

PIME- E. PROYECTO EQUIPO EMERGENTE

Memoria justificativa solicitud PIME (Convocatoria A+D 2024)

Complete la memoria de solicitud siguiendo la estructura planteada en esta plantilla

Tipo de letra: fuente candara, tamaño 11
Número máximo de páginas: 20

DURACIÓN DEL PIME

- ☒ Dos años (2024-2026)
☐ Un año (2024-2025)

1. TÍTULO DEL PROYECTO

Defina un **título** que se corresponda con la innovación/investigación educativa. Que sea **breve, claro y directo**. Máximo dos líneas.

Desarrollo e implementación de un demostrador de redes neuronales confiables en sistemas empotrados

2. RESPONSABLE

Escriba el **nombre** y apellidos de la persona **RESPONSABLE (PDI)**.

Joaquín Gracia Morán

3. RESUMEN DE LA INNOVACIÓN

Escriba un **breve resumen** explicando la innovación y/o investigación educativa que se pretende realizar (máximo 200 palabras).

En este proyecto se quiere implementar un demostrador de un sistema tolerante a fallos basado en microcontroladores y que, como aplicación, pueda ejecutar redes neuronales, aplicación clave en la que se basa la Inteligencia Artificial. La idea básica es tener un sistema modular en el que se puedan añadir tantos microcontroladores como se deseen, con mecanismos de tolerancia a fallos con el fin de proteger tanto las comunicaciones entre los diferentes microcontroladores presentes en el demostrador, como los datos almacenados en sus memorias. Habrá disponibles en una biblioteca varios mecanismos de tolerancia a fallos, que se podrán probar para estudiar sus capacidades de detección/corrección de errores, la sobrecarga que introducen, etc.

Además, añadiendo el protocolo de comunicaciones adecuado, el demostrador podrá ser utilizado desde varios puntos vía web, sin tener que desplazarlo físicamente de un laboratorio a otro.

Este proyecto se aborda simultáneamente desde dos asignaturas de diferentes estudios ofertados actualmente por la Universidad Politécnica de Valencia, y es fácilmente exportable a otras asignaturas en las que se trabaje tanto con microcontroladores, como con sistemas confiables.

4. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN

Describe la situación actual, detallando el **contexto** (titulación, asignaturas, curso, grupos, etc.) y la **problemática o situación que se pretende mejorar**, con aportación de alguna **evidencia que lo justifique** (datos de rendimiento, encuestas, trabajos académicos...).

Incluya alguna referencia de la **literatura relacionada con la innovación y/o investigación educativa** que se va a proponer.

La confiabilidad, es decir, la propiedad de los sistemas informáticos que permite a sus usuarios depositar una confianza justificada en el servicio que éste les proporciona [1], es una de las materias recomendadas en el currículum de los estudios universitarios de informática por IEEE y ACM, las dos grandes asociaciones informáticas científicas del mundo [2]. Ya en la primera propuesta de currículum académico de informática se incluía esta materia [3]. Esta propuesta inicial se ha ido ampliando, y en su última versión [2], que describe la formación universitaria basada en competencias, se ha ampliado el rango de estudio de la confiabilidad.

La implementación de sistemas confiables abarca desde grandes sistemas informáticos [8] hasta sistemas empuetrados [9]. Por ejemplo, los sistemas empuetrados son básicos en la construcción del Internet de las Cosas (IoT). Un sistema empuetrado es un sistema que está integrado dentro de otro sistema el cual proporciona otra función o servicio más completo. Un sistema empuetrado presenta características especiales, como pueden ser un bajo consumo de energía, un peso y volumen reducidos o una capacidad de cómputo y de memoria no muy alta. Si, además, el sistema empuetrado se utiliza en un entorno crítico (aquel entorno de funcionamiento que en caso de avería puede provocar daños considerables a humanos, al medio ambiente, pérdidas económicas, etc.), se ha de tener en cuenta otras características, como son un entorno de trabajo severo, con alta radiación, temperaturas extremas, vibraciones, etc., o una baja posibilidad de intervención en caso de avería, por falta de accesibilidad (por ejemplo, satélites).

