ANEXO V

CONVOCATORIA DE PROYECTOS DE INNOVACIÓN Y BUENAS PRÁCTICAS DOCENTES

Modelo de memoria final de proyectos de innovación y buenas prácticas docentes

1. Datos generales de la actividad formativa		
Título	(1) Aprendizaje basado en proyectos: Creación de un conjunto masivo de datos mediante la programación de un dispositivo sensorial de rango.	
Coordinador	(2): Apellidos, Nombre	**Aguirre Molina, Eugenio**
	(3): Departamento	Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial
	(4): Email	eaguirre@ugr.es
	(5): Teléfonos	958 248476

2. Responda a las siguientes cuestiones, indicando los puntos fuertes, las dificultades y posibles opciones de mejora

1. Especifique los resultados obtenidos, indicando donde se han difundido y en qué canales se han puesto en disposición para la comunidad universitaria.

En este proyecto se ha creado un conjunto masivo de datos mediante la programación de un dispositivo sensorial de rango que se usa para escanear entornos de interiores de tipo oficina. Estos dispositivos utilizan tecnología de detección láser para obtener una serie de puntos del entorno escaneado y resultan imprescindibles en el ámbito de la robótica móvil, vehículos autónomos y entornos inteligentes. La información detectada por el dispositivo se ha almacenado convenientemente y se ha puesto a disposición de las diferentes asignaturas implicadas usando un repositorio privado. Finalmente, a partir de dicho conjunto de datos, los profesores participantes en esta propuesta han propuesto a sus estudiantes la participación en los tres proyectos concretos explicados en el punto 2 de este informe y que están relacionados con ciencia de datos, aprendizaje automático, inteligencia artificial y robótica, potenciando así el aprendizaje basado en proyectos. Ello ha permitido la adopción de un enfoque metodológico activo lo que ha redundado, sin duda, en la mejora de la docencia.
Este informe se va a difundir en el repositorio público Digibug de la UGR para darlo a conocer a toda la comunidad universitaria y a la sociedad en general.

2. Valore el grado de consecución de los objetivos. Especifique los mismos.

El objetivo general del proyecto es: Construir un conjunto masivo de datos obtenidos del mundo real mediante la programación de un dispositivo sensorial de rango para ponerlo a disposición del profesorado y estudiantado de las asignaturas implicadas y potenciar así el aprendizaje basado en proyectos. Esto permite la adopción de un enfoque metodológico activo en dichas asignaturas del Grado en Ingeniería Informática y del Grado en Ingeniería en Tecnologías de la Telecomunicación. Estas asignaturas tienen en común su papel fundamental en la formación que reciben los estudiantes en la competencia de programación de ordenadores. Para conseguir este objetivo general se plantearon los siguientes objetivos específicos E1, E2, E3:

- E1: Analizar experiencias previas en aprendizaje basados en proyectos en asignaturas de programación para identificar fortalezas y debilidades de esta metodología.
- E2: Crear un conjunto masivo de datos obtenidos del mundo real mediante la programación de un dispositivo sensorial de rango que se usaría para escanear entornos de interiores de tipo oficina.
- E3: Usando el análisis de las experiencias previas y el conjunto masivo de datos obtenido, realizar el diseño de propuestas innovadoras, basadas en esta metodología, que usen dicho conjunto de datos como información de entrada. Estas propuestas estaría dentro del ámbito de la ciencia de datos, aprendizaje automático, inteligencia artificial y robótica.

Grado de consecución de los objetivos:

E1. El análisis de las experiencias previas se hizo dentro de diversas reuniones del equipo del proyecto y se concluyó que esta metodología tiene como fortalezas aumentar la motivación del estudiante, mejorar su grado de autonomía en la resolución de problemas y una mejora en las capacidades de programación de ordenadores. Como debilidades, es una metodología donde se debe preparar bien el entorno de trabajo por parte del profesor y elaborar guiones de trabajo práctico que ayuden a que el estudiante no se pierda en el proceso. Por tanto, este objetivo se considera alcanzado.

