

MEMORIA DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS
PROYECTOS DE INNOVACIÓN PARA GRUPOS DOCENTES
CURSO 2015/2016

DATOS IDENTIFICATIVOS:

1. Título del Proyecto

MEDIDA DE DISTANCIAS Y TRANSMISIÓN DE DATOS MEDIANTE DISPOSITIVOS UWB

2. Código del Proyecto

2015-2-5023

3. Resumen del Proyecto

La tecnología UWB (*Ultra Wide Band*) hace referencia a sistemas de radio que, entre otras características, permiten obtener datos de distancias con alta precisión (del orden del decímetro) de forma inalámbrica. Las aplicaciones son variadas y abarcan todos aquellos temas donde la información sobre la posición de un objeto sea relevante (por ejemplo, posicionamiento de una persona en recintos interiores, donde generalmente el sistema GPS (*Global Positioning System*) no está disponible). El objetivo de este proyecto ha sido el análisis y estudio de la tecnología UWB dando como resultado principal el desarrollo de un prototipo. En este trabajo se ha planteado un proyecto de colaboración con los alumnos para el desarrollo del prototipo, principalmente compuesto por un microcontrolador y un módulo de radiofrecuencia UWB. El trabajo ha abarcado desde la selección del hardware necesario, desarrollo del software, montaje y pruebas. Con los resultados obtenidos se espera disponer de una plataforma de bajo coste que permita al alumnado familiarizarse con el desarrollo de aplicaciones basadas en microcontrolador, y hacer uso de una tecnología emergente como es la UWB. Entre las pruebas realizadas, se destaca la incorporación de uno de los prototipos en un drone disponible en el Área de Automática de la Universidad de Córdoba.

4. Coordinador/es del Proyecto

Nombre y Apellidos	Departamento	Código del Grupo Docente
JUAN GARRIDO JURADO	INFORMÁTICA Y ANÁLISIS NUMÉRICO	054

5. Otros Participantes

Nombre y Apellidos	Departamento	Código del Grupo Docente	Tipo de Personal (1)
FRANCISCO VÁZQUEZ SERRANO	INFORMÁTICA Y ANÁLISIS NUMÉRICO	054	PDI
MARIO LUIS RUZ RUIZ	INFORMÁTICA Y ANÁLISIS NUMÉRICO	054	COLABORADOR
SERGIO FRAGOSO HERRERA	INFORMÁTICA Y ANÁLISIS NUMÉRICO	054	COLABORADOR

(1) Indicar si se trata de PDI, PAS, becario/a, alumnado, personal contratado, colaborador o personal externo a la UCO

6. Asignaturas implicadas

Nombre de la asignatura	Titulación/es
REGULACIÓN AUTOMÁTICA	GRADO INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
INGENIERÍA DE CONTROL	GRADO INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
LABORATORIO DE CONTROL DE PROCESOS	GRADO INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

MEMORIA DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE

1. **Introducción** (justificación del trabajo, contexto, experiencias previas, etc.).

En las guías docentes ECTS realizadas para las asignaturas relacionadas con Control Automático aparece el concepto de trabajo en equipo. Un buen ingeniero de control debe saber manejar gran cantidad de conceptos, técnicas e ideas y, lo más importante, ser capaz de aplicarlos a problemas reales de la industria. Por lo tanto, el principal objetivo de la docencia en Control Automático consiste en cubrir las necesidades de base teórica de los estudiantes, así como la de proporcionarles la capacidad de hacer frente a procesos de ingeniería.

Las experiencias de trabajo en equipo tienen como finalidad la mejora de determinadas competencias transversales: de esta forma se pretende mejorar la capacidad de organización y planificación del alumno, su visión general a la hora de resolver problemas, así como contribuir a la formación y desarrollo en la resolución de problemas complejos que requieren de grupos de trabajo.

En la presente memoria se incluye una actividad de trabajo en grupo que intenta mejorar las competencias específicas de los ingenieros, cognitivas como son el estudio del funcionamiento general de los microcontroladores y su programación, procedimentales e instrumentales, como son la resolución de problemas complejos y la utilización y elección de hardware para un propósito determinado, y actitudinales tales como son fomentar la habilidad para trabajar de forma autónoma y en equipo y la capacidad en la toma de decisiones.