En la actualidad, la Inteligencia Artificial (IA) es una de las aplicaciones que se está implantando en el Internet de las Cosas. La IA basa su funcionamiento en lo que se denomina redes neuronales [4]. El funcionamiento confiable de este tipo de aplicaciones en sistemas empuetrados está de máxima actualidad [5]. Sin embargo, uno de los problemas que se encuentran los docentes relacionados con la confiabilidad y las redes neuronales es la falta de demostradores físicos existentes, por lo que normalmente, las prácticas se realizan mediante simuladores [6] o con entornos muy complejos [7]. De esta forma, y teniendo en cuenta la importancia actual de los sistemas empuetrados [10], sería un gran avance poder disponer de un demostrador de sistemas empuetrados confiables.

La propuesta de este proyecto se puede aplicar en diferentes asignaturas de diversas titulaciones. Dentro del Máster Universitario en Ingeniería de Computadores y Redes [11] que imparte el DISCA en la UPV, la asignatura “Sistemas Informáticos Confiables” es la encargada de introducir los fundamentos necesarios para diseñar y evaluar sistemas confiables. Por otro lado, en la asignatura “Automatización distribuida” del Máster Universitario en Ingeniería Mecatrónica [12] se utilizan sistemas empujados para complementar los conocimientos básicos de automatización de procesos adquiridos previamente. Además, los conocimientos generados durante este proyecto pueden ser exportables a todas aquellas asignaturas que trabajen con sistemas empujados o de sistemas confiables.

- [1] A. Avizienis, J.C. Laprie, B. Randell, and C. Landwehr, “Basic Concepts and Taxonomy of Dependable and Secure Computing, IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing, vol. 1(1), pp. 11–33, January 2004.
- [2] ACM/IEEE-CS/AAAI Joint Task Force on Computer Science Curricula, “Computer Science Curricula 2023. Version Beta”, March 2023. Disponible en <https://csed.acm.org/wp-content/uploads/2023/03/Version-Beta-v2.pdf>.
- [3] W.F. Atchison et al., “Curriculum 68: Recommendations for academic programs in computer science: a report of the ACM curriculum committee on computer science”, Communications of the ACM, vol. 11(13), pp. 151-197, March 1968.
- [4] A. Canziani, E. Culurciello, and A. Paszke, “Evaluation of neural network architectures for embedded systems,” in 2017 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), 2017, pp. 1–4.
- [5] Qian, C., Zhang, M., Nie, Y., Lu, S., Cao, H.: A survey of bit-ip attacks on deep neural network and corresponding defense methods. Electronics 12(4) (2023)
- [6] R. Ayllón–Gavilán, J.M. Palomares y J. Olivares, “Estudio académico de la Fiabilidad de diferentes propuestas de Tolerancia a Fallos para el desarrollo de prácticas docentes”, VI Jornadas de Computación Empotrada y Reconfigurable (JCER2022), Jornadas SARTECO, pp. 735-741, Septiembre 2022.
- [7] A. Gómez López, I.R. Martínez Sánchez, J.M. Palomares Muñoz, J. Olivares, F. León García, “Simulador Web de Sistemas Tolerantes a Fallos”, VI Jornadas de Computación Empotrada y Reconfigurable (JCER2022), Jornadas SARTECO, pp. 743-750, Septiembre 2022.
- [8] I. Koren and C.M. Krishna, Fault-Tolerant Systems, 2nd Edition, Morgan-Kaufmann, 2021.
- [9] K. Zhang, Y. Shi, S. Karnouskos, T. Sauter, H. Fang and A. W. Colombo, "Advancements in Industrial Cyber-Physical Systems: An Overview and Perspectives," in IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 19, no. 1, pp. 716-729, Jan. 2023, doi: 10.1109/TII.2022.3199481.
- [10] Máster Universitario en Ingeniería de Sistemas Empotrados, UPV/EHU, <https://www.ehu.eus/es/web/master/master-ingenieria-sistemas-empotrados>
- [11] Máster Universitario en Máster Universitario en Ingeniería de Computadores y Redes, UPV, <http://www.upv.es/titulaciones/MUIC/>

5. FINALIDAD Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

Defina la finalidad (el objetivo general del proyecto) y los objetivos específicos del mismo.

