciones comunes de telecomunicaciones (ICTs).
- 7:**
R7. Conoce las tendencias de las actuales tecnologías de acceso, y su continua evolución en prestaciones, migración de medios de transmisión y equipos, así como los organismos de estandarización involucrados.
- 8:**
R8. Comprende las necesidades de regulación derivadas del uso del espectro radioeléctrico y conoce las implicaciones del uso de bandas libres y licenciadas.
- 9:**
R9. Analiza en detalle los distintos procedimientos de monitorización y gestión de tráfico a todos los niveles incluyendo análisis de rendimiento, utilización del canal y reparto de recursos de la red de acceso.
- 10:**
R10. 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 de acceso.
- 11:**
R11. 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.
- 12:**
R12. 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.
- 13:**
R13. 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.
- 14:**
R14. Identifica, modela y plantea problemas a partir de situaciones abiertas. Explora y aplica las alternativas para su resolución. Maneja aproximaciones.
- 15:**
R15. 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.

16: R16. Conoce y utiliza de forma autónoma y correcta las herramientas, instrumentos y aplicativos software disponibles en los laboratorios y lleva a cabo correctamente el análisis de los datos recogidos.

17:
R17. Desarrolla la habilidad de debatir contrastando argumentos y de expresarse oralmente.

Introducción

Breve presentación de la asignatura

La asignatura Redes de Acceso 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 tiene como objetivo proporcionar al alumno una visión panorámica de las distintas tecnologías y redes utilizadas para el acceso de los usuarios a las redes de telecomunicación más modernas, con énfasis especial en las redes de banda ancha, aunque no se excluyen redes de acceso a redes telefónicas estándar. El objetivo es conocer las ventajas e inconvenientes de cada tipo de red de acceso (tanto cableado como inalámbrico), el servicio ofrecido y así como su ámbito de aplicación. La asignatura hace especial énfasis en la descripción de las instalaciones de usuario y arquitecturas de red, en la descripción de los medios y mecanismos de transmisión a nivel físico, del nivel de enlace y acceso al medio (tipo de técnica acceso y descripción de los correspondientes protocolos utilizados) y de los protocolos y estrategias de control a todos los niveles empleados en cada caso, los motivos de su uso y diseño. Se hace énfasis en aspectos como la monitorización y gestión de tráfico, integración de servicios y provisión de calidad de servicio, análisis de prestaciones, dimensionado de la red y estimación de su rendimiento.

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 redes de acceso tanto cableadas como inalámbricas, sea capaz de identificar las potencialidades y limitaciones de cada una de ellas y de valorar la adecuación de su despliegue dependiendo del contexto, así como utilizar herramientas de análisis matemático para evaluar el rendimiento de los protocolos, las prestaciones observadas por los usuarios y planificar y dimensionar las instalaciones de red.

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 Transporte, Redes Móviles 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 de Acceso*, 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 accesos, sus correspondientes protocolos, y

mecanismos de gestión de tráfico y calidad de servicio) y el análisis crítico de los resultados derivados de las tareas de planificación de la red, análisis de rendimiento de la red o de 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 R10, R13, R14 y R15. En consecuencia, el test incluye tanto preguntas teóricas y como preguntas que implican la resolución de problemas, con resultados numéricos concretos.

El test se divide en dos partes, cada una de ellas con un peso del 50%, que servirán para evaluar los contenidos de los bloques 1 y 2, respectivamente. Para más detalles relativos a los contenidos de dichos bloques, consultar el apartado de actividades en esta guía docente.

El alumno estará eximido de realizar alguna de las partes o las dos, siempre y cuando haya obtenido en la prueba alternativa (E2A) de la/s parte/s que libera una nota superior a 5 puntos sobre 10. En cualquier caso, un alumno que tiene liberada una parte o las dos, siempre puede optar a repetir en el examen final la parte liberada. En todos los casos, la nota final de cada parte será la mejor de las notas conseguidas en la prueba alternativa y el examen.