Experiencias previas en años precedentes han dado resultados satisfactorios. Todos los solicitantes ya han sido responsables o han participado en proyectos de innovación y mejora de calidad docente a lo largo de los últimos años, y en concreto han participado en proyectos similares cuyo objetivo consistía en que los alumnos llevaran a cabo una planificación de las actividades a realizar, selección y adquisición de los componentes, implementación de las plantas proyectadas, etc. Tras los buenos resultados de convocatorias anteriores, el presente proyecto ha pretendido llevar a cabo un trabajo inicial orientado al uso de sistemas de posicionamiento basados en radio utilizando la tecnología UWB, lo que permite, además de transmitir datos, medir distancias incluso cuando hay obstáculos entre el emisor y el transmisor [1].

Dicha tecnología permite obtener medidas de distancia con alta precisión (del orden del decímetro) de forma inalámbrica. Las aplicaciones son variadas y abarcan todos aquellos temas donde la información sobre la posición de un objeto sea relevante, como por ejemplo, posicionamiento de una persona en recintos interiores, donde generalmente el sistema GPS no está disponible.

2. **Objetivos** (concretar qué se pretendió con la experiencia).

La experiencia realizada ha consistido en el diseño de un prototipo formado por un microcontrolador y un módulo UWB. El problema que se planteó fue, en primer lugar, realizar una búsqueda de hardware para desarrollar un dispositivo que permitiera obtener distancias respecto a otro de características similares, así como transmitir datos. Para ello primeramente el alumno realizó una búsqueda y selección de hardware, teniendo en cuenta restricciones económicas y posibilidades de programación. De forma simultánea, se trató de seleccionar un módulo UWB con el que se pudiera establecer una comunicación sencilla, tanto para la obtención de datos del mismo como para su configuración a partir de comandos transmitidos por el microcontrolador.

Como segunda parte del problema, los alumnos realizaron un conjunto de pruebas con el software implementado para corroborar la medida de distancias y la transmisión de datos. Por otro lado, también era ob-

jeto de este proyecto que el prototipo desarrollado sirva como plataforma didáctica al estudiante en cuanto a la programación de microcontroladores y el uso de una tecnología innovadora como es la UWB.

3. Descripción de la experiencia (exponer con suficiente detalle qué se ha realizado en la experiencia).

3.1 Diseño del prototipo

El punto de partida del presente proyecto fue el diseño y selección del hardware necesario para el montaje del prototipo, que como ya se ha comentado, está formado principalmente por un microcontrolador y un módulo UWB. Los alumnos realizaron diferentes propuestas de hardware, principalmente en la elección del microcontrolador. De las propuestas realizadas y tras una serie de reuniones con los supervisores del trabajo, se definió el hardware a utilizar una vez conocidas las restricciones económicas. Al mismo tiempo, se trató de seleccionar un módulo UWB con el que se pudiera establecer una comunicación simple. Tras seleccionar el hardware, se planteó el siguiente esquema mostrado en la Figura 1.