La FINALIDAD debe estar orientada a la **mejora de los procesos de aprendizaje**. (El equipo puede hacerse preguntas para qué vamos a realizar la innovación/investigación, qué mejoras queremos introducir en los procesos de enseñanza-aprendizaje y evaluación, etc.?)

Se recomienda formular un **Objetivo General** (OG) y a partir de dicho OG, concretar los **Objetivos Específicos** (OE) del proyecto.

Es imprescindible que los objetivos se puedan MEDIR y EVALUAR al finalizar el proyecto, para **verificar el impacto de la intervención/innovación** en relación a la finalidad propuesta (OG), relacionada con las mejoras en los procesos de aprendizaje.

La **redacción** de los objetivos comenzará con un VERBO DE ACCIÓN EN INFINITIVO

El objetivo general de este proyecto es la construcción de una plataforma basada en sistemas empotrados que permita probar diferentes mecanismos de tolerancia a fallos sobre redes neuronales, aplicación básica de la Inteligencia Artificial. Es decir, una plataforma para la prueba de sistemas empotrados confiables. Los objetivos específicos del proyecto serán los siguientes:

1. Estudiar los errores que se pueden producir en las redes neuronales, y sus efectos en el funcionamiento de estas.
2. Identificar mecanismos de tolerancia a fallos para redes neuronales.
3. Implementar redes neuronales en sistemas empotrados.
4. Desarrollar una biblioteca de mecanismos de tolerancia a fallos para redes neuronales implementadas en sistemas empotrados.

La finalidad de este proyecto es mejorar el proceso de aprendizaje de aspectos prácticos y de implementación de la confiabilidad, tema poco tratado en los estudios actuales. Para ello, basaremos el trabajo a realizar en la implementación de redes neuronales en sistemas empotrados, temática de gran presente y futuro, y que conecta el mundo académico con el mundo industrial.

6. PLAN DE TRABAJO Y DIFUSIÓN

El Plan de trabajo tiene que ser realista, viable y concreto, teniendo en cuenta el plazo de los **dos años de duración del PIME** (salvo en los casos en los que el PIME sea de un curso académico). Para detallar el plan, siga los siguientes pasos:

6.1. Describa las **ACCIONES** (tareas y/o actividades) a desarrollar y su relación con los objetivos que se persiguen. Si procede, incluya también la metodología, o actividades de enseñanza-aprendizaje, que se utilizará en las asignaturas implicadas en el proyecto, diferenciando las tareas del profesorado y las del estudiantado. Para cada tarea/actividad señale la/s persona/s **RESPONSABLE**/s y las personas **PARTICIPANTES**.

Si va a participar alguna persona que no puede incorporarse en la aplicación, como el personal externo a la UPV, indíquelo en este apartado, justificando su actividad en el PIME.

ID tarea	Tarea 1	Título	Microprocesadores Redes Neuronales	
Inicio	Septiembre 2024		Duración	Curso 2024/2025
Responsable	J.L. Posadas Yagüe		Participantes	Profesores
Asignatura	Automatización Distribuida			
Objetivos relacionados (generales y específicos)				Objetivo específico 1
Descripción	La idea de esta tarea es examinar aquellos microprocesadores que permitan construir un sistema empotrado que pueda ejecutar redes neuronales. Esta tarea se realizará en dos partes: 1. Por un lado, los profesores determinarán qué microcontroladores, redes neuronales, sensores, etc. son los más adecuados para la consecución de los objetivos de esta tarea. 2. Por otro lado, a partir del estudio anterior, se realizará la selección adecuada (de microcontroladores, redes neuronales, sensores, etc.) con los que los alumnos puedan empezar a diseñar un sistema empotrado que ejecute una red neuronal. Esta propuesta de trabajo potencia el desarrollo de las diferentes competencias genéricas y específicas de la asignatura “Automatización Distribuida”.			
Resultados	Informe con el estudio de microprocesadores capaces de ejecutar redes neuronales.			

