

Estudio del Impacto de Actualización Tecnológica en Docencia de Grado y Máster de Ingeniería

Francisco Falcone, and Leyre Azpilicueta Fernandez

Dpto. Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Universidad Pública de Navarra
Pamplona, España
francisco.falcone@unavarra.es

Ana Vazquez Alejos

Dpto. Teoría de la Señal y Comunicaciones
Universidad de Vigo
Vigo, España
analejos@uvigo.es

Abstract—Una de las cuestiones fundamentales en el diseño curricular de asignaturas, tanto en docencia de Grado como de Máster en Ingeniería es la inclusión de elementos de carácter práctico, así como la actualización del estado del arte de la tecnología en la disciplina específica. Dicho objetivo ha de ser correctamente integrado junto con asentar competencias tanto transversales como conocimientos de corte fundamental. En este trabajo se analiza la metodología seguida en diversas asignaturas tanto de Grado como de Máster de Ingeniería Informática como de Ingeniero de Telecomunicación.

Index Terms—Actualización Tecnológica, Sinergia Universidad-Empresa, Estado del Arte.

I. INTRODUCCIÓN

La actualización de contenidos y del estado del arte en diversos ámbitos tecnológicos es uno de los elementos fundamentales a la hora de transmitir conocimiento en el espacio universitario, tal y como recogen los organismos de acreditación [1,2]. Esto cobra especial relevancia en el ámbito de ingeniería, en el que se encuentran ligados de manera estrecha los últimos avances de investigación con aquellas soluciones tecnológicas disponibles en el mercado. Adicionalmente, los agentes empresariales, en relación con la Universidad, buscan dicha actualización tecnológica, tanto para los perfiles de estudiantes egresados, para la realización de prácticas laborales o curriculares, o para explorar el desarrollo conjunto de proyectos de investigación.

La inclusión de dichos elementos de actualización tecnológica conlleva su adecuada planificación, tanto desde el punto de vista de su encaje temporal en las diferentes asignaturas, de empleo de recursos en el desarrollo docente y su impacto en la impartición de contenidos de carácter más fundamental o transversal, así como del desarrollo de actividades prácticas. A lo expuesto anteriormente, cabe mencionar la búsqueda de casos de estudio o de desarrollo tecnológico que puedan combinar tanto estado del arte a

nivel científico, como últimas tendencias en el sector industrial correspondiente.

En este trabajo, se presentan iniciativas de inclusión de actualización y vigilancia tecnológica en diversas asignaturas, mediante diversas acciones, tanto de Grado como de Master, de Ingeniería Informática e Ingeniería de Telecomunicación.

II. CONTEXTO DE LAS TITULACIONES Y ASIGNATURAS BAJO ESTUDIO

El marco en el cual se desarrollan las actividades descritas en este trabajo es el de enseñanzas, tanto de Grado como de Máster, adscritos a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación, de la Universidad Pública de Navarra. Concretamente, se valorarán experiencias realizadas en las titulaciones de Grado de Ingeniero de Telecomunicación, Grado de Ingeniero Informático, Máster de Comunicaciones y Máster Ingeniero de Telecomunicación. Dentro de dichas titulaciones se seleccionan asignaturas que tienen como nexo el estudio, en diversos niveles, de sistemas de comunicación, tanto desde el punto de vista de capa física como de desarrollo de aplicaciones y servicios. El listado de las titulaciones así como de las asignaturas se muestra en la Fig. 1.

Grado Ingeniero Telecomunicación	Grado Ingeniero Informático	Master Comunicaciones
<ul style="list-style-type: none"> • Comunicaciones Digitales • Sistemas de Comunicaciones Móviles • Tecnologías Avanzadas de Red 	<ul style="list-style-type: none"> • Arquitectura de Redes 	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicaciones Radio de Alta Capacidad • Redes Inalámbricas de Última Generación

Fig. 1 Esquema con las titulaciones y las asignaturas en las cuales se han desarrollado las actividades de actualización tecnológica.