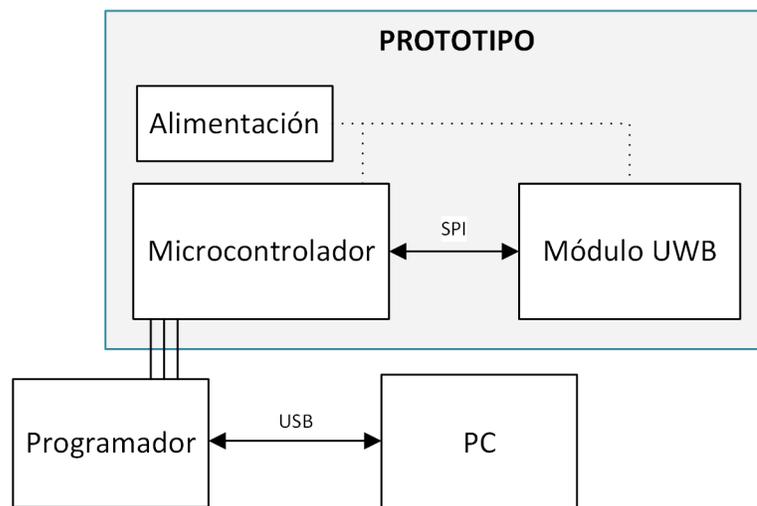


Figura 1. Esquema general del prototipo

Se seleccionó un modelo de la plataforma Arduino que necesita la conexión de un programador. Esto se hizo así para utilizar una placa de tamaño reducido y bajo consumo, ya que también se han considerado estos dos aspectos para futuras versiones del prototipo. El programador sólo se conecta cuando hay que actualizar el software del microcontrolador o cuando es necesario realizar una toma de datos mediante un PC, tal y como se muestra en la Figura 1. Para la selección del módulo UWB se consideró, además del aspecto económico, la sencillez en la comunicación, escogiéndose un módulo que permite programarse mediante comandos a través del bus SPI (*Serial Peripheral Interface*). Este estándar de comunicaciones es sencillo y la tarjeta basada en Arduino seleccionada para este proyecto tiene pines dedicados para establecer este tipo de comunicación. Tanto el módulo UWB como la plataforma de Arduino seleccionada se alimentan a 3.3 V DC. Se seleccionaron también unas baterías adecuadas para ello.

3.2 Construcción del prototipo

Una vez seleccionados los componentes se realizaron una serie de pruebas preliminares en el laboratorio. En primer lugar, se verificó el funcionamiento del programador y la carga de software al microcontrolador mediante programas sencillos [2, 3]. También se realizaron diversas pruebas de transmisión de datos desde el microcontrolador al PC, obteniéndose resultados satisfactorios. Tras estas pruebas, se procedió al desarrollo de una placa de circuito impreso que facilitase el acceso a los pines del módulo UWB, el cual se sol-

dó en dicha placa. En la Figura 2 se muestra el montaje del prototipo, donde se aprecia el programador, el microcontrolador (Arduino) y el módulo UWB soldado en la placa mencionada.

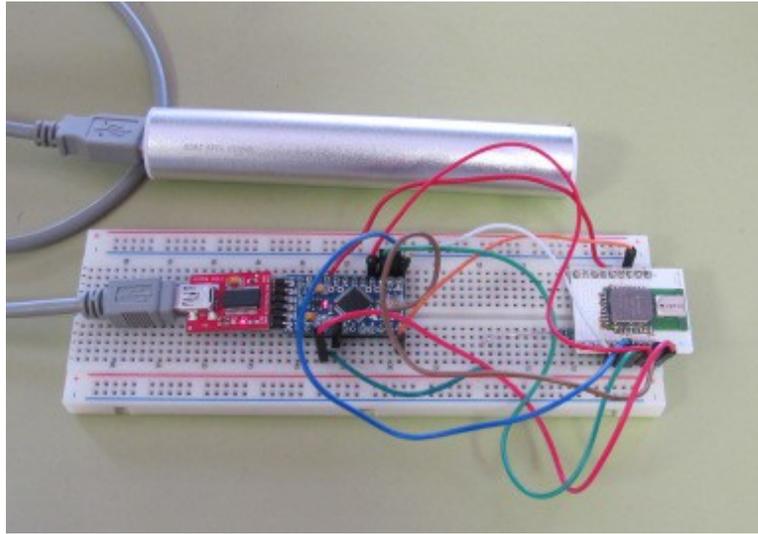


Figura 2. Montaje del prototipo en protoboard

Con el prototipo mostrado en la figura anterior se llevaron a cabo pruebas de comunicación con el módulo UWB. En el desarrollo del prototipo se encontraron algunos problemas relacionados con la alimentación del módulo UWB, especialmente cuando es la placa de Arduino la que alimenta al módulo desde una de sus patillas. Se plantearon diversas soluciones entre las que se consideró utilizar un regulador y alimentar al microcontrolador y al módulo de forma independiente. Respecto a la comunicación con el módulo UWB, se utilizaron unas librerías disponibles que permiten configurarlo mediante la plataforma de Arduino.