ID tarea	Tarea 2	Título	Errores en Redes Neuronales	
Inicio	Septiembre 2024		Duración	1º Cuatrimestre curso 2024/2025 1º Cuatrimestre curso 2025/2026
Responsable	J.C. Baraza Calvo		Participantes	Profesores
Asignatura	Sistemas Informáticos Confiables			
Objetivos relacionados (generales y específicos)				Objetivo específico 1
Descripción	El objetivo de esta tarea es identificar los tipos de errores más comunes que se producen en las redes neuronales, y comprobar cuáles son sus efectos en el funcionamiento de estas. En el primer año del proyecto, los profesores realizarán este estudio, cuyo informe final será utilizado durante el segundo año para conectar el temario de la asignatura “Sistemas Informáticos Confiables” con un tema de gran actualidad, y que tanto el mundo científico como el mundo industrial está estudiando en detalle. Esta tarea desarrolla la siguiente competencia (extraído de la guía docente de la asignatura): <i>G2(GE) Investigar sobre nuevas tecnologías, en base a documentos científicos en el ámbito del máster, integrando conocimientos y enfrentándose a la complejidad de formular juicios para formular propuestas innovadoras, demostrando habilidades para un aprendizaje continuado de forma autónoma.</i>			
Resultados	Informe identificando aquellos errores comunes en las redes neuronales y sus efectos en estas.			

ID tarea	Tarea 3	Título	MTaF en Sistemas Empotrados	
Inicio	Enero 2025		Duración	2º Cuatrimestre curso 2024/2025 1º Cuatrimestre curso 2025/2026
Responsable	L.J. Saiz Adalid		Participantes	Profesores
Asignatura	Sistemas Informáticos Confiables			
Objetivos relacionados (generales y específicos)				Objetivo específico 2
Descripción	En esta tarea se van a estudiar los mecanismos de tolerancia a fallos más comunes utilizados en sistemas empotrados. Este estudio permitirá seleccionar el mecanismo más adecuado para que pueda ser implementado por los alumnos de la asignatura “Sistemas Informáticos Confiables” en el segundo año del proyecto. Al igual que la tarea 2, en esta tarea también se desarrolla la siguiente competencia (extraído de la guía docente de la asignatura): <i>G2(GE) Investigar sobre nuevas tecnologías, en base a documentos científicos en el ámbito del máster, integrando conocimientos y enfrentándose a la complejidad de formular juicios para formular propuestas innovadoras, demostrando habilidades para un aprendizaje continuado de forma autónoma.</i>			
Resultados	Informe con el análisis de mecanismos de tolerancia a fallos implementables en sistemas empotrados.			

ID tarea	Tarea 4	Título	MTaF en Redes Neuronales	
Inicio	Enero 2025		Duración	2º Cuatrimestre curso 2024/2025 1º Cuatrimestre curso 2025/2026
Responsable	D. de Andrés Martínez		Participantes	Profesores
Asignatura	Sistemas Informáticos Confiables			
Objetivos relacionados (generales y específicos)				Objetivo específico 2
Descripción	En esta última tarea previa a las tareas de implementación, se estudiarán los mecanismos de tolerancia a fallos más comunes utilizados para aumentar la confiabilidad en redes neuronales. Al igual que en las tareas 2 y 3, el informe generado en el primer año del proyecto por los profesores será utilizado en el segundo año por los alumnos, con lo que desarrollarán la competencia (extraído de la guía docente de la asignatura): <i>G2(GE) Investigar sobre nuevas tecnologías, en base a documentos científicos en el ámbito del máster, integrando conocimientos y enfrentándose a la complejidad de formular juicios para formular propuestas innovadoras, demostrando habilidades para un aprendizaje continuado de forma autónoma.</i>			
Resultados	Informe con el análisis de mecanismos de tolerancia a fallos que se aplican a redes neuronales.			

ID tarea	Tarea 5	Título	Implementación Redes Neuronales	
Inicio	Septiembre 2025		Duración	Curso 2025/2026
Responsable	J.L. Poza Luján		Participantes	Profesores
Asignatura	Automatización Distribuida			Alumnos
Objetivos relacionados (generales y específicos)				Objetivo específico 3
Descripción	A partir de los resultados obtenidos en la tarea 1, en los que se han seleccionado unos determinados microcontroladores, redes neuronales, sensores, etc., en esta tarea se realizará la implementación de una red neuronal en el microprocesador seleccionado. De esta forma, al finalizar esta tarea se tendrá un sistema físico real funcionando, desarrollando de esta manera la competencia CE8(ES) <i>Capacidad para diseñar, programar e implementar automatismos industriales centralizados y distribuidos.</i>			
Resultados	Implementación de redes neuronales en sistemas empotrados			