E2. La instalación, puesta en marcha y visualización de los datos generados por el dispositivo láser ha llevado bastante trabajo pero se ha podido resolver usando las herramientas disponibles en el sistema ROS (Robot Operating System) y con el desarrollo del software de control y gestión del dispositivo por parte del equipo del proyecto. El dispositivo láser se tiene que alimentar con un transformador de 12 voltios y se conecta a un mini ordenador de tipo Jetson Orin NX por medio de un cable Ethernet. La dirección IP del láser es 192.168.0.10 y va publicando los valores de distancia detectados en un rango de escaneo de 270 grados con una resolución angular de 0,25 grados. Ello permite obtener 1080 valores de distancia siendo el rango máximo de 20 metros. La frecuencia de escaneo es de 40 hercios lo que permite usarlo para poder realizar detección y seguimiento de las piernas de las personas que se encuentren alrededor del láser. Para poder generar el conjunto masivo de datos, el dispositivo láser se ha instalado en la parte baja de un robot móvil de tipo PeopleBot a una altura aproximadamente de 30 centímetros desde el suelo. En la Figura

1 se pueden ver de izquierda a derecha, el robot PeopleBot con el sistema láser instalado en su parte inferior. Luego el láser Hokuyo adquirido con los fondos del proyecto. A su derecha la cámara IMX219 y debajo la conexión de ambos sensores al mini ordenador de tipo Jetson Orin NX.

Figura 1

A la altura a la que se ha instalado el láser, se pueden detectar las piernas de las personas alrededor del robot que se perciben con la forma de semicírculos dentro de las proximidades del robot en el espacio de coordenadas del láser (ver Figura 2).

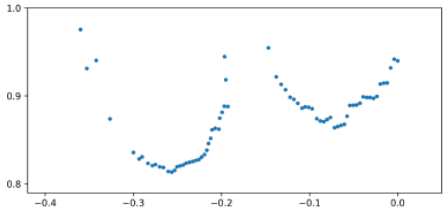


Figura 2

A continuación hemos tenido que desarrollar el software necesario para la conexión con el dispositivo láser mediante un programa en lenguaje C++ que se conecta a un nodo ROS que a su vez está conectado al láser. Dicho nodo ROS está publicando los datos del láser y con nuestro programa en C++ conseguimos conectarnos al nodo ROS y obtener dichos datos para su procesamiento y almacenamiento en el formato adecuado dentro de un fichero de tipo XML. Estos ficheros ocupan bastante tamaño y están almacenados en un disco duro que se ha puesto a disposición de los profesores del equipo para el desarrollo de propuestas de aprendizaje basado en proyectos, además de subirlo a un repositorio privado. Con todo lo expuesto, este objetivo se considera alcanzado.

E3. Una vez obtenido el conjunto de datos masivo con las detecciones del láser en entornos de interiores se han llevado a cabo los siguiente proyectos para el uso de estos datos dentro del contexto de las diferentes asignaturas, todas ellas relacionadas con la programación de ordenadores.

Proyecto 1. Proyección de los datos del láser en las imágenes de la cámara IMX219.

En este proyecto se pretende dibujar en la imagen los puntos que se están detectando con el láser según la distancia a la que se encuentren los diferentes objetos detectados en el plano 2D del láser. Para ello el primer paso que se dio fue la calibración intrínseca y extrínseca de la cámara IMX219. Este proceso se hace tomando imágenes de un tablero de tipo ajedrez en el que el tamaño de los cuadrados es conocido y en el que se toman muchas imágenes a diferente distancia y con diferente orientación. Con el procesamiento mediante un algoritmo de calibrado se pueden obtener los valores intrínsecos de la cámara que nos van a permitir proyectar en la imagen valores de distancia. También es necesario realizar la calibración extrínseca que consiste en conocer la posición exacta del láser respecto a la cámara en coordenadas de la cámara. Con estos dos procesos resueltos se puede obtener imágenes con la mostrada en la Figura 3 donde los puntos de láser se han pintado en color rojo, naranja o verde para diferenciar las diversas agrupaciones de puntos en los que se clasifican los puntos del láser. Se puede observar como los puntos que impactan en las piernas de la persona visualizada caen por debajo de la rodilla mientras que los puntos más lejanos que impactan en la pared del fondo o en los diferentes objetos del entorno, se pintan en las zonas correspondientes según la distancia a la que se ha detectado el impacto.