3.3 Prueba de medida de distancias y transmisión de datos

Para la medida de distancias fue necesario construir otro prototipo de características similares. La configuración utilizada se muestra en la Figura 3, donde uno de los prototipos se conecta al PC y transmite vía USB los datos recibidos, siendo en este caso la distancia entre los dos módulos.

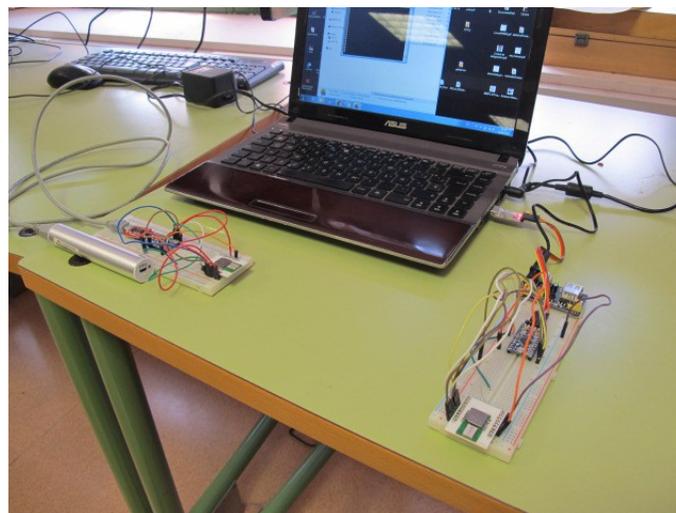


Figura 3. Medida de distancias y transmisión de datos entre dos prototipos

La prueba de medida de distancias consistió en desplazar uno de los módulos, dejando el otro en un punto fijo (el que está conectado con el PC). Para esta prueba, se pretendió garantizar un periodo de muestreo menor de 1 s. Se comprobó la estabilidad de las medidas realizando pruebas de acercamiento y alejamiento entre los equipos. En la Figura 3 se muestra la gráfica de uno de los registros de una de las pruebas realizadas, donde el equipo móvil se desplazó manualmente hasta una distancia de aproximadamente 6 m.

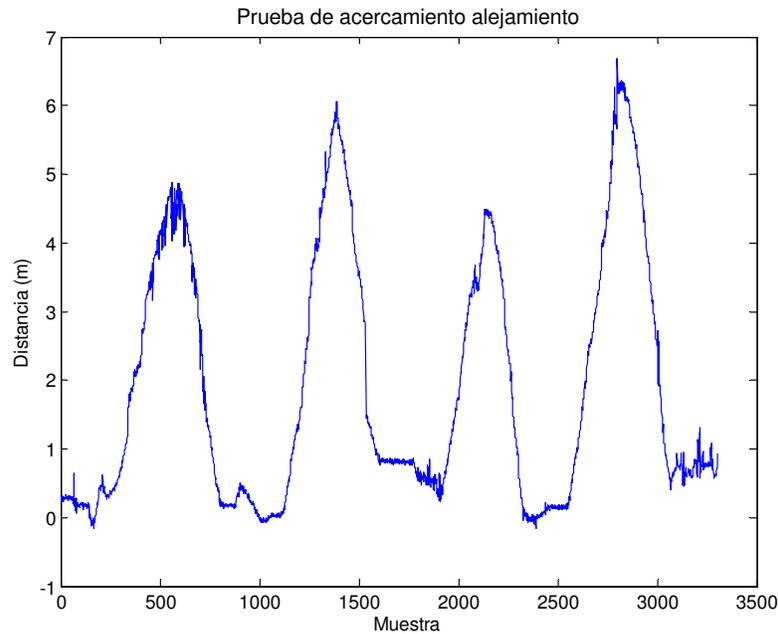


Figura 4. Medida de distancias

También se pudo comprobar la estabilidad de la medida en situaciones estáticas, en la cual el prototipo móvil se dejó en una posición fija. A pesar de no haberse realizado ningún filtrado de los datos, la distancia se mostró bastante estable, con variaciones menores del decímetro.

