



Innovación docente en prácticas de laboratorio a través de TFGs y TFMs (PBINN-16-001)

Convocatoria de los Proyectos de Innovación 2016

Yuri Álvarez López – alvarezuri@uniovi.es

Fernando Las-Heras Andrés – flasheras@uniovi.es

Palabras clave: trabajo fin de grado, trabajo fin de máster, prácticas de laboratorio, aprendizaje basado en problemas, grado en tecnología y servicios de telecomunicación.

1 Resumen / Abstract

Debido al carácter dinámico de los contenidos de algunas asignaturas del grado y del máster en tecnología y servicios de telecomunicación, es necesario actualizar periódicamente las prácticas de laboratorio para familiarizar a los alumnos con las últimas tecnologías y sistemas existentes. Para ello se proponen temáticas de TFGs y/o TFMs que den lugar a nuevas maquetas o equipos de medida para prácticas.

En concreto el proyecto se centra en asignaturas de "sistemas de radiodeterminación", "radiocomunicaciones terrestres y vía satélite", y "planificación y despliegue de sistemas de telecomunicación".

Algunos TFGs / TFMs ya se pusieron en marcha en el curso 2014-2015, y 2015-2016, con lo que algunas prácticas de laboratorio ya se han implantado en este curso. Por ello, en este proyecto de innovación docente se podrán evaluar ya algunos resultados durante el curso 2016-2017.

Con la metodología propuesta se pretende conseguir una mayor motivación del alumnado en las prácticas de laboratorio, abriéndoles la puerta a que ellos mismos puedan participar en el diseño de las mismas a través de estos TFGs/TFMs. Esta motivación se consigue también gracias a que los alumnos ponen en práctica los conocimientos adquiridos en la titulación, dando como resultado algo 'tangible', 'que funciona', y respaldado por el uso de tecnologías empleadas en el ámbito profesional.

Esta metodología es fácilmente extensible a otras asignaturas tanto de ingenierías como de otras áreas de conocimiento.

Este proyecto es la continuación del PINN-12-004 ("RADAR y radiodeterminación: una mirada práctica") donde entre otras acciones se implementaron prácticas de laboratorio basadas en equipos de medida, en vez de simulación con ordenador. Se consiguió aumentar notablemente el grado de satisfacción de los alumnos, mejorándose los resultados de aprendizaje.



2 Objetivo

2.1 Objetivos propuestos

El principal objetivo del presente PBINN-16-001 es implementar un conjunto de metodologías para el establecimiento de nuevas prácticas de laboratorio derivadas de trabajos de fin de grado (TFG) y trabajos fin de máster (TFM) realizados por los alumnos que han cursado las asignaturas donde se imparten dichas prácticas de laboratorio en cursos anteriores.

Este proyecto de innovación docente pretende evaluar el impacto de este tipo de acciones, el grado de acogida y nivel de satisfacción por parte del alumnado, y el impacto en la tasa de rendimiento de las asignaturas cursadas.

Otro de los objetivos perseguidos es incrementar la oferta de TFG y TFM en el grado de ingeniero en tecnologías y servicios de telecomunicación (GITELE) y del máster en ingeniería de telecomunicación (MINGTELE).

Los resultados obtenidos en este proyecto docente se podrán extender a otras asignaturas tanto del grado y máster indicados anteriormente, como de otros grados y titulaciones.

2.2 Objetivos alcanzados

Aunque el proyecto de innovación docente se ejecutó en el curso 2016-2017, la elaboración de TFGs y TFMs con aplicaciones docentes para las asignaturas de “Sistemas de Radiodeterminación” (SRAD) y “Radiocomunicaciones Terrestres y Vía Satélite” (RTS) se inició en el curso académico 2014-2015. Desde entonces, se han ido incorporando los resultados de los TFGs y TFMs defendidos no sólo a las prácticas de laboratorio, sino también en prácticas de aula y en clases expositivas.

Durante el pasado curso académico 2016-2017 se ha conseguido que aproximadamente un 60% del contenido de prácticas de laboratorio de la asignatura de “Sistemas de Radiodeterminación” esté basado en TFGs y TFMs de alumnos que han cursado previamente dicha asignatura. En el caso de la asignatura “Radiocomunicaciones Terrestres y Vía Satélite”, dicho porcentaje es de un 25%.

En el curso 2016-2017, se ha logrado aumentar el grado de satisfacción de los alumnos con los contenidos de las prácticas de laboratorio con respecto al curso 2015-2016. Sin embargo, ello no ha repercutido en un aumento de la tasa de rendimiento (si bien esta tendencia se ha observado en la gran mayoría de las asignaturas del grado GITELE).

2.3 Modificaciones al proyecto inicial y justificación de los cambios

Si bien en la solicitud del proyecto de innovación docente se incluyó también la asignatura del máster MINGTELE “Planificación y Despliegue de Sistemas de Telecomunicación”, hasta la presente fecha no ha habido alumnos del máster que hayan realizado TFMs de carácter docente relacionados con las prácticas de laboratorio de esta asignatura.

Así mismo, se observa que en la presente memoria la mayoría de TFGs y TFMs se orientan a la asignatura “Sistemas de Radiodeterminación”, dado que ha habido una mayor demanda por



parte de los alumnos para realizar TFGs y TFMs de carácter docente relacionados con dicha asignatura.

Otra incidencia ha sido que los TFGs iniciados en 2016 y con fecha de defensa prevista en mayo/junio de 2017, serán finalizados en octubre de 2017. No obstante, este retraso no afecta a la ejecución del proyecto de innovación docente, ya que la asignatura ("Sistemas de Radiodeterminación") a la cual se pretende incorporar los resultados obtenidos en dichos TFGs se imparte en el segundo semestre.

2.4 Tipo de proyecto

Tipo A (PINNA)		Tipo B (PINNB)	X
----------------	--	----------------	---

En este apartado decir el tipo de proyecto (Tipo A o Tipo B) y únicamente en caso de ser de tipo B, describir las ampliaciones y novedades con respecto a los proyectos anteriores de los cuales es continuación.

El proyecto de innovación docente PBINN-16-001 pretende dar continuidad al PINN-12-004 ("RADAR y radiodeterminación: una mirada práctica") donde se proponía implementar prácticas de laboratorio basadas en equipos de medida, en vez de simulación con ordenador. Se consiguió aumentar notablemente el grado de satisfacción de los alumnos, mejorándose los resultados de aprendizaje. Debido al carácter dinámico de los contenidos de algunas asignaturas del grado GITELE, es necesario actualizar periódicamente las prácticas de laboratorio para explicar las últimas tecnologías y servicios de telecomunicación. Para ello se proponen temáticas de TFGs y/o TFMs que den lugar a nuevas maquetas o equipos de medida para prácticas.

3 Memoria del Proyecto

3.1 Interés

La docencia en el ámbito de las telecomunicaciones requiere una constante actualización del temario para incorporar las últimas innovaciones tecnológicas desarrolladas. Por ejemplo, las redes de sensores (Internet of Things) han sufrido un desarrollo significativo en el último lustro, dando lugar a una gran variedad de aplicaciones (biomedicina, localización, seguridad, smart cities). Tanto el principio de funcionamiento como las aplicaciones han de ser incluidas en las asignaturas correspondientes con el fin de garantizar la correcta formación y adquisición de competencias por parte del alumnado, de cara a su incorporación al mercado laboral.

Por ello, la docencia en telecomunicaciones requiere una carga de trabajo adicional, no sólo desde el punto de vista de actualización de contenidos en clases expositivas y prácticas de aula, sino también de prácticas de laboratorio. En el caso de estas últimas también supone un coste económico debido a la adquisición de nuevos equipos.

Aprovechando el interés y motivación que despierta en el alumnado el acercamiento a las tecnologías más recientes, se ha explotado la posibilidad de elaborar nuevo material docente (fundamentalmente, nuevos prototipos y experimentos para las prácticas de laboratorio)



elaborado a través de trabajos de fin de grado y trabajos de fin de máster. De esta forma se consigue:

- Motivar al alumno que realiza el TFG / TFM, pues su trabajo será utilizado por sus compañeros en cursos posteriores.
- Motivar a los alumnos que realizan las prácticas de laboratorio, ya que trabajan con material elaborado por sus compañeros, comprobando que se pueden realizar experimentos de cierta complejidad con componentes y dispositivos sencillos, obteniendo resultados con una precisión cercana a la de equipos profesionales.
- Actualizar el material de prácticas de laboratorio a la vez que se incrementa la oferta de TFGs / TFMs.

3.2 Situación anterior al proyecto

El presente proyecto de innovación docente surge a raíz de las acciones realizadas en un proyecto previo (PINN-12-004), en el cual, uno de los objetivos alcanzados fue el reemplazo de prácticas de laboratorio basadas en simulación por otras basadas en el manejo de equipos de medida, similares a los que podrán encontrar los alumnos en ciertas empresas tecnológicas y en centros de I+D.