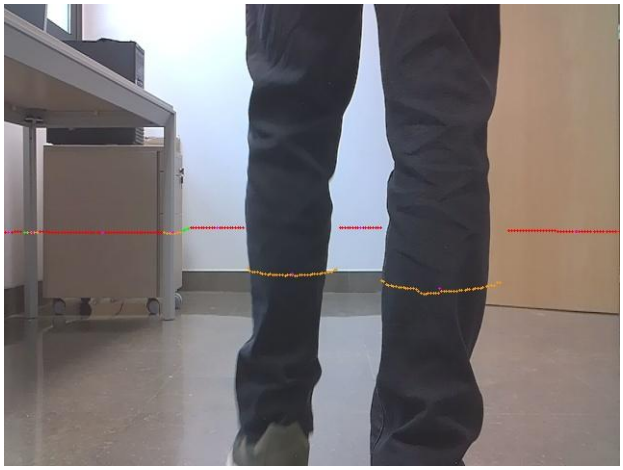


Figura 3

Proyecto 2. Aplicación de técnicas de detección de objetos mediante deep learning.

Una de las aplicaciones de la Ciencia de datos e Inteligencia Artificial es el tratamiento de las imágenes mediante técnicas denominadas de Aprendizaje automático. Dentro de este campo, a su vez, existen técnicas clásicas o bien las más actuales basadas en el denominado Aprendizaje profundo o deep learning. En este proyecto se aplicaron técnicas de detección de objetos basado en algoritmos entrenados con deep learning para detectar las personas y las piernas de los participantes en este proyecto. El objetivo de este segundo proyecto es dar a conocer a los estudiantes la potencia de las técnicas de ciencia de datos aplicadas a las imágenes y fusionar dicha información con los impactos del láser en las piernas de los participantes. De esta forma se puede conseguir la detección de las personas dentro de las imágenes pero también en el plano 2D del láser de manera que el robot pueda ubicar en su entorno próximo a las personas presentes con la intención de poder interaccionar con ellas o simplemente poner navegar por el entorno sin chocar con las personas detectadas. En la Figura 4 se puede ver la misma situación anterior pero ahora se ha aplicado un detector de personas que genera el cuadrado de color amarillo conteniendo la persona detectada y además nos detecta también los puntos que pertenecen a las piernas de la persona, que son dibujados por los puntos y líneas de color verde. Usando esta información y los puntos del láser detectados, el resultado final es el representado por los rectángulos de color morado que señalan las piernas que se han detectado mediante ambos algoritmos al mismo tiempo, por el detector de imágenes y por el impacto del láser en las piernas. Esta información permite al robot conocer la ubicación de la persona detectada y, por ejemplo, empezar a seguir a dicha persona.

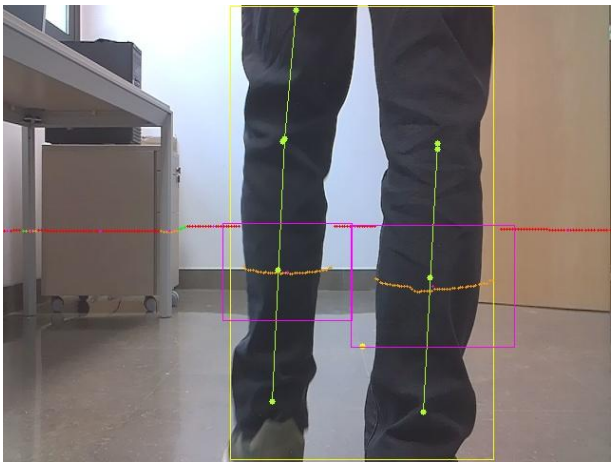


Figura 4

Proyecto 3. Aplicación con múltiples usuarios y detección de personas en el espacio del láser.

En este caso se quería comprobar si los algoritmos desarrollados eran capaces de funcionar con más de una persona y además, si dichas personas se pueden ubicar en el espacio de coordenadas del láser. Para ello se desarrollaron las mejoras necesarias de la propuesta anterior obteniendo el siguiente resultado que se puede ver en la Figura 5. En este caso participaron varios estudiantes de la UGR como voluntarios y el detector basado en deep learning fue capaz de detectar los recuadros amarillos en cada persona y señalar los puntos clave como los que forman los hombros, los brazos, el rostro y las piernas. Los puntos del láser se dibujan solo

en las personas dentro de un umbral de distancia y se asocian a las detecciones del detector basado en deep learning. Como resultado se pueden detectar en total 5 piernas faltando la primera pierna situada a la izquierda de la imagen porque no se detecta totalmente dentro de la imagen.