A continuación se detalla el contexto en el cual se desarrollan las diferentes asignaturas:

- *Grado de Ingeniero de Telecomunicación*: Dentro de los diferentes itinerarios posibles dentro de la titulación, se han seleccionado las siguientes asignaturas que se describen a continuación:
 - *Comunicaciones Digitales*: se trata de una asignatura impartida en el segundo curso de la titulación de Ingeniero de Telecomunicación, en la cual se describen diferentes procesos propios de sistemas de comunicaciones digitales. Se trata de una asignatura de corte fundamental, en la cual se mencionan de manera introductoria algunos aspectos propios de redes, concretamente técnicas de multiplexación aplicados tanto a redes de comunicaciones móviles, sistemas de radiodifusión y sistemas de provisión de servicios domésticos, tales como ADSL.
 - *Sistemas de Comunicaciones Móviles*: Esta asignatura se imparte en el cuarto curso de la titulación de Ingeniero de Telecomunicación, dentro de la especialidad de Sistemas de Comunicaciones. Es una asignatura centrada en la descripción de múltiples funcionalidades propias de sistemas de comunicaciones móviles, con especial énfasis en redes móviles 3G y 4G. En este caso, la aplicación tecnológica es una parte esencial de la asignatura, requiriendo actualización tanto a nivel de sistemas como de aplicaciones y servicios ofertados.
 - *Tecnologías Avanzadas de Red*: se trata de una asignatura que se imparte en la especialización Telemática del Grado de Ingeniero de Telecomunicación, en el tercer curso. En este caso, se realizan estudios sobre el análisis de traceos y análisis de protocolo aplicables a diferentes redes de comunicaciones. Entre ellas, se hace mención tanto a redes cableadas locales y metropolitanas (con especial énfasis en redes Ethernet e IP), como en redes de comunicaciones móviles (desde redes GPRS hasta LTE).
- *Grado de Ingeniero Informático*: en este caso se ha seleccionado una asignatura, ligada de manera unívoca al conocimiento, diseño, dimensionamiento y análisis de redes de comunicaciones:
 - *Arquitectura de Redes*: Se trata de una asignatura que ofrece una panorámica sobre redes de comunicaciones, tanto desde el punto de vista de elementos que componen una red de conmutación de paquetes, como de la arquitectura, en diferentes niveles, de protocolos de comunicaciones. De esta manera, se describen de manera genérica los servicios y funciones de los diferentes niveles de la pila de protocolos, como aspectos concretos de los mismos, tal y como son las diferentes

implementaciones a nivel de capa física, como la descripción de estándares de empleo extendido, tal y como son Ethernet y protocolo IP (tanto TCP como UDP).

- *Master de Comunicaciones*: en este caso, se trata estudios de posgrado, cuyo alumnado procede principalmente de las titulaciones de Ingeniero de Telecomunicación. Se describen a continuación las asignaturas bajo estudio:
 - *Comunicaciones Radio de Alta Capacidad*: se trata de una asignatura de especialización, centrada tanto a la caracterización a nivel de comportamiento de canal radioeléctrico, como de diversas funcionalidades de sistemas de comunicaciones móviles 3G-4G, como de redes WiMax y de sistemas de transporte de microondas basados en Jerarquía Digital Síncrona. Se analizan de manera explícita diversas configuraciones de redes operativas y de soluciones aplicadas en el mercado, con el fin de poder ofrecer una visión actual del estado del arte de redes comunicaciones inalámbricas, con especial énfasis en aquellas de transporte de datos de alta capacidad.
 - *Redes Inalámbricas de Última Generación*: se trata de una evolución de la asignatura anterior, implementada en el nuevo máster de Ingeniero de Telecomunicación, continuación del Máster en Comunicaciones previamente implementado. En esta nueva asignatura, los contenidos se migran hacia soluciones de redes distribuidas (redes 4G, redes 5G y redes de sensores inalámbricos). En este caso, varios de los contenidos de la asignatura corresponden con soluciones que existen de momento en bancos de prueba experimentales, como son las redes 5G y ciertas soluciones con protocolos de enrutamiento y de enlace propios de redes colaborativas y de redes heterogéneas, también conocidas como redes HetNet. Se introducen contenidos relativos a soluciones empleadas de manera comercial, tal y como son los repartos de carga de tráfico en redes móviles y redes WiFi (i.e., técnicas de WiFi offload).

III. ACTIVIDADES REALIZADAS Y RESULTADOS OBTENIDOS

Con el fin de poder llevar a cabo la labor de inclusión de contenidos de actualización tecnológica en las diversas asignaturas descritas en la sección anterior, se han desarrollado una serie de actividades y de contenidos que se han incluido en el desarrollo docente de las mismas. Tal y como ya se ha comentado anteriormente, el objetivo es poder acercar a los alumnos a la realidad tanto desde el plano operativo, como de los servicios, aplicaciones y perspectiva de clientes de diversos tipos de redes de comunicaciones.

Presentación Sistema/Subsistema
Especificaciones Técnicas
Diseño Conjunto Redes
Foros de Debate
Seminarios/Mesas Redondas

Fig. 2 Enumeración de las diversas actividades que se han desarrollado en las asignaturas con el objetivo de incrementar en nivel de actualización tecnológica de las mismas.