El problema de la acción que se propuso es el esfuerzo que conllevó la implementación de prácticas basadas en equipos de medida con respecto a las basadas en simulación. Este esfuerzo también se detectó en otras asignaturas de las titulaciones de ingeniería de telecomunicación y, especialmente, en el grado en ingeniería en tecnologías y servicios de telecomunicación. El plan de estudios de estas titulaciones ha de adaptarse a las tecnologías en continuo desarrollo, lo que requiere la actualización de los contenidos teórico-prácticos de las mismas y, por tanto, de las prácticas de laboratorio. Por ello, se consideró que algunas de las prácticas de laboratorio implementadas en el PINN-12-004 requerían ser modificadas para que los alumnos pudieran emplear hardware y dispositivos disponibles actualmente en el mercado.

En el caso de la asignatura “Sistemas de Radiodeterminación”, se observó la necesidad de incorporar material de prácticas en la temática de aplicaciones de las redes de sensores (Internet of Things) para trazabilidad y localización, pues es una aplicación emergente de interés en el sector tecnológico. Con respecto a la asignatura “Radiocomunicaciones Terrestres y Vía Satélite” se pretendía aumentar el contenido práctico de las prácticas de laboratorio, introduciendo una maqueta de evaluación de radioenlaces empleando componentes de radiofrecuencia de bajo coste.

3.3 Descripción del proyecto

Desde el año 2014 se han ofertado varios TFGs / TFMs cuyos resultados se han incorporado a las prácticas de laboratorio de las asignaturas de “Sistemas de Radiodeterminación” y de “Radiocomunicaciones Terrestres y Vía Satélite” del grado GITELE. El presente proyecto de innovación docente pretende mostrar los resultados obtenidos así como establecer una



metodología que permita su extensión a otras asignaturas tanto de la titulación GITELE como de otras titulaciones.

Si bien en un principio se pensó exclusivamente en TFGs / TFMs de temática docente, también se ha extendido el proyecto de innovación docente para englobar TFGs / TFMs de temática afín a las asignaturas englobadas en el proyecto. En estos casos, los TFGs / TFMs se han considerado como ejemplos de aplicación de la temática estudiada en las asignaturas para resolver un problema real.

La propia elaboración de TFGs / TFMs trabaja competencias transversales. En este proyecto se han reforzado algunas de ellas, puesto que los alumnos que realizaron los TFGs / TFMs tuvieron que buscar información sobre los componentes y dispositivos de radiofrecuencia necesarios para elaborar el sistema de medida, elaborar presupuestos y pedidos, contactar con proveedores, además de la redacción de la memoria del TFG / TFM en sí.

Finalmente, algunos de los prototipos implementados dentro del marco de los TFGs / TFMs propuestos se han empleado en actividades de divulgación científica en institutos y otros centros educativos (ej. programa 'De Gira con la Ciencia', 'Noche de los Investigadores').

3.4 Metodología

La metodología propuesta para la ejecución del proyecto de innovación docente se basó en los siguientes pasos:

- 1) Identificación de experimentos / sistemas de medida que puedan hacerse través de un TFG / TFM para implementarse en las prácticas de laboratorio.
- 2) Diseño del TFG / TFM: elaboración de una propuesta, indicando los pasos a realizar por el alumno, con la supervisión del tutor.
- 3) Búsqueda de candidatos para TFG / TFM, idealmente entre los alumnos que cursen las asignaturas, anunciándolo cuando la asignatura tiene docencia.
- 4) Indicar al alumno el carácter didáctico del TFG / TFM, ofreciéndole la posibilidad de que él mismo pueda acudir en el futuro a la práctica de laboratorio para explicar/exponer su TFG / TFM.
- 5) Ejecución del TFG o TFM: diseño, búsqueda y adquisición de componentes, evaluación y validación. En esta última fase se ha elaborado material audiovisual (vídeos) que se empleó emplear como apoyo a la docencia (complemento al guión de la práctica), así como dar soporte a enseñanza no presencial.
- 6) Una vez defendido el TFG / TFM, se llevó a cabo la implementación de la práctica de laboratorio basada en el TFG o TFM. Básicamente, la redacción del guión de prácticas, y la definición de tareas de evaluación.
- 7) Finalmente, se realizó la evaluación de los resultados de la metodología docente propuesta.

Típicamente el tiempo transcurrido desde la propuesta del TFG / TFM hasta la incorporación de los resultados obtenidos / material elaborado / prototipos, al temario de la asignatura, es de un curso académico. Es decir, si el TFG / TFM se propuso al inicio del curso 2016-2017, la práctica de laboratorio se implantará en el curso académico 2017-2018.



3.4.1 Descripción del material didáctico, de la metodología y justificación

En este apartado se describen los TFGs / TFMs, cuyos resultados (prototipos, metodologías, etc) se han incorporado a las asignaturas de “Sistemas de Radioterminación” y “Radiocomunicaciones Terrestres y Vía Satélite” (fundamentalmente prácticas de laboratorio). Para cada uno de los TFGs / TFMs se incluye un breve resumen del mismo, y qué resultados se han incorporado al material docente de la asignatura.

Descriptor del TFG/TFM:

Marta Canga Rodríguez. “Diseño, construcción y evaluación de un radar FMCW”. Referencia EPIGijón: 3153100. Tutor: Yuri Álvarez López. Defendido en **julio de 2015**. Calificación: Sobresaliente (9,0).

Resumen del TFG:

El propósito del PFC es facilitar el aprendizaje de los conceptos básicos de funcionamiento de un radar de Onda Continua (CW) y radar de Onda Continua Modulada en Frecuencia (FMCW). Se ha decidido utilizar parte de los componentes y dispositivos de radiofrecuencia disponibles en el laboratorio de “Radiación y Radiopropagación” y componentes de radiofrecuencia y microondas de bajo coste.

Estructura del PFC: en primer lugar, se hace una introducción a los sistemas radar, analizando los diferentes tipos de radar y explicando sus ventajas y limitaciones. A continuación, se justifica la elección del diseño del sistema radar. Una vez diseñado el sistema se procede a su implementación, comenzando por el modelo de onda continua sin modular (CW), y llevando a cabo un análisis de los resultados obtenidos con el mismo. Posteriormente se realiza el montaje del sistema modulado (FMCW), describiendo los elementos hardware utilizados: el circuito generador de onda triangular, circuito de amplificación de señal, y el circuito generador de tensiones. Finalmente se realiza la integración de los sistemas con la incorporación del osciloscopio empleado en docencia PicoScope y de una interfaz gráfica de usuario que facilite la configuración del radar.

El resultado final es un dispositivo radar de bajo coste (< 300 EUR) capaz de medir velocidades y distancias, tanto de objetos como de personas, con una resolución en distancia de 1,2 m, y una resolución en velocidad de 1 km/h, si bien ambos parámetros se pueden ajustar según las necesidades del usuario (en este caso, finalidades docentes para ilustrar la influencia de otros parámetros del radar en la medida de distancia y velocidad). El PFC se completa con una interfaz gráfica para el control del radar.

Vídeo demostrativo del radar funcionando para medida de velocidad en base a efecto Doppler: <https://goo.gl/ZXvqPx>

Aplicación docente:

Asignatura de “Sistemas de Radiodeterminación”. Desde curso 2015-2016.

Temática: radar de onda continua (CW) para medida de velocidad, y radar de onda continua modulado en frecuencia (FMCW) para medida de distancia.

- Clases expositivas (2 h): explicación del principio básico de funcionamiento del radar de onda continua, y del radar de onda continua modulado en frecuencia.

- Prácticas de aula (1 h): ejercicios de pizarra basados en las configuraciones de medida usadas con el radar en las prácticas de laboratorio.
- Práctica de laboratorio (4 h): ensamblado del radar a partir de sus componentes, evaluación del funcionamiento del mismo, realización de medidas para evaluar parámetros como resolución en rango, distancia sin ambigüedad, sensibilidad, precisión en la medida de la velocidad, etc.



Montaje del radar CW / FMCW para medida de distancias en el stand de "La Noche de los Investigadores" (Oviedo, septiembre de 2016).

A modo de ejemplo, en el siguiente enlace de OneDrive se encuentra disponible el guión de prácticas de laboratorio donde se emplea el radar de onda continua y de onda continua modulado en frecuencia: <https://goo.gl/ejbXYj> [guión de la práctica, curso 2015-



2016].

También se ha dejado disponible en OneDrive copia de una de las memorias de prácticas realizadas por los alumnos empleando el prototipo de radar realizado en el TFG descrito: <https://goo.gl/HFT1LC> [ejemplo de memoria de prácticas realizado por los alumnos].

Otras aplicaciones docentes:

Dado que el radar para medida de distancia y velocidad es compacto y fácilmente portable, se ha empleado también en acciones de divulgación docente financiadas por la OTRI / UCC+i de la Universidad de Oviedo.