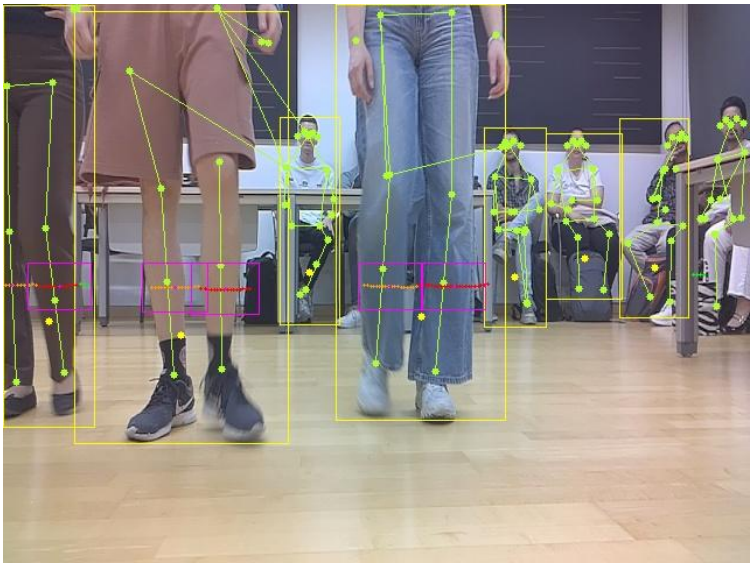
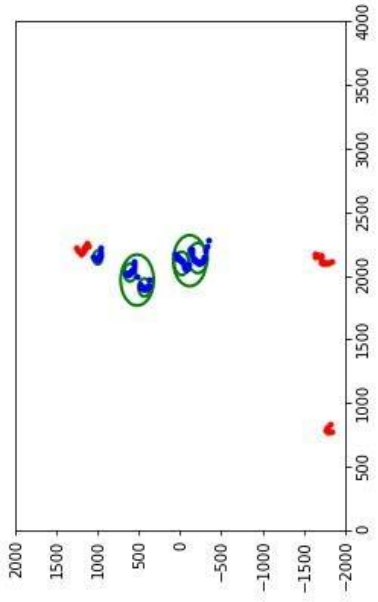


Figura 5

Cuando se detectan las dos piernas de una persona, se establece su posición en el espacio del láser como se puede ver en la Figura 6 en la que el robot estaría situado en el punto identificado con el valor 0 y las personas se encuentran a una distancia de unos 2000 milímetros, como indica la figura, es decir unos 2 metros. En color rojo se representan lecturas del láser que no se asocian a piernas, mientras que en color azul se pintan las lecturas asociadas a las piernas detectadas. Cuando se detectan dos piernas juntas se incluyen en el círculo de color verde indicando que se ha detectado una persona en el espacio del láser 2D y el robot puede conocer con precisión la posición de esa persona en el entorno.



Con el éxito alcanzado en estos 3 proyectos se puede concluir que el objetivo E3 se ha alcanzado plenamente y con ello todos los objetivos específicos, y por tanto, se ha cumplido el objetivo general planteado en el proyecto.

3. Especifique el impacto de los resultados obtenidos, Valore los mismos utilizando indicadores que permitan una evaluación cuantitativa o cualitativa.

El impacto del proyecto ha sido bueno porque se han alcanzado todos los objetivos planteados y se ha conseguido motivar a los estudiantes. Los estudiantes han participado en la consecución de los 3 proyectos explicados y el hecho de poder conocer tecnologías novedosas relacionadas con la robótica, la inteligencia artificial, el tratamiento de imágenes por ordenador con técnicas basadas en ciencia de datos, les ha supuesto un contacto con tecnologías avanzadas y que están teniendo mucho impacto en el mundo profesional de las tecnologías informáticas y de telecomunicación. Como indicadores se cuenta con el software

desarrollado en los diferentes lenguajes de programación como C, C++ o Python y los resultados comentados en la sección anterior con las imágenes reales del funcionamiento del sistema y la participación de los estudiantes, como queda constancia en la Figura 5.