ID tarea	Tarea 6	Título	Generación biblioteca MTaF	
Inicio	Septiembre 2025		Duración	Curso 2025/2026
Responsable	J.C. Ruiz García		Participantes	Profesores
Asignatura	Sistemas Informáticos Confiables	Alumnos		
Objetivos relacionados (generales y específicos)				Objetivo específico 4
Descripción	La idea de esta tarea es la generación de un conjunto de mecanismos de tolerancia a fallos que se puedan aplicar a redes neuronales implementadas en sistemas empotrados. Los mecanismos por implementar se habrán seleccionado en las tareas 3 y 4, y los sistemas empotrados donde añadir estos mecanismos en la tarea 5. De esta forma, se desarrolla la competencia E11(ES) <i>Diseñar, desplegar y evaluar estrategias y mecanismos de prevención, eliminación y tolerancia a fallos e intrusiones para reducir el riesgo y garantizar niveles adecuados de inocuidad, fiabilidad, disponibilidad y seguridad en los sistemas informáticos conectados.</i>			
Resultados	Generación de una biblioteca de mecanismos de tolerancia a fallos implementados en sistemas empotrados aplicables a redes neuronales.			

ID tarea	Tarea 7	Título	Difusión de resultados	
Inicio	Septiembre 2024		Duración	Cursos 2024/2025 y 2025/2026
Responsable	J. Gracia Morán		Participantes	Profesores
Objetivos relacionados (generales y específicos)				Todos
Descripción	Presentar el trabajo desarrollado en el proyecto a la comunidad científica y docente. Todos los resultados estarán disponibles públicamente en el blog del proyecto, alojado mediante el servicio de blogs de la UPV. Los resultados también se publicarán en congresos y revistas de los dominios relacionados.			
Resultados	Creación del blog del proyecto. Publicaciones en congresos y/o revistas.			

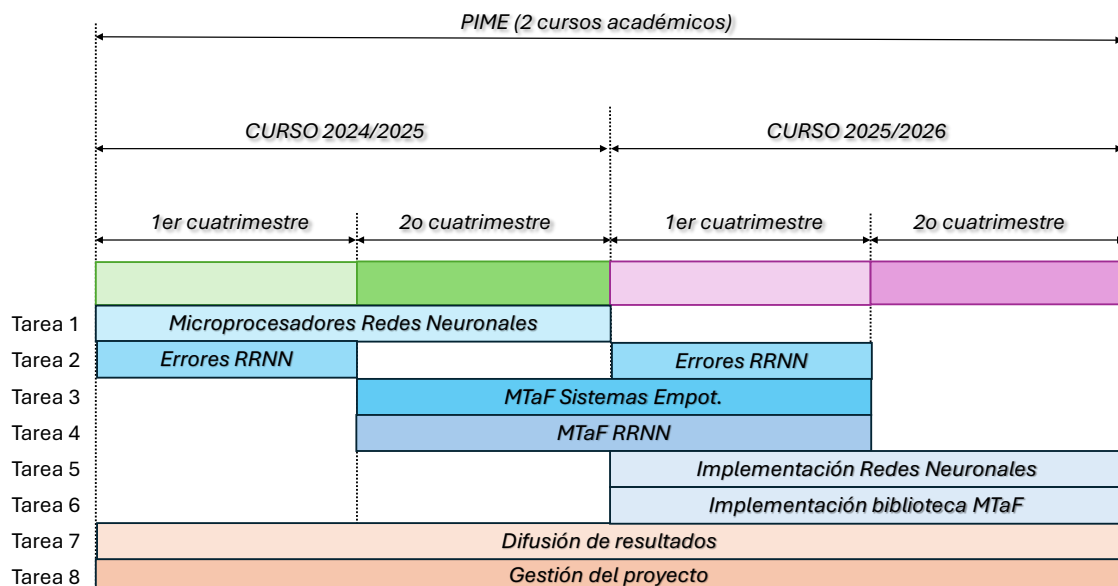
ID tarea	Tarea 8	Título	Gestión del proyecto
Inicio	Septiembre 2024	Duración	Cursos 2024/2025 y 2025/2026
Responsable	J. Gracia Morán	Participantes	Profesores
Objetivos relacionados (generales y específicos)	Todos		
Descripción	Coordinar el proyecto eficientemente para alcanzar los objetivos propuestos. En esta tarea, se supervisará que las diferentes tareas y actividades del proyecto se desarrollen acorde a la planificación, gestionando también los recursos económicos, humanos y materiales disponibles.		
Resultados	Llevar a cabo el proyecto en su totalidad, cumpliendo con las tareas planificadas en tiempo y forma.		