- Visitas a institutos (I.E.S. Monte Naranco, mayo de 2016).
- Noche de los Investigadores (Oviedo, septiembre de 2016).

Descriptor del TFG/TFM:

Alejandro Menéndez Aller. “Estudio, implementación y evaluación de un radar de seguimiento”. Tutor: Yuri Álvarez López. Defendido en **mayo de 2015**. Calificación: Sobresaliente (10,0).

Resumen del TFG:

El objetivo del TFG es el diseño y construcción de un radar de seguimiento, cuyo objetivo es el apoyo en la docencia de las asignaturas destinadas a tecnologías de radiodeterminación. Para llevar a cabo esta tarea y con el fin de reducir el coste del radar se utilizó en parte el material destinado a docencia del laboratorio de Propagación.

Se ha elegido un radar de seguimiento basado en un sistema monopulso, por lo que el radar ha de presentar dos modos de operación, uno de ellos encargado de la adquisición de diagramas suma y diferencia, y otro destinado al seguimiento de blancos. Con tal propósito se presentan tres posibilidades de implementación.

Posteriormente se analizan las diferentes posibilidades de implementación mencionadas, comparando dichas configuraciones con el motivo de seleccionar la idónea para llevar a cabo el sistema final. Durante el proceso se describen los distintos equipos de radiofrecuencia implementados, la plataforma giratoria sobre la que reposa el radar, así como el motor y circuito de amplificación necesarios. También se introduce el lenguaje de programación y el código utilizado en ambos modos de operación.

El resultado final es un sistema radar capaz de seguir objetos en el plano horizontal (placas metálicas, una persona, etc), a una distancia máxima de dos metros, con una cobertura angular de aproximadamente 3º, y capaz de generar diagramas suma y diferencia de manera visual, de tal manera que los alumnos pueden comprobar en el laboratorio los conceptos estudiados en las clases teóricas.

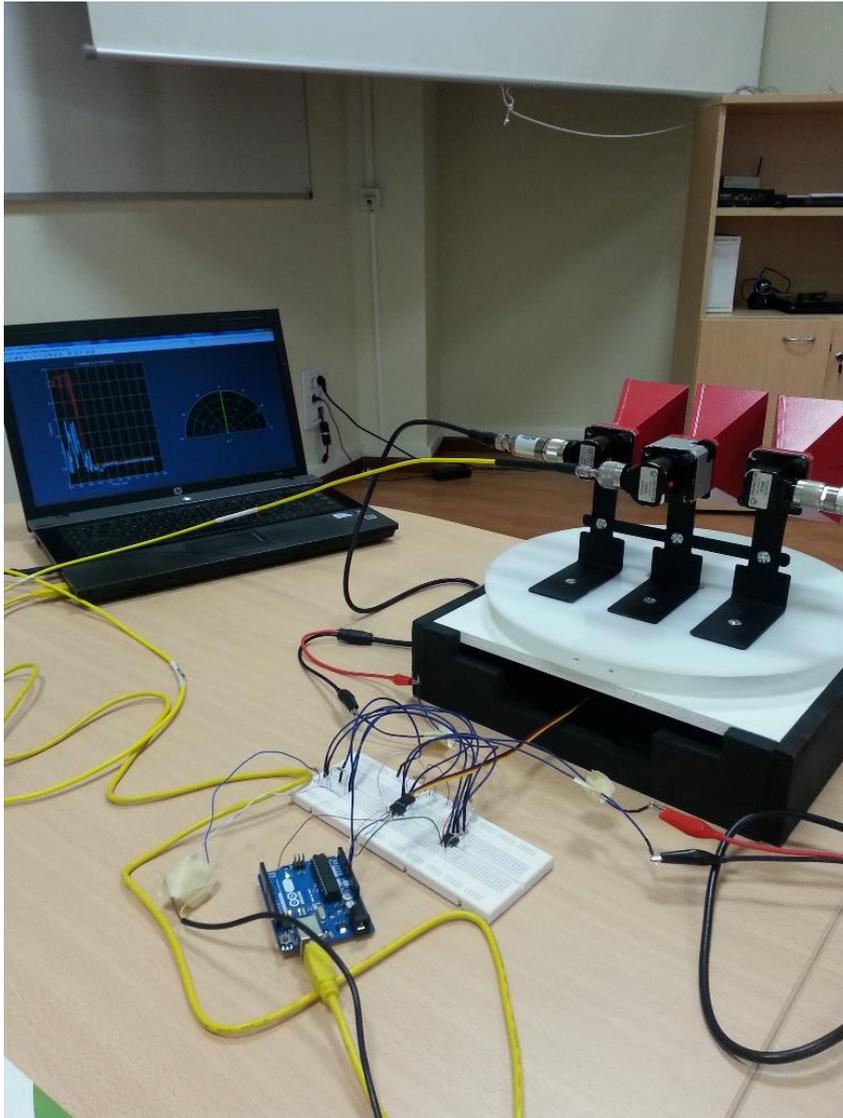
Vídeo demostrativo del radar de seguimiento: <https://goo.gl/nCKFT9>

Aplicación docente:

Asignatura de “Sistemas de Radiodeterminación”. Desde curso 2015-2016.

Temática: radar de seguimiento basado en sistemas monopulso.

- Clases expositivas (2 h): explicación del principio básico de funcionamiento del radar de seguimiento monopulso. Diagramas suma y diferencia.
 - Prácticas de aula (1 h): ejercicios de pizarra sobre técnicas de detección y cálculo del ángulo de llegada en diagramas suma y diferencia.
- Práctica de laboratorio (30 min): explicación de los componentes del sistema, montaje del mismo, y prueba de funcionamiento.



Montaje del radar de seguimiento.

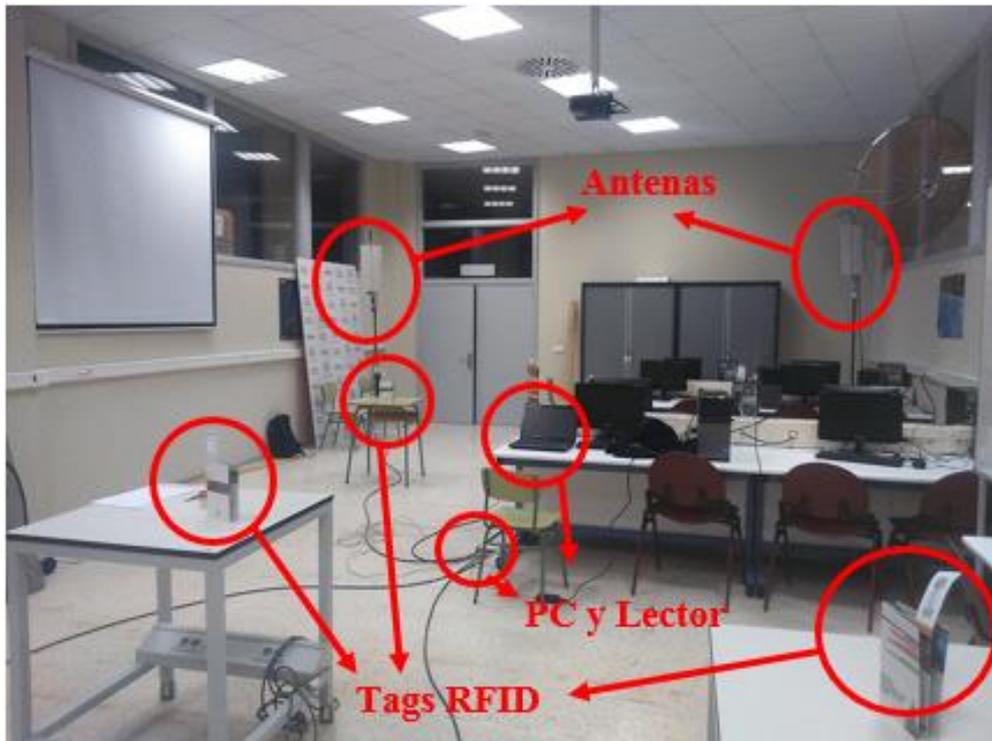
Descriptor del TFG/TFM:

Eduardo Castelos Morales. "Evaluación de tecnologías de radiofrecuencia para localización en interiores". Referencia EPIGijón: 3153108. Tutor: Yuri Álvarez López. Defendido en **julio de 2015**. Calificación: Matrícula de Honor.

Resumen del TFG:

Se estudia la viabilidad de aplicación de las tecnologías de radiofrecuencia RFID y ZigBee para la implementación de sistemas de posicionamiento en entornos de interior basados en el nivel de señal recibida, recogido en el parámetro RSSI (Received Signal Strength Indicator).

Para ello, en cada caso se ha llevado a cabo un despliegue de una red de sensores ZigBee y RFID cubriendo todo el escenario bajo estudio (aula de prácticas) y se han tomado medidas del nivel de señal mientras el objeto a localizar se colocaba en posiciones fijas previamente conocidas. Con el objetivo de que las conclusiones obtenidas en cada caso puedan ser comparadas, se ha tratado que los elementos que forman cada despliegue sigan una estructura parecida de forma que las condiciones en las que se ha recogido la información sean lo más similares posible.