4. Especifique la metodología empleada en el proceso de innovación y evalúe la misma

La metodología empleada en el proceso de innovación docente ha sido el aprendizaje basado en proyectos. Este tipo de proceso de enseñanza/aprendizaje es una estrategia metodológica de diseño y programación docente que propone al estudiante un conjunto de tareas basadas en la resolución de un reto concreto. Por parte de los estudiantes, requiere de un proceso de investigación con un grado importante de autonomía e implicación que culmina en un producto final que puede presentar al resto de la clase. Las asignaturas implicadas en este proyecto de innovación docente forman a los estudiantes en los conceptos fundamentales de la programación de ordenadores usando, en ocasiones, diferentes lenguajes pero con el objetivo común de aprender buenas prácticas de programación. Esto, resulta fundamental para adquirir una buena formación en los Grados que están cursando. Con esta finalidad, se ha propuesto a los estudiantes participar en los tres proyectos concretos antes explicados y que los han conectado a tecnologías novedosas y atractivas como son actualmente, la ciencia de datos, la robótica o la inteligencia artificial. Los estudiantes se han involucrado y se han conseguido sacar adelante los tres proyectos consiguiendo, al mismo tiempo, mejorar sus habilidades de programación conforme a las competencias establecidas en las asignaturas que forman parte del proyecto. Debido a todo ello, se puede evaluar de forma positiva.

5. Realice cualquier otra consideración evaluativa que permita realizar una adecuada valoración de la actividad de formación desarrollada.

Como resumen de los puntos fuertes, dificultades y opciones de mejora se puede considerar lo siguiente.

Puntos fuertes

- Se ha conseguido poner en marcha el dispositivo láser, generar el software para su gestión y control y se ha instalado con éxito en la parte inferior de un robot móvil de tipo PeopleBot.
- Se ha generado el conjunto de datos masivo con los datos del láser como se pretendía en los objetivos.
- Se han cumplido el resto de objetivos planteados creando tres proyectos concretos para favorecer el aprendizaje basado en proyectos del estudiantado, respecto a las diversas asignaturas asociadas al equipo de profesores del proyecto.
- La implicación de los alumnos ha sido positiva y se ha mejorado la docencia y la adquisición de competencias de programación.

Dificultades

- El desarrollo de software cuando se trabaja con dispositivos hardware ha sido complejo y se han tenido que superar dificultades relativas al hardware y a la comunicación de los diferentes módulos software desarrollados por parte del equipo.
- La metodología de aprendizaje basada en proyectos, exige una adecuada preparación de las actividades formativas por parte del profesorado para que los estudiantes no se pierdan en el proceso.

Opciones de mejora

- Una vez identificadas las dificultades anteriores, dentro del equipo se llevaron a cabo las acciones de mejora necesarias para superarlas que básicamente consistieron en dedicar más tiempo y esfuerzo al desarrollo del proyecto.

4. Aporte una memoria económica con los gastos derivados del proyecto, especificando las partidas presupuestarias, gastos específicos y adjuntando los justificantes de pago.

4.1. Memoria económica del PIB tipo A o B (desarrollados en un curso académico, sea en un semestre o en dos semestres)

Conceptos en los que se ha gastado	Subtotal primer periodo o semestre	Subtotal segundo periodo o semestre
Telémetro Láser de Escaneo HKuyo (BIOS Technology Solutions S.L.U.)	2.994,75 €	

4.1. Memoria económica para PIB tipo C (desarrollados en uno o dos cursos académicos)

Conceptos en los que se ha gastado	Subtotal Primer Semestre	Subtotal Segundo Semestre	Subtotal Tercer Semestre	Subtotal Cuarto Semestre
TOTAL				

5. Aporte una memoria de gestión indicando los puntos fuertes, las dificultades y posibles opciones de mejora que han surgido a partir de la innovación docente planteada.

En el ámbito de la gestión del proyecto no se han producido incidentes significativos y un hecho positivo a tener en cuenta fue la pronta adquisición del láser Hokuyo, que se compró en el mes de octubre de 2024, lo cual fue importante para no retrasar el resto de fases del proyecto.

6. Indique los datos del profesorado (incluido en la solicitud o cuya inclusión haya sido autorizada por el Vicerrectorado de Calidad, Innovación Docente y Estudios de Grado) que ha asistido al 80% de las acciones desarrolladas y al que hay que certificar la actividad.			
Apellidos, Nombre **Acid Carrillo, Silvia** **Cano Ocaña, José Enrique** **García Silvente, Miguel** **López Herrera, Antonio Gabriel**		DNI	

Fecha: ___21/07/2025_____

Firmado por AGUIRRE MOLINA EUGENIO - ***4882** el día 21/07/2025 con un certificado emitido por AC FNMT Usuarios

El/La Coordinador/a

Firmado: _____