6.3. Indique los **MECANISMOS DE SEGUIMIENTO** del desarrollo del proyecto.

Los mecanismos de seguimiento del proyecto serán los siguientes:

- Reuniones periódicas entre los participantes del proyecto para ver la evolución de las diferentes tareas. De cada una de las reuniones se elaborará un acta indicando la progresión del proyecto.
- Informes que cada responsable realizará en cuanto la tarea que lidera esté finalizada.
- Comunicaciones a congresos a realizar durante el proyecto, y que servirán como informes intermedios del progreso de este.

6.2. Inserte un **CRONOGRAMA** del plan de trabajo (diagrama de GANTT o gráfico similar).



6.4. Enumere y/o justifique los **RECURSOS** necesarios previstos. (En la aplicación dará de alta a las personas participantes: Tenga preparado el número de **DNI** de cada una de ellas).

En este proyecto se van a necesitar dos ordenadores personales, y diversos microcontroladores, sensores y actuadores. Estos recursos se van a utilizar de la siguiente forma:

- Los microcontroladores, sensores y actuadores servirán para construir los diferentes elementos del demostrador, tal y como se puede ver en el esquema de la Figura 1.
- Los PC se utilizarán para controlar el funcionamiento de los elementos del demostrador.

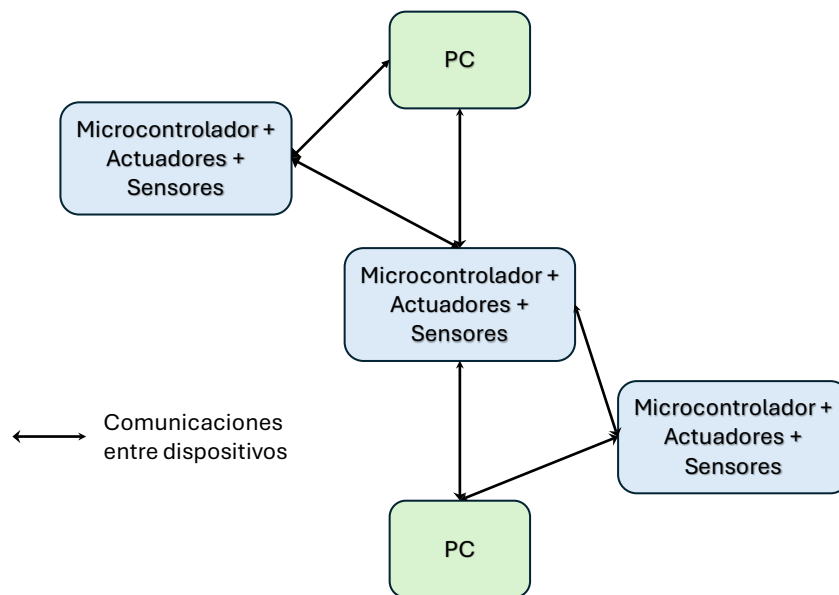


Figura 1. Esquema del demostrador.

6.5. Indique las acciones previstas para la **DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS**: asistencia a congresos, jornadas, artículos en revistas... **En todas las acciones de difusión se hará constar a la UPV como entidad financiadora del proyecto.** (UPV: Convocatoria Aprendizaje y Docencia. Proyectos de Innovación y Mejora Educativa)

Para la difusión de los resultados, en primer lugar, se creará un blog del proyecto. También se intentará publicar el trabajo a realizar en este proyecto en diferentes congresos:

- Relacionados con la confiabilidad, como pueden ser los recomendados por el IFIP WG 10.4 (https://www.dependability.org/?page_id=265): EDCC, PRDC, LADC, SAFECOMP, DSN, etc.
- Docentes, como pueden ser las Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI), el Congreso de innovación educativa y docencia en red (IN-RED), CIDUI, CUIEET, etc.
- Congresos de informática, como las Jornadas SARTECO, CEDI, etc.
- Etc.