Setup para localización en interiores empleando la tecnología RFID.

Aplicación docente:

Asignatura de "Sistemas de Radiodeterminación". Desde curso 2015-2016.

Temática: sistemas de localización en interiores.

- Clases expositivas (4 h): sistemas de localización en interiores. Principio de funcionamiento. Magnitudes físicas medibles. Tecnologías (WiFi, RFID, ZigBee).
- Prácticas de aula (1 h): ejercicios sencillos sobre técnicas de trilateración basadas en nivel de señal recibido (RSSI) (introducidos en el curso 2016-2017).

Práctica de laboratorio (4 h): sistema de localización en interiores. Despliegue de la red de nodos ZigBee, inicialización del sistema. Los alumnos realizan diferentes trayectorias por

el aula portando un nodo ZigBee para evaluar parámetros como precisión, capacidad de seguimiento en tiempo real, sensibilidad al número de nodos activos, etc.

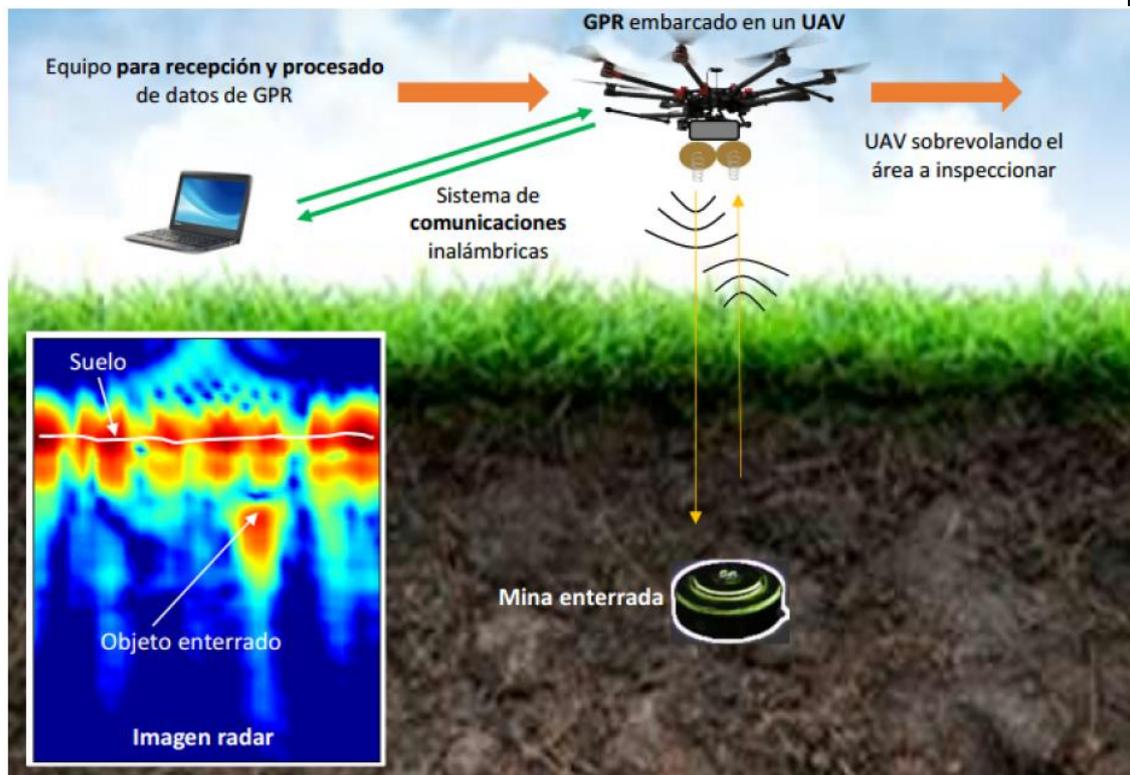
Descriptor del TFG/TFM:

María García Fernández. "Sistema de *imaging* en banda de microondas basado en *Ground Penetrating Radar*". Tutor: Fernando Las-Heras Andrés / Yuri Álvarez López. Defendido en **junio de 2016**. Calificación: Matrícula de Honor.

- Premio IECISA a los mejores Trabajos Fin de Máster – Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón, octubre 2016.*
- Premio del Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación (COIT 2017. Premio INNOVA al Mejor Trabajo Fin de Máster en Sistemas Embarcados de Comunicación, Navegación y Control en Plataformas no Tripuladas.*

Resumen del TFM:

Se pretende implementar un prototipo de georradar susceptible de ser embarcado en un vehículo aéreo no tripulado. La aplicación en la que se centra este trabajo es la de detección no invasiva de objetos ocultos en el subsuelo.



Esquema de funcionamiento del georradar embarcado en un vehículo aéreo no tripulado.

El TFM combina técnicas avanzadas de procesamiento de señal que, a partir de las medidas tomadas por el radar, generan una imagen del subsuelo. Para ello, tratan de enfocar los datos medidos por el radar (teniendo en cuenta las propiedades eléctricas del medio) así



como minimizar la influencia de señales no deseadas (clutter) que pueden dificultar la detección de los objetos.

En cuanto al prototipo, dado que las medidas realizadas se combinan coherentemente para mejorar la resolución del sistema, la posición en la que se ha realizado cada medida debe conocerse con exactitud. Por ello, la elección de un sistema de posicionamiento adecuado y la integración del mismo con el UAV y el radar son los principales desafíos presentes en el desarrollo del prototipo.

Aplicación docente:

Asignatura de “Sistemas de Radiodeterminación”. Desde curso 2016-2017.

Temática: sistemas de navegación por satélite de alta precisión (RTK, DGPS); procesado de imagen radar (radar de apertura sintética).

- Clases expositivas (1 h): procesado de señal radar para obtención de imagen radar; sistemas de navegación por satélite de alta precisión (DGPS, RTK).
- Prácticas de aula (1 h): ejercicios sencillos sobre sistemas de localización GNSS basados en interferometría (diferencia de fase); procesado de imagen radar.

Práctica de laboratorio (20 min): explicación divulgativa sobre el funcionamiento del georradar embarcado en un dron y principio de funcionamiento del mismo. En concreto, ilustración de la aplicación práctica del procesado de señal radar y de los sistemas de navegación por satélite de alta precisión (RTK).

Descriptor del TFG/TFM:

Santiago García Fernández. “Estudio, diseño e implementación de un radiogoniómetro”. Defendido en **julio de 2016**. Tutor: Yuri Álvarez López. Calificación: Sobresaliente (10,0).

Resumen del TFG:

La radiogoniometría engloba el conjunto de técnicas y métodos para determinar la dirección de llegada de una onda electromagnética. La tecnología de identificación por radiofrecuencia RFID es una tecnología relativamente novedosa que permite detectar e identificar objetivos dentro de un área de cobertura. En este TFG se combinan estas dos tecnologías para crear un sistema capaz de utilizar la información que generan las etiquetas RFID para determinar el ángulo de llegada de las señales RFID.

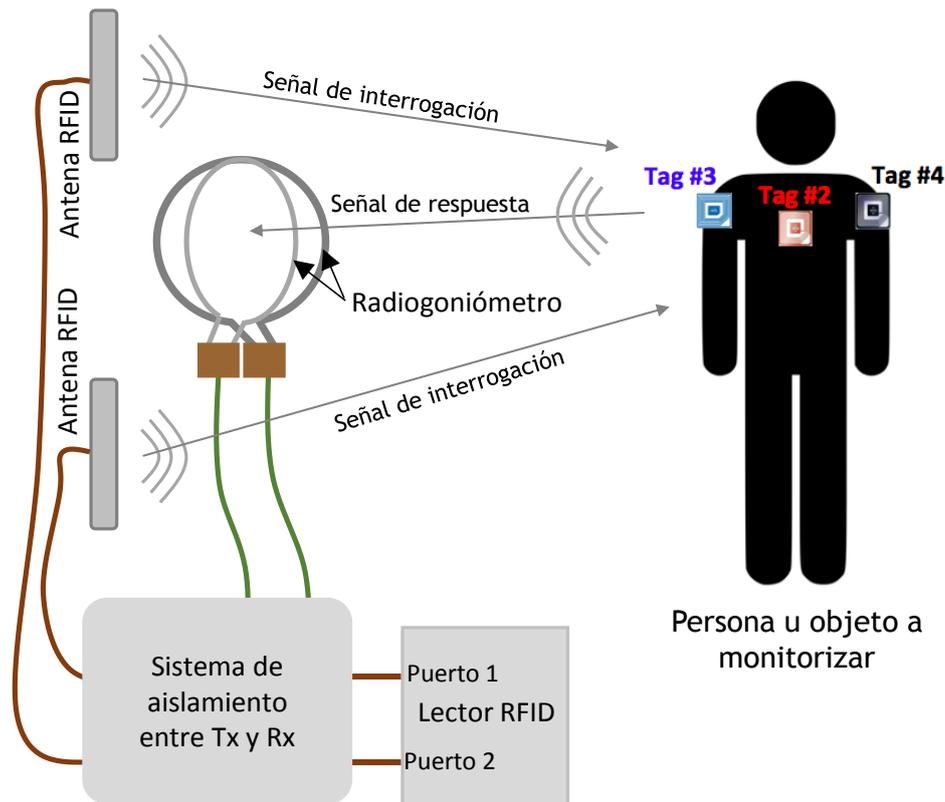
Para implementar este sistema se han estudiado las diversas posibilidades que ofrece la tecnología RFID y se ha implementado un radiogoniómetro basado en una antena principal de tipo Crossed-Loop que explota el principio de Watson-Watt para obtener la dirección de las señales emitidas por las etiquetas RFID. Para validar este sistema se ha recreado un escenario de etiquetas RFID sobre un objetivo en movimiento y se han analizado los resultados obtenidos.