La inclusión de este tipo de contenidos a priori persigue los siguientes objetivos:

a) Afianzar las nociones sobre soluciones comerciales, desde una perspectiva de conocimientos que pueden aportar valor añadido de cara a un potencial empleador.

b) Incrementar el nivel de interés y de participación de los alumnos al poder observar soluciones y modelos de servicio y de negocio ya en fase de explotación comercial.

La introducción de dichos contenidos en las asignaturas se ha llevado a cabo mediante el empleo de las siguientes herramientas, que se muestran de manera esquemática en la Fig. 2:

- a) *Descripción de soluciones comerciales de sistemas/subsistemas descritos en clase:* de esta manera, tras la descripción teórica de una solución de red, se pone como ejemplo que se comenta en clase, en el desarrollo habitual de la asignatura. Como ejemplos, se ha trabajado la arquitectura de sistemas móviles de redes 2G, 3G y 4G, así como la implementación de subsistemas propios de estaciones base de redes móviles.
- b) *Análisis de Especificaciones Técnicas:* se propone como trabajo individual, para realizar fuera del aula, la búsqueda de especificaciones técnicas de diversos componentes o elementos de red. Ejemplos habituales son dispositivos, tales como conmutadores, enrutadores o enlaces radioeléctricos. Dichas especificaciones son posteriormente debatidas en clase de manera colectiva y se comparan con el fin de poder establecer un ranking de las mismas.
- c) *Realización de diseños de red:* se realizan, en sesiones de ejercicios de trabajo en grupo, en grupos habitualmente de 4 alumnos, propuestas de diseño de red o de subsistemas de red. En este caso, se suele combinar el trabajo en dichas sesiones como trabajo fuera del aula, fundamentalmente orientado a la búsqueda de la información concreta relativa a los elementos cuyas especificaciones técnicas han buscado y que ya conocen. Los trabajos

posteriormente, de manera esquemática, se redactan en grupos y se suben a un repositorio común observable por todos los usuarios. Como ejemplo, se han realizado diferentes diseños de redes de campus, con el fin de poder prestar diferentes niveles de servicio y empleando soluciones de equipamiento de diferentes suministradores tecnológicos, disponibles de manera comercial.

- d) *Foros de debate:* dentro de los sitios web de las diferentes asignaturas, todas ellas programadas en Sakai, se abren foros de debate, en los cuales se comparten discusiones específicas sobre cuestiones relativas a soluciones tecnológicas. Por ejemplo, se puede debatir, en términos de coste, de prestaciones, de servicio y de imagen de marca, dos equipos que prestan en principio una funcionalidad similar. Los debates en principio son abiertos, habilitando opciones de múltiples entradas por cada uno de los usuarios, así como la posibilidad de poder expresar cualquier opinión, siempre que se ajuste a normas de cortesía elementales. Como ejemplos, se han comparado tecnologías de terminales móviles, como iPhone vs Android, o plataformas de prestación de servicios Cloud.
- e) *Seminarios:* se han realizado diversos seminarios en los cuales profesionales en activo comparten con los alumnos sus experiencias y conocimientos, aplicados de manera explícita en el ámbito de las redes y de los servicios de comunicaciones. El formato habitual de trabajo consiste en una presentación realizada por el ponente y una posterior ronda interactiva con los alumnos. En ocasiones también se han realizado mesas redondas (por ejemplo, con temáticas de corte transversal, como es el caso de Smart Cities), en el cual diversos ponentes tratan desde distintas ópticas la temática en cuestión (relativa en cualquier caso a las redes y servicios de comunicaciones).

Para poder analizar el impacto en la aplicación de todas estas iniciativas, se ha realizado un análisis de corte cualitativo, basado en la interacción directa tanto con los alumnos como con los ponentes y docentes involucrados en dichas actividades. Dicho análisis se basa en entrevistas directas a dichos colectivos, cuyas opiniones se reflejan a continuación:

- Desde la perspectiva de los alumnos:
 - La inclusión de materiales relativos a tecnologías específicas hace más ameno el desarrollo en clase e incrementa el nivel de interés en la asignatura.
 - Buscar información sobre especificaciones técnicas se percibe como información cercana a mercado y por lo tanto, de interés desde el punto de vista de potencial empleabilidad.
 - La realización de trabajos en grupos relativos al diseño de red se percibe como una tarea que resulta entretenida para los alumnos, tanto por la búsqueda de información técnica, como por el debate y

competición que surge a la hora de presentar las diversas alternativas propuestas por los diferentes grupos presentes en clase.