Por otro lado, también queremos intentar publicar el trabajo en alguna revista indexada en el JCR (*Journal Citations Report*).

6.6. PRESUPUESTO SOLICITADO. En la aplicación Montán tendrá que solicitar el presupuesto, teniendo en cuenta que podrá obtener un máximo de 6000 euros.

Para todo este trabajo, se solicitan **6000€** de presupuesto, repartidos de la siguiente manera:

GASTOS PREVISTOS (conceptos)	Importe en €
Material fungible:	400
Material inventariable:	1200
Viajes:	2400
Inscripciones a Congresos, Jornadas, etc.	2000
Total	6000

Los gastos previstos van dirigidos, por un lado, a adquirir el material necesario tanto para la construcción del demostrador (material fungible e inventariable), como por otro lado, a la difusión de resultados a través de la participación de los participantes en el proyecto en diferentes congresos y jornadas (viajes e inscripciones a Congresos, Jornadas, etc.).

7. EVALUACIÓN DEL PROYECTO

¿Cómo sabremos que el PIME ha funcionado? ¿Cómo sabremos que hemos conseguido nuestros objetivos (el general y los específicos)? ¿Qué datos o evidencias necesitaremos? Para dar respuesta a estas preguntas, es importante planificar la evaluación.

A partir de los objetivos planteados en la innovación:

1. Defina los **indicadores y evidencias** que permitirán medir el **grado de consecución de los objetivos**, tanto el general como los específicos.
2. Plantee **acciones de evaluación** del seguimiento del proyecto y de los resultados del mismo (momentos de recogida de información, técnicas/instrumentos utilizados, participantes en la valoración de la experiencia, etc.).

Una experiencia evaluativa tiene solidez cuando se apoya en distintas evidencias y triangula las diferentes fuentes de información.

Objetivo General (OG): Implementar una plataforma basada en sistemas empotrados que permita probar diferentes mecanismos de tolerancia a fallos sobre redes neuronales.

¿Qué **indicadores y evidencias** se necesitarán para demostrar el logro de este objetivo?

Los indicadores del objetivo general de este proyecto serán:

- Tener implementado y en marcha el demostrador de sistemas empotrados ejecutando redes neuronales de forma confiable.
- Tener un blog con la información de las actividades realizadas durante el proyecto.
- Haber realizado diferentes publicaciones.

Objetivo Específico (OE1): Estudiar los errores que se pueden producir en las redes neuronales, y sus efectos en el funcionamiento de estas.

¿Qué indicadores y evidencias se necesitará para demostrar el logro de este objetivo?	¿En qué momento/s se recogerán las evidencias?	¿Qué medios/técnicas y/o instrumentos se utilizarán para recoger y analizar la información?
Para demostrar el logro de este objetivo, se tendrán las siguientes evidencias: • Informe sobre los tipos de errores comunes en redes neuronales. • Informe sobre los sistemas empotrados más adecuados para la implementación de redes neuronales. • Introducción en la asignatura “Automatización Distribuida” del microprocesador donde implementar una red neuronal. • Introducción en la asignatura “Sistemas Informáticos Confiables” de los tipos de errores comunes en redes neuronales.	Al finalizar las tareas 1 y 2: • En febrero del 2025 con los informes generados. • En febrero del 2026 con la introducción de estos informes en las asignaturas involucradas en el proyecto.	La información utilizada para cumplimentar este objetivo se recogerá en los informes generados y en la modificación del temario de las asignaturas involucradas en el proyecto.