Aplicación docente:

Asignatura de “Sistemas de Radiodeterminación”. Desde curso 2016-2017.

Temática: sistemas de localización en interiores, localización mediante ángulo de llegada (AoA); tecnología RFID – Internet of Things.

- Clases expositivas (2 h): redes de sensores (Internet of Things) y sus aplicaciones para servicios de localización y trazabilidad en interiores; sistemas de triangulación basados en ángulo de llegada.
 - Prácticas de aula (1 h): ejercicios sencillos sobre sistemas de localización empleando triangulación basada en ángulo de llegada.
- Práctica de laboratorio (20 min): explicación divulgativa sobre el funcionamiento de un radiogoniómetro basado en la tecnología RFID. Vídeo demostrativo ilustrando el principio de funcionamiento.



Esquema de funcionamiento del radiogoniómetro basado en RFID.

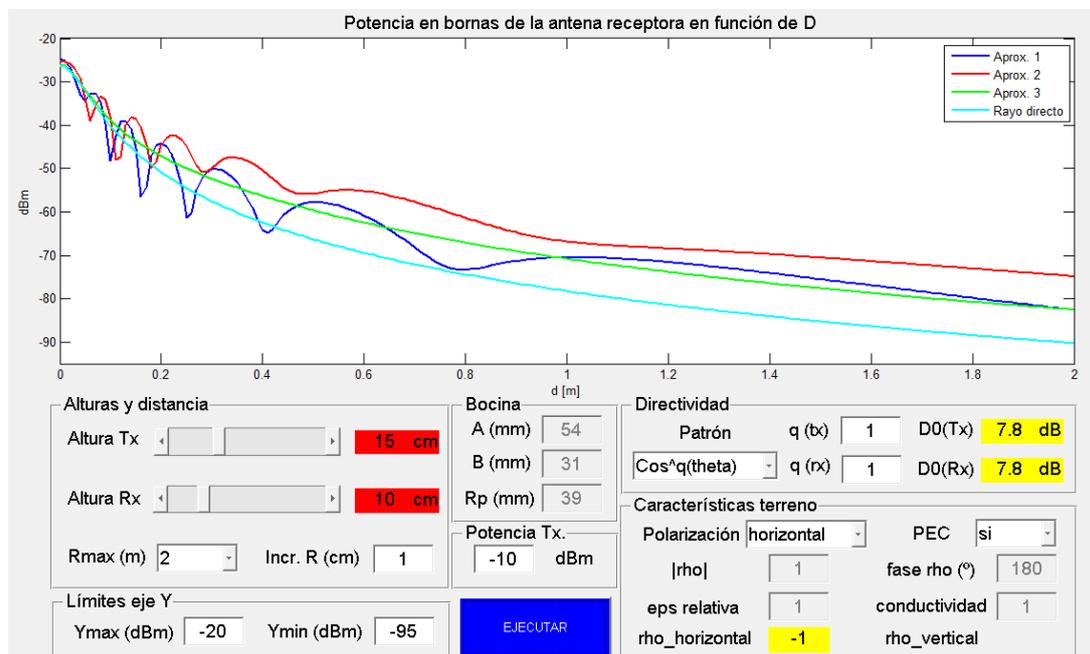
Descriptor del TFG/TFM:

Javier de Julián Peñuelas. "Diseño Y Fabricación de una Maqueta de Radioenlace en Banda X para Evaluación Docente de Efectos de Radiopropagación. Defendido en **julio de 2014**. Tutor: Fernando Las-Heras Andrés. Calificación: Matrícula de Honor.

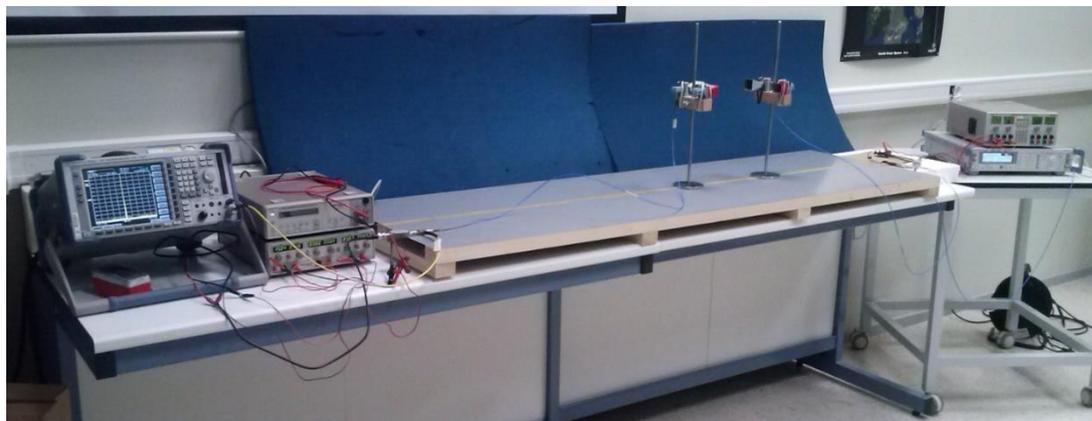
Resumen del TFG:

El proyecto consiste en el diseño y la fabricación de una maqueta de un radioenlace en frecuencias de banda X, con aplicabilidad en laboratorio docente para la realización de prácticas de radioenlaces y que permita la evaluación de factores como el multirayecto, los desvanecimientos, la ocultación parcial y total de zonas de Fresnel, el efecto de la relación de parámetros de distancia y alturas de antena, la zona óptima de trabajo, etc. El

diseño se realiza mediante la aplicación de técnicas de imágenes y diversas aproximaciones en el balance de enlace para llegar a configurar las dimensiones y rangos de variación de parámetros geométricos para poder evaluar con dicha maqueta los efectos anteriormente descritos. También se diseñan, a nivel de subsistemas, los elementos de la cadena transmisora y receptora necesarios para el correcto balance de enlace para las variaciones de parámetros indicadas, para su posterior adquisición y ensamblaje. Posteriormente, se llevan a cabo evaluaciones experimentales con diversas configuraciones geométricas para validar experimentalmente la viabilidad de la realización de prácticas docentes. A continuación, se comparan diversas técnicas de propagación implementadas en herramientas/software de análisis de cobertura radioeléctrica y se aplican tanto al modelo de maqueta realizado como al análisis de un radioenlace con un perfil orográfico real a través de herramienta GIS.



Interfaz gráfica desarrollada en MATLAB



Montaje final para llevar a cabo las medidas



Aplicación docente:

Asignatura de “Radiocomunicaciones Terrestres y Vía satélite”. Desde curso 2013-2014.

Temática: radioenlaces y propagación multicamino.

- Clases expositivas (2 h): fórmula de Friis. Propagación en espacio libre. Contribución de rayo directo y rayo reflejado considerando reflexión en plano metálico (suelo). Influencia de la polarización.
- Prácticas de aula (1 h): ejercicios sobre el cálculo del diagrama de propagación en función de la altura de las antenas, separación entre las mismas, y frecuencia de trabajo, teniendo en cuenta rayo directo y rayo reflejado.
- Práctica de laboratorio (2 h): validación experimental de un radioenlace sin considerar reflexión en suelo (colocando absorbentes) y considerando reflexión en suelo conductor.

Descriptor del TFG/TFM:

Ignacio Barrio González. “Integración de Módulos Transmisores-Receptores en Plataforma Educativa de Radioenlace”. Defendido en **junio de 2015**. Tutor: Fernando Las-Heras Andrés. Calificación: Sobresaliente.