Para superar la asignatura es necesaria una puntuación mínima de 5 puntos sobre 10 en el Examen de Contenidos Teórico/ Prácticos. Asimismo, es necesaria una puntuación mínima de 4,5 puntos sobre 10 en cada una de las dos partes en las que se divide el test.

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 cuestionario con contenidos de todas las prácticas realizadas durante el periodo docente, sin excluir aspectos específicamente relacionados con el manejo de las herramientas del laboratorio y configuración de escenarios de red. La prueba se realizará el mismo día que la prueba final Teórico-Práctico. 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.

Para aprobar la asignatura se requieren 5 puntos sobre 10 en la nota final.

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 R10, R13, R14 y R15. Estas pruebas tendrán carácter voluntario para los alumnos y serán anunciadas con suficiente antelación durante el curso. La calificación de estas pruebas puede

representar el 80% de la nota final. El alumno que obtenga una puntuación mínima de 5 puntos sobre 10 en alguna de estas pruebas, quedará liberado de realizar la prueba de la parte correspondiente en el examen final de contenidos teórico-prácticos. Adicionalmente, el alumno que obtenga una puntuación media mínima de 5 puntos sobre 10 al promediar las dos pruebas y en ambas supere los 4,5 puntos sobre 10, quedará liberado de realizar el examen final de contenidos teórico.

E2B: Prácticas de laboratorio (20%): Puntuación de 0 a 10 puntos. Se recomienda encarecidamente la realización de las prácticas de laboratorio 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, CT5 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 (E1B). Los alumnos que no asistan a las prácticas en las sesiones programadas deberán realizar la prueba final de prácticas de laboratorio (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 de contenidos teórico-prácticos, en el examen final o en las pruebas intermedias. En concreto, EA se obtiene a partir de la nota del test asociado a cada bloque temático (T1 y T2, respectivamente); siendo E1A_T1 y E1A_T2, los resultados obtenidos en la prueba final y E2A_T1 y E2A_T2, los de las pruebas intermedias.

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

$$\text{Siendo } T1 = \max(E1A_T1, E2A_T1) \text{ y } T2 = \max(E1A_T2, E2A_T2)$$

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. Así:

$EB = E1B$ si realiza la prueba final de laboratorio.

$EB = E2B$ si NO realiza la prueba final de laboratorio.

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

Las notas de E2 (E2A_T1, E2A_T2, E2B) se mantendrán para su cómputo en la siguiente convocatoria del mismo año académico. No se guardarán las notas de la prueba final de la primera convocatoria 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 simulación de red 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). En las sesiones de laboratorio los alumnos utilizarán herramientas de simulación y análisis de redes.

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.* Red de acceso vs red troncal. Conceptos básicos de las tecnologías y redes de acceso. Clasificación de las tecnologías de acceso.

Bloque 1. Tecnologías de acceso cableadas

- *Introducción.* Características más relevantes de los diferentes medios físicos utilizados en las redes de acceso en la actualidad. Tipos de tecnologías de acceso, servicios y ámbitos de aplicación.
- *Descripción de tecnologías.* Características generales. Estándares y su evaluación. Arquitectura funcional de la red de acceso y topologías de red. Equipamiento de usuario y de red. Mecanismos de acceso al medio. Mecanismos de gestión y soporte a la provisión de QoS. Tecnología IP en la red de acceso. Evaluación del rendimiento, y prestaciones. Planificación, dimensionado y optimización de los despliegues.
 - *Redes de acceso por par de cobre (xDSL)*
 - *Redes híbridas de fibra y cable (HFC)*
 - *Redes por fibra óptica (FTTx)*
 - *Comunicaciones por línea eléctrica (PLC)*
 - *Otras redes de acceso cableadas: Ethernet en la primer milla (EFM)*