3.4 Prueba en Drone

Aunque se espera reducir el tamaño del prototipo mediante el diseño de una placa perforada, se pudo realizar una prueba acoplando uno de los módulos en la parte superior de un dron disponible en el Área de Automática, en concreto el modelo Parrot AR.Drone [4]. En este caso se utilizó una de las baterías de menor peso a la mostrada en la Figura 2, con una capacidad de 600 mAh y 3.7 V. Al igual que en las pruebas realizadas anteriormente, se realizó un registro de datos, midiéndose la distancia entre uno de los prototipos conectado a un portátil y el otro acoplado en el dron. La prueba se realizó en uno de los pasillos del edificio Leonardo Da Vinci, tal y como se muestra en las figuras 3 y 4. Para el manejo del dron se utilizó la aplicación libre AR.FreeFlight 2.4, descargable desde Google Play, y que permite manejar el dron mediante móvil y a través de una conexión WiFi.

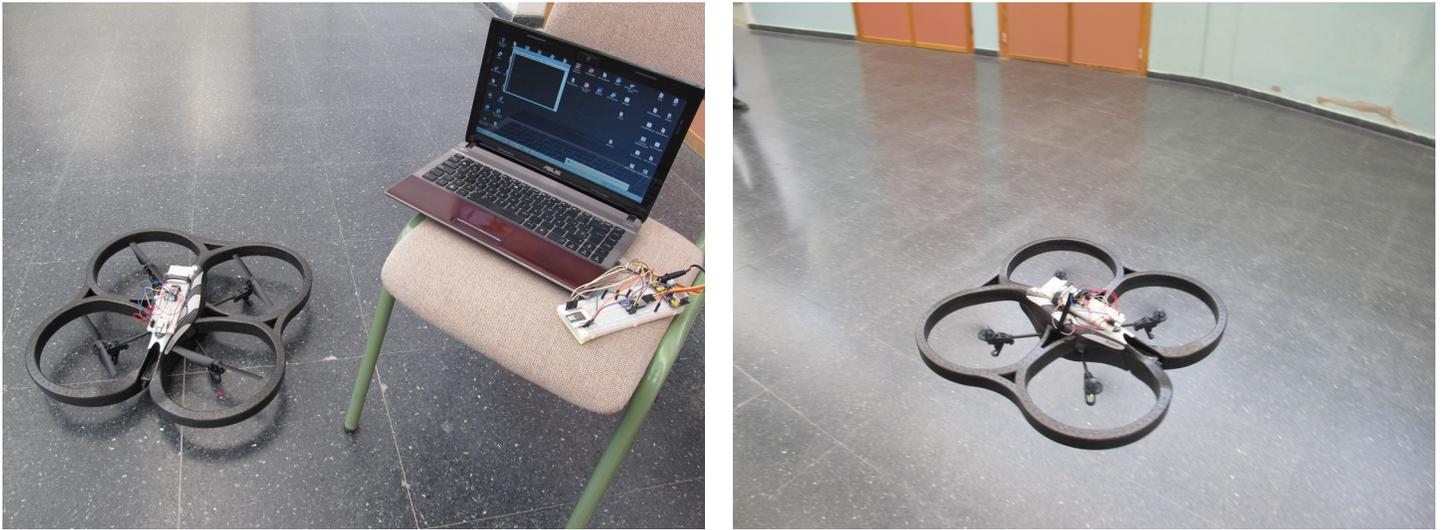


Figura 5. Prueba con drone

En la Figura 6 se muestra el registro de una de las pruebas realizadas. Se realizaron diferentes trayectorias de acercamiento y alejamiento, alcanzándose una distancia máxima de 14 m. También se probó a dejar el drone en diferentes puntos estáticos, lo que se puede observar en aquellas zonas donde la distancia es constante. Durante todo el recorrido de la prueba se pudo comprobar una recepción adecuada de los datos transmitidos, siendo la frecuencia de las muestras (es decir, la frecuencia entre cada dato de distancia recibida) mayor de 1 Hz. No obstante, se ha podido observar que la frecuencia no es constante y existen ocasiones en las cuales el módulo dejaba de recibir los datos de distancia, aunque el periodo máximo de tiempo no superaba el segundo. En cualquier caso, estudiar el máximo periodo de muestreo alcanzable es uno de los aspectos a tener en cuenta como futuras mejoras de este trabajo.