Resumen del TFG:

El Trabajo Fin de Grado consiste en la mejora de una plataforma educativa de radioenlace en banda X mediante la integración de módulos transmisores y receptores para su uso en la asignatura Radiocomunicaciones Terrestres y Vía Satélite desde el curso 2014/2015 en adelante. De esta manera se ha mejorado la maqueta ya existente sustituyendo el generador de señal SRM40GHz y el analizador de espectros FSP40GHz empleados hasta el momento por unos módulos transmisores y receptores respectivamente que cumplan las mismas funciones, validándolos de forma teórica, simulada y experimental. Se ha procedido al estudio y medición de los componentes de radiofrecuencia, el diseño del sistema con respecto a las frecuencias empleadas y las potencias emitidas y recibidas, el estudio de viabilidad de la maqueta mediante una serie de pruebas experimentales, y una propuesta de futuros rediseños para mejorar las prestaciones de los módulos transmisores-receptores en base a los resultados obtenidos.

Aplicación docente:

Asignatura de “Radiocomunicaciones Terrestres y Vía satélite”. Desde curso 2015-2016.

Temática: radioenlaces y propagación en espacio libre.

- Clases expositivas (1 h): Propagación en espacio libre. Análisis de la influencia de la frecuencia de trabajo.
- Prácticas de aula (1 h): ejercicios sobre evaluación de radioenlaces en función de parámetros tales como altura de las antenas, separación entre las mismas, y frecuencia de trabajo.
- Práctica de laboratorio (2 h): validación experimental de un radioenlace sin considerar

reflexión en suelo.



Módulos transmisores-receptores empleados en la plataforma educativa de radioenlace.

Descriptor del TFG/TFM:

Ana Fernández Fernández. “Sistema híbrido radar-RFID para medida de velocidad”.
Tutor: Yuri Álvarez López. En realización (fecha estimada de defensa: **octubre de 2017**).

Resumen del TFG:

Se propone un sistema basado en sensores (Internet of Things) que emplea la tecnología de identificación por radiofrecuencia (Radio Frequency Identification, RFID) complementando a un radar de onda continua para medida de velocidad (o radar Doppler).

La tecnología de identificación por radiofrecuencia RFID, permite a través de etiquetas colocadas en un objeto o persona, acceder de manera remota a la información almacenada en la misma, la cual se emplea típicamente para identificar el objeto o persona. En los últimos años esta tecnología ha adquirido relevancia gracias, en gran medida, al abaratamiento de su coste.

Para validar este sistema se han evaluado diferentes configuraciones de medida empleando etiquetas RFID sobre objetos en movimiento. Para interrogar las etiquetas y capturar la señal devuelta se ha empleado un sistema formado por un lector y antenas de RFID en la banda de 867 MHz. Mediante la plataforma Matlab se ha elaborado un código que permite estimar la velocidad y posición del objeto en tiempo real a partir de las medidas proporcionadas por el lector RFID.



Esquema del setup para medida de velocidad empleando RFID.

Aplicación docente:

Asignatura de “Sistemas de Radiodeterminación”. A implementar en el curso 2017-2018.

Temática: aplicaciones de las redes de sensores / tecnología RFID a trazabilidad de personas y objetos, en particular, a la medida de velocidad mediante efecto Doppler.

- Clases expositivas (2 h): redes de sensores (Internet of Things), medida de velocidad mediante efecto Doppler; empleo de RFID para distinguir entre varios objetos.
- Práctica de laboratorio (2 h): realización de un setup sencillo para identificación de objetos empleando RFID y medida de velocidad. Se podrán comparar los resultados obtenidos con los que proporciona el radar de onda continua, empleado también en las prácticas de laboratorio de esta asignatura.

Falta por realizar una interfaz gráfica que permita monitorizar los objetos y su velocidad en tiempo real.



3.4.2 Recursos materiales disponibles y adecuación al proyecto

Se indica el material docente elaborado a partir de los TFGs / TFMs asociados al presente proyecto de innovación docente.

Marta Canga Rodríguez. “Diseño, construcción y evaluación de un radar FMCW”. 2015.

Material docente elaborado a raíz del TFG:

- Prototipo compacto y funcional de radar de onda continua / radar de onda continua modulado en frecuencia. Banda: 4.6 a 4.75 GHz. Resolución: 0.75 m a 2 m. Alcance. Hasta 10 m. Coste: menos de 300 EUR.
- Material audiovisual demostrativo del funcionamiento del radar en diferentes situaciones, tanto para medida de velocidad como para medida de distancia.

Alejandro Menéndez Aller. “Estudio, implementación y evaluación de un radar de seguimiento”. 2015.

Material docente elaborado a raíz del TFG:

- Prototipo operativo de un radar de seguimiento basado en diagramas suma y diferencia, empleando componentes y dispositivos disponibles en los laboratorios de docencia. Frecuencia de trabajo: 9.4 GHz. Alcance: 2 m. Rango angular: +/- 45°.
- Material audiovisual demostrativo del funcionamiento del radar de seguimiento.

Eduardo Castelos Morales. “Evaluación de tecnologías de radiofrecuencia para localización en interiores”. 2015.

Material docente elaborado a raíz del TFG:

- Setups basados en redes de sensores (Internet of Things) para localización y trazabilidad de personas y objetos en interiores, comparando en concreto RFID y ZigBee.
- Algoritmos y métodos para obtener la posición en tiempo real, y representación en un mapa del recinto (empleando Matlab).

María García Fernández. “Sistema de *imaging* en banda de microondas basado en *Ground Penetrating Radar*”. 2016.

Material docente elaborado a raíz del TFM:

- Elaboración de material audiovisual y explicaciones divulgativas de la investigación llevada a cabo, consistente en el diseño, construcción e integración de un georradar embarcado en un dron, y del procesado de señal radar asociado.



Santiago García Fernández. “Estudio, diseño e implementación de un radiogoniómetro”. **2016.**

Material docente elaborado a raíz del TFG:

- Prototipo funcional de un radiogoniómetro basado en sensores RFID para calcular el ángulo de llegada de una señal RFID, y poder realizar el seguimiento y trazabilidad de personas y objetos.
- Pendiente de elaborar una interfaz gráfica que permita una utilización del prototipo de forma sencilla por parte de los alumnos, simplificando la introducción de parámetros y la visualización de los resultados.

Javier de Julián Peñuelas. “Diseño Y Fabricación de una Maqueta de Radioenlace en Banda X para Evaluación Docente de Efectos de Radiopropagación.” **2014.**

Material docente elaborado a raíz del TFG:

- Maqueta para la evaluación de radioenlaces en la frecuencia de 9.4 GHz, analizando el efecto de la separación entre antenas, altura, polarización, e influencia del suelo.
- Herramienta software para análisis de radioenlaces tanto ideales con plano de masa como en condiciones realistas utilizando técnicas de propagación con métodos estadísticos y empíricos.

Ignacio Barrio González. “Integración de Módulos Transmisores-Receptores en Plataforma Educativa de Radioenlace”. **2015.**

Material docente elaborado a raíz del TFG:

- Elementos transmisores y receptores adhoc para la sustitución de equipamiento radio en la maqueta para la evaluación de radioenlaces en la frecuencia de 9.4 GHz.

Ana Fernández Fernández. “Sistema híbrido radar-RFID para medida de velocidad”. **2017.**

Material docente que se elaborará a raíz del TFG:

- Setup para evaluación de la tecnología RFID para trazabilidad de personas y objetos. En particular, para la medida de velocidad de los mismos, empleando el efecto Doppler.
- Pendiente de elaborar una interfaz gráfica que permita una utilización del setup y de los dispositivos de medida de forma sencilla por parte de los alumnos, simplificando la visualización de los resultados.