- Los foros de debate son valorados por los alumnos, aunque con niveles de participación menores que las alternativas previamente comentadas. La mayoría de los debates son iniciados por los profesores, quienes posteriormente lo moderan e invitan a la participación en los mismos. Cabe destacar que en algunas ocasiones los alumnos han abierto por iniciativa propia los debates, aunque son minoritarios frente a los propiciados por los docentes.
- La realización de seminarios y de mesas redondas son actividades valoradas de manera muy positiva por los alumnos entrevistados en todos los niveles. Se percibe como un elemento de cercanía con el mundo laboral, en el que se observa de primera mano tanto las problemáticas como las dinámicas propias de dicho ámbito laboral. Los alumnos también han indicado algunos inconvenientes, tales como los cambios de horario o la realización de actividades fuera del horario lectivo que en ocasiones es necesario con el fin de poder ajustarse a las agendas de los ponentes implicados. No obstante, valoran por encima de dichos inconvenientes el poder contar con una experiencia de primera mano de dichos ponentes.
- Desde el punto de vista de los *ponentes*, la actividad resulta positiva, tanto por el acercamiento a los alumnos como a la propia universidad. En ocasiones, sobre todo en los niveles más avanzados, dicha interacción ha propiciado la toma de contacto a niveles más profundos con las empresas, resultando en posteriores oportunidades para la realización de prácticas curriculares o trabajos fin de estudios de diverso nivel.
- En cuanto a los *docentes*, la inclusión de este tipo de actividades de actualización tecnológica se percibe, en líneas generales, como un elemento para poder asistir en la fijación de conceptos de corte más fundamental, así como un elemento necesario para poder actualizar el estado del arte y el valor añadido de los contenidos impartidos en potenciales términos de empleabilidad. Además, es un elemento de acercamiento con las empresas participantes, lo que redundará en un beneficio añadido tanto a la actividad docente como investigadora. Como aspecto mejorable, los docentes indican la falta de tiempo en la programación docente, lo que en ocasiones obliga a la realización de ajustes de dicha programación o en la realización de actividades fuera del horario lectivo inicialmente planificado.

IV. CONCLUSIONES

En este trabajo, se han desarrollado una serie de contenidos, para ser trabajado tanto de manera presencial como a través de plataforma de apoyo basado en Sakai para las asignaturas, ligadas al ámbito de Sistemas de Comunicaciones y Redes de Comunicaciones. Para ello, se han desarrollado píldoras de contenido específico para ser trabajado en clase, realización de estudios de diseño de sistemas como trabajo en grupo, análisis de especificaciones de equipos de manera individual y presentaciones en formato taller de trabajo sobre tendencias y visión de futuro de redes de comunicaciones. Se ha analizado la respuesta de los alumnos a dichos contenidos, de los docentes implicados y de representantes del sector industrial, con el fin de poder valorar el impacto de dichos contenidos tanto en el proceso formativo como en de planificación y desarrollo docente, mostrando en general opiniones positivas al respecto.

De cara al futuro, se está planificando el desarrollo de actividades adicionales, tales como encuentros interactivos con la industria y centros de investigación, o el desarrollo de actividades de emprendimiento tecnológico en el aula.

REFERENCIAS

- [1] S. Adam, "Using learning outcomes. A consideration of the nature, role, application and implications for European education of employing 'learning outcomes' at the local, national and international levels", Bologna Seminar, Edinburgh, United Kingdom, 1-2 July 2004.
- [2] E. Coyle. Engineering Education in the US and the EU, Chapter 5 in Engineering in Context. Academica, 2009
- [3] ENAEE, "EUR-ACE Framework Standards for the Accreditation of Engineering Programmes", 2008; www.enaee.eu [ENAEE Documents]
- [4] ABET, "The ABET criteria for accrediting engineering programmes", 2009, www.abet.org
- [5] "European ministers of education, The European higher education area -Bologna declaration-," in Joint Declaration of the European Ministers of Education, Bologna, Italy, 1999.
- [6] "European university association, Salamanca convention 2001," in The Bologna Process and the European Higher Education Area, Salamanca, 2001.
- [7] "European ministers of education, Towards the European higher education area," in Commun. Meet. Europ. Ministers in Charge of Higher Education, Prague, 2001.
- [8] "European ministers responsible for higher education, The European higher education area -Achieving the goals-," in Commun. Conf. Europ. Ministers Responsible for Higher Education, Bergen, 2005.
- [9] Bergan, S. and Rauhvargers, A., Eds., "Recognition in the Bologna process: Policy development and the road to good practice," Council of Europe Higher Education, ser. 4, 2006.
- [10] ECTS Users' Guide, European Credit Transfer and Accumulation System and the Diploma Supplement. Brussels, Belgium: Directorate- General for Education and Culture, 2005.