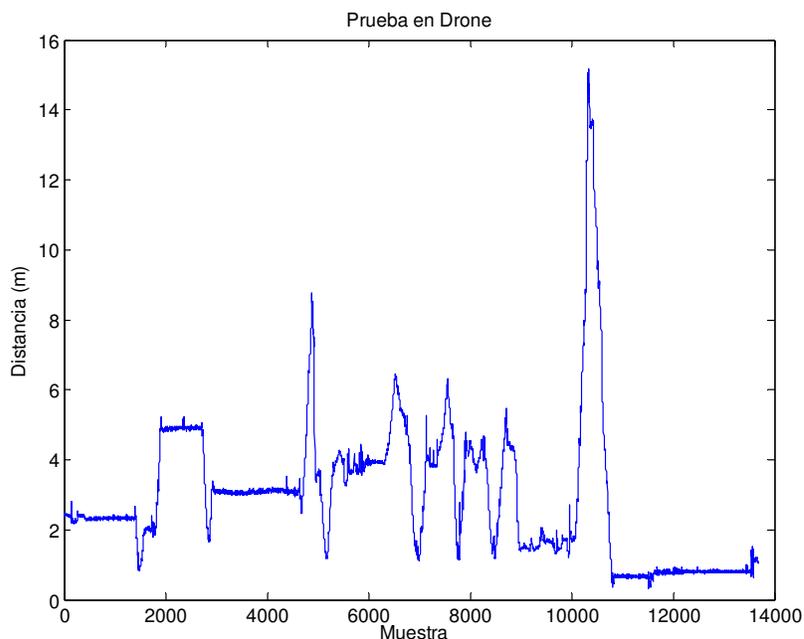


Figura 6. Distancias registradas en prueba con drone.

4. Materiales y métodos (describir el material utilizado y la metodología seguida).

Para llevar a cabo el proyecto se llevaron a cabo los siguientes pasos:

1. Se estableció un profesor responsable y coordinador de la experiencia.

2. En una reunión colectiva entre los alumnos, se establecieron los requisitos del equipo a diseñar.
3. Se eligieron a priori los componentes que se creyeron más adecuados y que permitían, dentro del presupuesto disponible, conseguir las especificaciones de diseño.
4. Los estudiantes se enfrentaron a problemas de tipo software (programación de algoritmos de control) y de tipo hardware (montaje del prototipo), siempre bajo la supervisión y ayuda del profesor responsable.
5. Los estudiantes junto con los profesores construyeron el sistema diseñado en una proto-board.
6. Finalizado el montaje de dos prototipos junto con el software de programación cargado en los microcontroladores, los estudiantes realizaron un conjunto de pruebas para la transmisión de datos y medida de distancias. Se realizó una prueba con un Drone disponible en el área de ingeniería de sistemas y automática.
7. Finalmente se presentaron los resultados obtenidos y se discutieron en grupo, planteándose además las posibilidades que ofrece la tecnología UWB así como posibles mejoras del trabajo desarrollado.

Brevemente, los recursos utilizados han sido:

- Microcontroladores de la plataforma Arduino.
- Módulos UWB.
- Baterías para la alimentación del conjunto microcontrolador-módulo UWB.
- Programador para los microcontroladores.
- Ordenador de sobremesa y portátil para el desarrollo del software.
- Entorno de programación de Arduino y Matlab.
- Soldadora y material electrónico disponible en al Área de Ingeniería de Sistemas y Automática.

5. **Resultados obtenidos** (concretar y discutir los resultados obtenidos y aquellos no logrados, incluyendo el material elaborado).