3.4.3 Indicadores y modo de evaluación

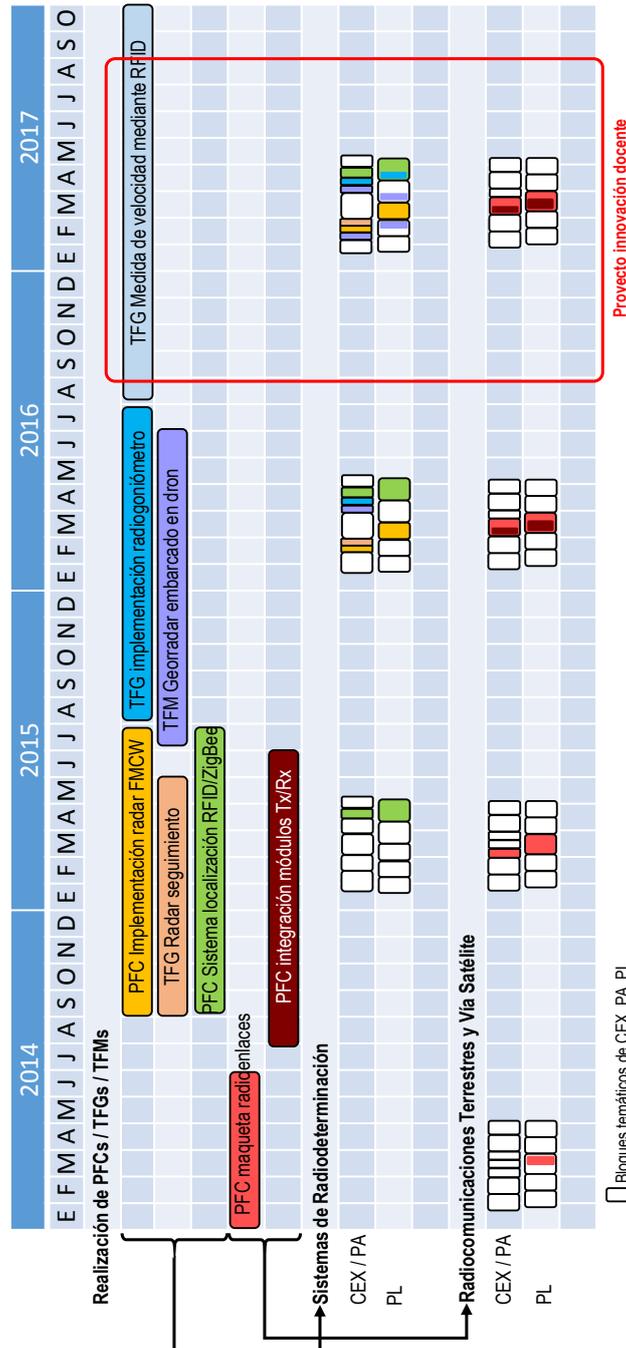
Nº	Indicador	Modo de evaluación	Rangos
1	Evaluación de las prácticas de laboratorio (PLs)	Evaluación continua del trabajo realizado en las sesiones (40% de la nota) Memoria descriptiva (en inglés o castellano, según el caso) del trabajo realizado y resultados obtenidos (60% de la nota). Se tomará como indicador las notas obtenidas por los alumnos.	66 % alumnos con nota menor a 6/10 → MALO 66 % alumnos con nota en el rango [6-8]/10 → ACEPTABLE 66 % alumnos con nota superior a 8/10 → BUENO
2	Proactividad del alumno en la realización del trabajo de fin de grado o de máster	Mediante reuniones de seguimiento, evaluación realizada por el tutor del TFG o TFM. Aunque es una evaluación subjetiva, se puede cuantificar, por ejemplo, en base al número de horas de tutoría mantenidas.	Menos de dos reuniones de seguimiento al mes → MALO De dos a cinco reuniones de seguimiento al mes → ACEPTABLE Más de cinco reuniones de seguimiento al mes → BUENO
3	Comparativa de notas de cursos anteriores	Se compararán las notas obtenidas por los alumnos (tanto PLs como notas finales) en el curso donde se han implantado el modelo propuesto, con las de cursos anteriores.	Las notas empeoran → MALO Las notas mejoran menos de un 20 % → ACEPTABLE Las notas mejoran más de un 20 % → BUENO
4	Idoneidad de la tecnología seleccionada en el mundo empresarial	Mediante reuniones con representantes de empresas tecnológicas que puedan evaluar el contenido de la PL desarrollada a través del TFG / TFM: procedimiento, materiales e instrumentos empleados, y resultados de aprendizaje exigidos a los alumnos que cursen la PL. Se evaluará si la práctica y tecnologías empleadas se ajustan a un sistema real o no.	Poca relación con un sistema real → MALO Existe cierta relación con un sistema real → ACEPTABLE La práctica emula o replica un sistema real → BUENO
5	Encuestas de evaluación de satisfacción	Se realizará una encuesta anónima tanto a los alumnos de las asignaturas como a los alumnos que han realizado el TFG / TFM para preguntarles si les ha parecido de interés tanto el laboratorio realizado como el TFG / TFM realizado.	Nivel de satisfacción < 5 → MALO Nivel de satisfacción [5 a 8] → ACEPTABLE Nivel de satisfacción > 8 → BUENO



4 Desarrollo del proyecto

4.1 Organización del trabajo y calendario de ejecución

En la siguiente figura se muestra el diagrama de Gantt con los plazos de realización de los TFGs / TFMs, ilustrando la incorporación de los resultados obtenidos / material elaborado / prototipos, al temario de las asignaturas “Sistemas de Radiodeterminación” y “Radiocomunicaciones Terrestres y Vía Satélite”. Se indica también el período de duración del presente proyecto de innovación docente.





Relación de Asignaturas

Asignatura	Código GAUSS/SIES	Titulación
Radiocomunicaciones Terrestres y Vía Satélite	GITELE01-3- 009	Grado de Ingeniería en Tecnologías y Servicios de Telecomunicación
Sistemas de Radiodeterminación	GITELE01-4- 003	Grado de Ingeniería en Tecnologías y Servicios de Telecomunicación
Trabajo Fin de Grado (Sistemas de Telecomunicación)	GITELE01-4- 028	Grado de Ingeniería en Tecnologías y Servicios de Telecomunicación
Trabajo Fin de Máster	MINGTELE- 2-012	Máster en Ingeniería de Telecomunicación

Centro de impartición: Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón

4.2 Planificación real del proyecto

Inicialmente el proyecto de innovación docente abarcaba también la asignatura “Planificación y despliegue de sistemas de telecomunicación” del máster en ingeniería de telecomunicación. Sin embargo, durante el pasado curso académico 2016-2017 no hubo alumnos que eligieran realizar TFGs relacionados con la temática de la asignatura (por ejemplo, planificación y análisis de parámetros de radioenlaces).

Con respecto a la oferta de TFGs en la temática de las asignaturas “Sistemas de Radiodeterminación” y “Radiocomunicaciones Terrestres y Vía Satélite”, se ha observado una disminución en el número de alumnos que eligen realizar el TFG en la temática de dichas asignaturas. Así, en el curso 2016-2017, únicamente se ha realizado un TFG cuyo contenido se podrá incorporar a la asignatura “Sistemas de Radiodeterminación” en el curso 2017-2018.

4.3 Justificación de la planificación realizada

La planificación realizada permite ir incorporando progresivamente los resultados de los TFGs / TFGs al temario de las asignaturas. Una ventaja importante de la metodología propuesta es que el material se va actualizando en la medida que se van finalizando los TFGs / TFGs, de forma que el retraso en la realización de un TFG / TFG no repercute en la planificación de la asignatura.

Esta planificación también permite tener en cuenta el hecho de que la oferta y demanda de TFGs / TFGs puede no ir pareja, tal y como se puede observar en el diagrama de Gantt de la ejecución del proyecto de innovación docente. Mientras que en el curso 2014-2015 se realizaron 4 TFGs / TFGs, la demanda se redujo a la mitad en el curso 2015-2016, y solamente se realizó un TFG en el curso 2016-2017 en este contexto.



Por ello se ha decidido incorporar parte del material elaborado en TFGs / TFM de temática afín a las asignaturas para incrementar la motivación del alumnado, viendo ejemplos prácticos de aplicación de la materia estudiada en las asignaturas.

5 Resumen de la experiencia

5.1 Evaluación de los indicadores propuestos

Nº	Indicador	Modo de evaluación llevado a cabo	Resultado obtenido
1	Evaluación de las prácticas de laboratorio (PLs)	Notas obtenidas por los alumnos en las prácticas de laboratorio	Sistemas de Radiodeterminación Curso 2015-2016: BUENO Curso 2016-2017: BUENO Radiocomunicaciones Terrestres y Vía Satélite Curso 2015-2016: BUENO Curso 2016-2017: BUENO
2	Proactividad del alumno en la realización del trabajo de fin de grado o de máster	Reuniones de seguimiento, evaluación realizada por el tutor del TFG o TFM.	Se han mantenido un mínimo de 2 reuniones de seguimiento al mes por PFC / TFG / TFM, y un máximo de una reunión semanal. Valor del indicador: ACEPTABLE
3	Comparativa de notas de cursos anteriores	Se compararán las notas obtenidas por los alumnos (tanto PLs como notas finales) en el curso donde se han implantado el modelo propuesto, con las de cursos anteriores.	La nota media de las asignaturas ha empeorado aproximadamente 0,5 puntos. Si bien según el indicador propuesto el resultado es MALO, se ha de tener en cuenta que este descenso de la nota medida es generalizado en las asignaturas del grado GITELE.
4	Idoneidad de la tecnología seleccionada en el mundo empresarial	Mediante reuniones con representantes de empresas tecnológicas que puedan evaluar el contenido de la PL desarrollada a través del TFG / TFM: procedimiento, materiales e instrumentos empleados, y resultados de aprendizaje exigidos a los alumnos que cursen la PL. Se evaluará si la práctica y tecnologías empleadas se ajustan a un sistema real o no.	Se ha podido constatar que algunas de las tecnologías y dispositivos empleados son usados por los egresados en su desempeño profesional (por ejemplo, sensores RFID y Zigbee, sistemas de localización y trazabilidad en interiores). Valor del indicador: ACEPTABLE.
5	Encuestas de evaluación de satisfacción	Evaluación del indicador: a partir de la Encuesta General de la Enseñanza, apartado 'idoneidad de las prácticas de laboratorio'.	Sistemas de Radiodeterminación Curso 2015-2016 (nota 7,50): ACEPTABLE Curso 2016-2017 (nota 8,43): BUENO Radiocomunicaciones Terrestres y Vía Satélite Curso 2015-2016: ACEPTABLE Curso 2016-2017: ACEPTABLE