Bloque 2. Tecnologías de acceso inalámbricas

- *Introducción.* Particularidades del acceso inalámbrico. Tipos de tecnologías, servicios y ámbitos de aplicación. Impacto de la movilidad (acceso fijo vs acceso móvil).
- *Descripción de tecnologías.* Características generales. Estándares. Arquitectura funcional de la red de acceso y topologías de red. Mecanismos de acceso al medio. Mecanismos de gestión y soporte a la provisión de QoS. Tecnología IP en la red de acceso. Evaluación del rendimiento, y prestaciones. Planificación, dimensionado y optimización de los despliegues. Soporte a la movilidad:
 - *Redes de área local inalámbricas (WLAN). Redes IEEE 802.11.*
 - *Redes de área metropolitana (WMAN): WiMAX.*
 - *Redes de área personal (WPAN): Bluetooth, Zigbee*
 - *Acceso Telefónico Inalámbrico: DECT*
 - *Otras redes de acceso inalámbricas: Redes celulares (GSM, UMTS, LTE)*

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 (E2A) y otras actividades programadas se indicarán con suficiente antelación por parte del profesor.

Bibliografía y recursos

Como bibliografía se recomienda:

- A. Tanenbaum. "Computer Networks". Prentice Hall. 4ª Edición. 2003
- P. Roshan, J. Leary, "802.11 Wireless LAN Fundamentals". Ed. Cisco Press, 2003.
- B.H. Walke, S. Mangold, L. Berlemann, "IEEE 802 Wireless Systems. Protocols, Multi-hop Mesh/Relaying, Performance and Spectrum Coexistence". Ed. Wiley, 2006.
- M. S. Gast, "802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide", Second Edition. Ed. O'Reilly Media, Inc., 2005.

- E. Perahia, R. Stacey, "Next Generation Wireless LANs: Throughput, Robustness, and Reliability in 802.11n". Ed. Cambridge University Press, 2008.
- <http://standards.ieee.org/getieee802/portfolio.html>.
- J. G. Andrews, A. Ghosh, R. Muhamed, "Fundamentals of WiMAX : understanding broadband wireless networking". Ed. Prentice-Hall, 2007.
- L. Nuaymi, "WiMAX Technology for Broadband Wireless Access". Ed. Wiley, 2007.
- Kwang-Cheng Chen, J. Roberto B. de Marca (editores), "Mobile WiMAX". Ed. Wiley, 2008.
- M. D. Katz, F. H. P. Fitzek (editores), "WiMAX Evolution: Emerging Technologies and Applications". Ed. Wiley, 2009.
- <http://www.wimaxforum.org/>
- <http://standards.ieee.org/getieee802/802.16.html>
- <http://www.bluetooth.com/Bluetooth/Technology/Building/Specifications/Default.htm>
- <http://standards.ieee.org/getieee802/802.15.html>
- <http://www.dect.org/>
- <http://www.cat-iq.org/>

Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- 1. Tanenbaum, Andrew Stuart. Computer networks / Andrew S. Tanenbaum . - 4th. ed. @edicionInternational ed. Upper Saddle River, New Jersey : Prentice Hall PTR, cop. 2003
- 4. Gast, Matthew S.. Redes wireless 802.11 / Matthew S. Gast Madrid : Anaya Multimedia, D.L. 2005
- Andrews, J.G. Fundamentals of WiMAX : understanding broadband wireless networking / J. G. Andrews, A. Ghosh, R. Muhamed Ed. Prentice-Hall, 2007.
- Katz, M.D. WiMAX Evolution: Emerging Technologies and Applications / M. D. Katz, F. H. P. Fitzek (editores) Ed. Wiley, 2009
- Mobile WiMAX / Kwang-Cheng Chen, J. Roberto B. de Marca (editores) Ed. Wiley, 2008
- Nuaymi, L. WiMAX Technology for Broadband Wireless Access / L. Nuaymi Ed. Wiley, 2007.
- Perahia, E. Next Generation Wireless LANs: Throughput, Robustness, and Reliability in 802.11n / E. Perahia, R. Stacey. Ed. Cambridge University Press, 2008.
- Roshan, Pejman. 802.11 Wireless LAN Fundamentals / P. Roshan, J. Leary Cisco Press, 2003
- Walke, B.H. IEEE 802 Wireless Systems. Protocols, Multi-hop Mesh/Relaying, Performance and Spectrum Coexistence / B.H. Walke, S. Mangold, L. Berlemann Wiley, 2006.