El proyecto ha cumplido su principal objetivo, que consistía en lograr una experiencia de trabajo en equipo que motivara al alumnado a enfrentarse con un problema de ingeniería real como el diseño de un prototipo basado en microcontrolador, su diseño, construcción y programación. El esfuerzo invertido en el desarrollo de un primer equipo estable, el software de programación y las pruebas realizadas permiten que los resultados obtenidos en esta experiencia sirvan como punto de partida para futuros trabajos. De hecho, dado el carácter innovador de la tecnología utilizada y la posibilidad de medir distancias con errores inferiores al decímetro, el trabajo desarrollado será utilizado en el futuro para la realización de trabajos fin de grado o de investigación.

Además, el prototipo desarrollado podrá utilizarse para la realización de prácticas en diversas asignaturas del área de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad de Córdoba, destacándose la capacidad de medida de distancias mediante radiofrecuencia, y la transmisión de datos (como por ejemplo aquellos obtenidos por sensores de alguna de las instalaciones del laboratorio) de forma inalámbrica.

6. **Utilidad** (comentar para qué ha servido la experiencia y a quiénes o en qué contextos podría ser útil).

Desde el punto de vista formativo, el desarrollo de esta aplicación permite al estudiante por un lado hacer uso de una tecnología emergente como es la tecnología UWB, y por otro participar en la elaboración de hardware específico, que requiere tanto el desarrollo de hardware (placa de circuito impreso) como la elaboración de un código de programa que maneje adecuadamente el módulo UWB radiofrecuencia. Del mismo modo, los alumnos han participado en una actividad próxima a la que tendrán que desenvolver en su futuro

profesional, seleccionando componentes en catálogos, adquiriéndolos al mejor precio, instalándolos, acertando y equivocándose en la elección, etc.

Por otra parte, los alumnos han participado en una actividad en la que se tendrán que desenvolver en su futuro profesional, seleccionando componentes en catálogos, adquiriéndolos al mejor precio, instalándolos, acertando y equivocándose en la elección, etc. Desde el punto de vista de las competencias actitudinales, los alumnos han realizado en grupo una actividad en la que las sumas de las partes ha formado un todo tangible: el prototipo desarrollado. A su vez, se ha trabajado en una actividad donde el profesor no sólo ha transmitido sus conocimientos sino que ha sido un elemento más en el equipo de trabajo, coordinando, aconsejando y, en algunos momentos de dificultad, también trabajando. Se ha favorecido la relación profesor-alumno fomentando el paradigma de enseñar a aprender. En cuanto a los recursos económicos consumidos, en la propuesta de este proyecto de innovación se propuso como primera opción la compra de un kit de evaluación cuyo precio era mayor a la dotación obtenida. Sin embargo, el hecho de no poder adquirir este kit no ha impedido el desarrollo de este proyecto, prueba de ello es la construcción de una primera versión de un prototipo mediante una plataforma de bajo coste como es Arduino.

7. Bibliografía.

La bibliografía consultada ha tenido principalmente dos propósitos: por un lado adquirir conocimientos básicos de la tecnología UWB y sus principales características, y por otro que el alumnado se familiarizase con el entorno de programación de Arduino y el funcionamiento de microcontroladores. Del mismo modo, también se han consultado diversos catálogos de componentes electrónicos para la compra del material necesario.

- [1] Zafer Sahinoglu, Sinan Gezici, Ismail Güvenc. “Ultra-wideband Positioning Systems: Theoretical Limits, Ranging Algorithms, and Protocols”. 2011. Cambridge University Press. ISBN:0521187834.
- [2] <http://www.sparkfun.com>. Página web con diferentes tutoriales y guías prácticas de desarrollo de proyectos con la plataforma Arduino.
- [3] <http://www.arduino.cc>. Página web oficial de la plataforma Arduino, donde se puede bajar el entorno de desarrollo y se pueden consultar las principales características de cada una de los productos Arduino
- [4] <https://www.parrot.com/es/>. Página web del drone utilizado en las pruebas.

Córdoba, 27 de agosto de 2016

Sra. Vicerrectora de Estudios de Postgrado y Formación Continua