Una vez terminado el proyecto de innovación docente, se ha considerado adecuado añadir como indicador de resultados adicional la calificación obtenida por los TFGs / TFMs desarrollados:

"Diseño, construcción y evaluación de un radar FMCW".	Sobresaliente (9,0).
"Estudio, implementación y evaluación de un radar de seguimiento".	Sobresaliente (10,0).
"Evaluación de tecnologías de radiofrecuencia para localización en interiores".	Matrícula de Honor.
"Sistema de <i>imaging</i> en banda de microondas basado en <i>Ground Penetrating Radar</i> ".	Matrícula de Honor.
"Estudio, diseño e implementación de un radiogoniómetro".	Sobresaliente (10,0).
"Diseño y fabricación de una maqueta de radioenlace en banda X para evaluación docente de efectos de radiopropagación".	Matrícula de Honor.
"Integración de Módulos Transmisores-Receptores en Plataforma Educativa de Radioenlace."	Sobresaliente (9,0).
"Sistema híbrido radar-RFID para medida de velocidad"	(pendiente de defensa – octubre 2017)

5.2 Grado de acercamiento a los objetivos planteados frente a los obtenidos

La ejecución del proyecto de innovación docente ha permitido alcanzar los objetivos planteados inicialmente:

- En general, se observa que los alumnos realizan las prácticas de laboratorio más motivados, detectándose también mayor interés durante las clases expositivas (prestan más atención). El hecho de poder emplear prototipos sencillos, y de bajo coste, que permiten obtener resultados bastante precisos, facilita una mejor comprensión de los conceptos teóricos adquiridos en las asignaturas.

- Adquisición de competencias transversales: no se ha observado una mejora significativa a la hora de elaborar memorias e informes (se han detectado fallos de redacción, plagio, fallos en expresión oral y escrita en lengua inglesa). Estos fallos se han detectado en otras asignaturas, tanto de la titulación GITELE como de otros grados en ingeniería.



- Si bien la demanda de TFGs / TFMs en las temáticas del proyecto de investigación ha disminuido, esta caída es coherente también con la disminución del número de matrícula en las asignaturas participantes (“Sistemas de Radiodeterminación”, “Radiocomunicaciones Terrestres y Vía Satélite”).

5.3 Experiencia adquirida

Los TFGs / TFMs han dado lugar a prototipos y material docente de elevada calidad y fiabilidad, permitiendo su uso no solo en prácticas de laboratorio, sino también en actividades de divulgación científica organizadas por la Universidad de Oviedo.

Se ha constatado también un aumento en el nivel de satisfacción de los alumnos al realizar las prácticas de laboratorio empleando las maquetas y prototipos elaborados por sus compañeros de cursos precedentes.

A la vista de los resultados obtenidos, para el curso académico 2017-2018 se propondrán nuevos TFGs / TFMs con el fin de poder seguir actualizando el contenido de las asignaturas involucradas en el presente proyecto de innovación docente.

6 Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presente proyecto de innovación docente han mostrado que es posible proponer TFGs / TFMs en temáticas docentes para elaboración de prototipos y setups para prácticas de laboratorio, que permitan la progresiva actualización del contenido práctico de las asignaturas en grados de ingeniería. De esta forma se consigue no solo facilitar la tarea del equipo docente de las asignaturas a la hora de elaborar/actualizar las prácticas de laboratorio, sino también aumentar la motivación del alumnado, tanto a la hora de realizar las prácticas, como durante la realización de los TFGs / TFMs, ya que se emplea material elaborado por los propios alumnos (bajo la supervisión del profesorado).

La metodología propuesta permite además independizar la realización de los TFGs / TFMs de la planificación de las asignaturas, ya que el material elaborado se incorpora una vez finalizado el TFG / TFM correspondiente. De esta forma se consigue ajustarse a la demanda de TFG / TFM en temática docente por parte del alumnado.



7 ANEXO I. Lista de objetivos

7.1 Objetivos Generales

Objetivos		% Adecuación
a)	Innovación en el ámbito de la metodología docente	75 %
b)	Innovación en el ámbito de la orientación de los y las estudiantes hacia su futuro laboral.	50 %
c)	Innovación en el ámbito de la coordinación docente y de la vinculación con entidades externas	50 %
d)	Innovación para la mejora de competencias transversales en los estudios universitarios	50 %
e)	Innovación en metodologías y actividades relacionadas los Trabajos de Fin de Grado (TFG) y de Fin de Máster (TFM)	100 %
f)	Continuidad de proyectos anteriores y fomento de su relación con otros proyectos	75 %

7.2 Objetivos Adicionales

Objetivos		% Adecuación
i)	Incrementar la motivación del alumnado, tanto en asignaturas de grado y máster como en la realización de TFGs y TFM	100 %

8 ANEXO II. Indicadores

Nº	Indicador	Modo de evaluación	Rangos
1	Evaluación de las prácticas de laboratorio (PLs)	Evaluación continua del trabajo realizado en las sesiones (40% de la nota) Memoria descriptiva (en inglés o castellano, según el caso) del trabajo realizado y resultados obtenidos (60% de la nota). Se tomará como indicador las notas obtenidas por los alumnos.	66 % alumnos con nota menor a 6/10 → MALO 66 % alumnos con nota en el rango [6-8]/10 → ACEPTABLE 66 % alumnos con nota superior a 8/10 → BUENO
2	Proactividad del alumno en la realización del trabajo de fin de grado o de máster	Mediante reuniones de seguimiento, evaluación realizada por el tutor del TFG o TFM. Aunque es una evaluación subjetiva, se puede cuantificar, por ejemplo, en base al número de horas de tutoría mantenidas.	Menos de dos reuniones de seguimiento al mes → MALO De dos a cinco reuniones de seguimiento al mes → ACEPTABLE Más de cinco reuniones de seguimiento al mes → BUENO
3	Comparativa de notas de cursos anteriores	Se compararán las notas obtenidas por los alumnos (tanto PLs como notas finales) en el curso donde se han implantado el modelo propuesto, con las de cursos anteriores.	Las notas empeoran → MALO Las notas mejoran menos de un 20 % → ACEPTABLE Las notas mejoran más de un 20 % → BUENO



4	Idoneidad de la tecnología seleccionada en el mundo empresarial	Mediante reuniones con representantes de empresas tecnológicas que puedan evaluar el contenido de la PL desarrollada a través del TFG / TFM: procedimiento, materiales e instrumentos empleados, y resultados de aprendizaje exigidos a los alumnos que cursen la PL. Se evaluará si la práctica y tecnologías empleadas se ajustan a un sistema real o no.	Poca relación con un sistema real → MALO Existe cierta relación con un sistema real → ACEPTABLE La práctica emula o replica un sistema real → BUENO
5	Encuestas de evaluación de satisfacción	Se realizará una encuesta anónima tanto a los alumnos de las asignaturas como a los alumnos que han realizado el TFG / TFM para preguntarles si les ha parecido de interés tanto el laboratorio realizado como el TFG / TFM realizado.	Nivel de satisfacción < 5 → MALO Nivel de satisfacción [5 a 8] → ACEPTABLE Nivel de satisfacción > 8 → BUENO

9 ANEXO III. Adecuación a los Planes Estratégicos

OBJETIVO 7		
Mejorar los indicadores de eficiencia académica de los graduados y aumentar el nivel de internacionalización de los estudiantes de todos los niveles educativos		
1	Actuaciones que tienen como objeto la mejora e innovación docente, la incorporación integral de las TICs en la oferta formativa	100 %
2	Mayor colaboración con las enseñanzas medias	50 %
3	Mejorar las competencias lingüísticas de los estudiantes	50 %
4	Interculturalidad	0 %
5	Mejora de la movilidad	0 %
6	Participación en titulaciones dobles y conjuntas con universidades extranjeras	25 %
7	Mayor internacionalización del profesorado y los investigadores	25 %
OBJETIVO 8		
Aumentar el grado de internacionalización de estudiantes, investigadores, profesores y profesionales de apoyo a la actividad académica		
8	Colaboración con la Casa de las Lenguas, con el Centro Internacional de Postgrado, etc.	0 %
9	Impartición de un mayor número de asignaturas de grado en inglés	25 %
10	Promoción de la movilidad internacional	25 %
OBJETIVO 9		
Promover políticas de empleo dirigidas a compaginar estudio y trabajo dentro de las actividades de los campus universitarios		
11	Incremento de las prácticas que realizan los estudiantes, tanto las relacionadas con su carrera como en proyectos de cooperación sobre el terreno para reforzar su dimensión solidaria	25 %
12	Potenciación de la enseñanza semipresencial y no presencial	25 %