Objetivo Específico (OE2): Identificar mecanismos de tolerancia a fallos para redes neuronales.		
¿Qué indicadores y evidencias se necesitará para demostrar el logro de este objetivo?	¿En qué momento/s se recogerán las evidencias?	¿Qué medios/técnicas y/o instrumentos se utilizarán para recoger y analizar la información?
Para demostrar el logro de este objetivo, se tendrán en cuenta las siguientes evidencias: - Informe con el análisis de mecanismos de tolerancia a fallos implementables en sistemas empotrados. - Informe con el análisis de mecanismos de tolerancia a fallos que se aplican a redes neuronales. - Introducción en el temario de la asignatura “Sistemas Informáticos Confiables” de los informes anteriores. - Implementación de un mecanismo de tolerancia a fallos en un sistema empotrado.	Al finalizar las tareas 3 y 4: - En febrero del 2025 con los informes generados. - En febrero del 2026 con la introducción de estos informes en la asignatura “Sistemas Informáticos Confiables” y con la implementación de un mecanismo de tolerancia a fallos en un sistema empotrado.	La información utilizada para complementar este objetivo se recogerá en los informes generados y en la modificación del temario de la asignatura “Sistemas Informáticos Confiables”.
Objetivo Específico (OE3): Implementar redes neuronales en sistemas empotrados.		
¿Qué indicadores y evidencias se necesitará para demostrar el logro de este objetivo?	¿En qué momento/s se recogerán las evidencias?	¿Qué medios/técnicas y/o instrumentos se utilizarán para recoger y analizar la información?
La evidencia del cumplimiento de este objetivo se podrá ver físicamente con la implementación de una red neuronal en un microprocesador.	Al finalizar la tarea 5, con el trabajo realizado por los alumnos en la asignatura “Automatización Distribuida”.	La información se recogerá probando las redes neuronales implementadas en el microprocesador correspondiente.

Objetivo Específico (OE4): Desarrollar una biblioteca de mecanismos de tolerancia a fallos para redes neuronales implementadas en sistemas empotrados.		
¿Qué indicadores y evidencias se necesitará para demostrar el logro de este objetivo?	¿En qué momento/s se recogerán las evidencias?	¿Qué medios/técnicas y/o instrumentos se utilizarán para recoger y analizar la información?
La evidencia del cumplimiento de este objetivo se podrá ver físicamente con la implementación de una biblioteca de mecanismos de tolerancia a fallos para redes neuronales implementadas en sistemas empotrados.	Al finalizar la tarea 6, con el trabajo realizado por los alumnos en la asignatura “Sistemas Informáticos Confiables”.	La información se recogerá probando los diferentes mecanismos de tolerancia a fallos implementados.

8. IMPACTO EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Señale la **transferibilidad de la experiencia a otros grupos de estudiantes y/o titulaciones de la UPV.**

El trabajo que se va a hacer en este proyecto es fácilmente transferible a otras titulaciones. Como se ha comentado anteriormente, los sistemas empotrados se están introduciendo en infinidad de ámbitos, lo que ha conllevado a que su estudio se realice en diferentes titulaciones de la UPV, como pueden ser el Grado en Informática Industrial y Robótica o el Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática.

Por otro lado, la Inteligencia Artificial es un tema de gran actualidad, y la implementación de redes neuronales (básicas en la Inteligencia Artificial) en sistemas empotrados es una tendencia de máxima actualidad en la comunidad. Todo esto ha llevado a la creación de un Grado en Inteligencia Artificial en la UPV, de próxima puesta en marcha.

Además, también se imparten conocimientos, tanto de Inteligencia Artificial como de Sistemas Empotrados en los siguientes Grados: Grado en Ciencia de Datos, Doble Grado en Ingeniería Informática y en Administración y Dirección de Empresas, Doble Grado en Matemáticas y en Ingeniería Informática, y Grado en Ingeniería Informática.

Finalmente, el contenido y los objetivos de este proyecto se ha compartido con profesores de la Universidad de Córdoba, mostrándose estos muy interesados y proponiendo colaborar en el desarrollo de otro demostrador de las mismas características del aquí presentado en su universidad, con el fin incluso de que se puedan comunicar y poder compartir diferentes mecanismos de tolerancia a fallos.

Además, el director del proyecto imparte clases en el Máster en Ingeniería de Sistemas Empotrados de la Universidad del País Vasco. En este sentido, diferentes docentes de este máster también han mostrado interés en ver el funcionamiento del demostrador.