

VNiVERSiDAD D SALAMANCA

Escuela Técnica Superior de
Ingeniería Industrial de Béjar

Proyecto de Innovación Docente (ID2023/229)

**MEJORA DEL APRENDIZAJE EN INGENIERÍA A TRAVÉS
DE LA COORDINACIÓN DE PRÁCTICAS DE
LABORATORIO. APLICACIÓN AL ESTUDIO DE UNA
CÉLULA DE CARGA MEDIANTE TÉCNICAS
EXPERIMENTALES Y NUMÉRICAS**

Autores:

Raúl Muñoz Sánchez

Esteban Sánchez Hernández

Salamanca, junio de 2024

Índice

1	INTRODUCCIÓN	3
1.1	Descripción del proyecto.....	Error! Bookmark not defined.
1.2	Objetivos	3
1.3	Contexto académico	4
1.3.1	Complementos de Ingeniería Mecánica	4
1.3.2	Sistemas electrónicos e Instrumentación Industrial	5
2	EJECUCIÓN DEL PROYECTO	6
2.1	Prácticas de laboratorio.....	6
2.1.1	Medida experimental de las deformaciones mediante célula de carga.....	6
2.2	Prácticas en el aula de informática	8
2.2.1	Generación del modelo de elementos finitos.....	8
3	RESULTADOS	9
3.1	Evaluación	9
3.1.1	Tarea 1.....	9
3.1.2	Tarea 2.....	10
3.2	Resultados de aprendizaje.....	12
4	DIFUSIÓN DE RESULTADOS	13
5	CONCLUSIONES	15

1 INTRODUCCIÓN

En esta memoria se resumen los resultados más relevantes del proyecto de innovación docente *Mejora del aprendizaje en Ingeniería a través de la coordinación de prácticas de laboratorio. Aplicación al estudio de una célula de carga mediante técnicas experimentales y numéricas*, desarrollado durante el curso 2023-2024 por los profesores de la Universidad de Salamanca Esteban Sánchez Hernández y Raúl Muñoz Sánchez (coordinador).

1.1 Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es coordinar las prácticas de laboratorio de dos asignaturas del Máster Universitario en Ingeniería Industrial que se imparte en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar: Sistemas Electrónicos e Instrumentación Industrial y Complementos de Ingeniería Mecánica.

Se pretende mejorar no sólo la motivación de los estudiantes, sino también el desarrollo de competencias en el manejo de herramientas digitales y de técnicas experimentales propias de la titulación. Además, se espera mejorar la comprensión de los conocimientos adquiridos en ambas asignaturas a través de la integración de las prácticas de dos asignaturas pertenecientes a disciplinas diferentes, pero complementarias entre sí.

Entre los objetivos secundarios del proyecto destacan los siguientes:

- Aprender a manejar un software de Ingeniería Mecánica de uso extendido en el ámbito profesional.
- Aprender a instrumentar y ensayar experimentalmente una célula de carga.
- Comparar los resultados de los experimentos con los de las simulaciones y analizar las posibles discrepancias.
- Comprender el alcance y las limitaciones de las técnicas experimentales y de las simulaciones por ordenador.
- Fomentar la colaboración entre los estudiantes de ambas asignaturas, promoviendo el trabajo en equipo y el intercambio de conocimientos y experiencias.

En definitiva, se pretende complementar los conocimientos adquiridos por los estudiantes en la teoría con unas habilidades que les permitan comprender la materia y les capacite para poder construir y utilizar sistemas electrónicos similares a los que se utilizan en la industria.

1.2 Contexto académico

La docencia de la Electrónica en el Máster Universitario en Ingeniería Industrial plantea varios desafíos debido a la heterogeneidad en los perfiles de acceso al mismo y el escaso tiempo disponible para desarrollarla. En el caso de la Universidad de Salamanca, los estudiantes que acceden por grados distintos de Electrónica Industrial y Automática disponen de una asignatura de 4,5 ECTS donde se debe alcanzar la competencia “Capacidad para diseñar sistemas electrónicos y de instrumentación industrial”. De forma análoga, los estudiantes procedentes de los grados en Ingeniería Eléctrica y Electrónica deben cursar la asignatura de nivelación “Complementos de Ingeniería Mecánica”, de 6 ECTS de duración, en la que se profundiza en el estudio de la Resistencia de Materiales y el análisis estructural frente a cargas de fatiga.

1.2.1 Complementos de Ingeniería Mecánica

La asignatura Complementos de Ingeniería Mecánica, con un carga lectiva de 6 ECTS y con 3 estudiantes matriculados, tiene por objetivo proporcionar a los estudiantes los conocimientos básicos de Mecánica de Sólidos Deformables frente a cargas estáticas y de fatiga. Es de carácter obligatorio para los estudiantes procedentes de titulaciones distintas al Grado en Ingeniería Mecánica. En la Figura 1 se resumen las unidades didácticas en las que está estructurada la asignatura.

<p>Unidad didáctica 1. Fundamentos del diseño mecánico (10 horas)</p> <p>Tema 1: Conceptos básicos de Elasticidad</p> <p>Tema 2: Repaso de Resistencia de materiales</p> <p>Tema 3: Materiales</p> <p>Unidad didáctica 2. Diseño frente a cargas estáticas (20 horas)</p> <p>Tema 1. Concentraciones de tensiones</p> <p>Tema 2. Criterios de fallo estático</p> <p>Tema 3. Aplicación al diseño de elementos de máquinas</p> <p>Tema 4. Contacto entre sólidos deformables</p> <p>Unidad didáctica 3. Diseño frente a cargas de fatiga (30 horas)</p> <p>Tema 1. Tipos de cargas</p> <p>Tema 2. Fenómeno de fatiga</p> <p>Tema 3. Factores de Marin</p> <p>Tema 4. Teorías de fallo por fatiga con tensión media</p> <p>Tema 5. Acumulación de daño por fatiga</p>
--

Figura 1. Programación docente de la asignatura Complementos de Ingeniería Mecánica

1.2.2 Sistemas electrónicos e Instrumentación Industrial

La asignatura Sistemas Electrónicos e Instrumentación Industrial es de carácter obligatorio para los estudiantes procedentes de los grados en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática, Eléctrica, Química, Textil y Tecnologías Industriales. Tiene una duración de 4.5 créditos y se imparte durante el segundo cuatrimestre del primer curso del Máster Universitario en Ingeniería Industrial.

En esta asignatura se abordan los siguientes temas:

- Introducción: conceptos básicos de medida y señales.
- Acondicionamiento de señales.
- Sistemas empotrados.
- Redes de sensores inalámbricos.
- Sensores.

2 EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Para la consecución de este proyecto, se han llevado a cabo dos tipos de actividades que se describen a continuación: prácticas de laboratorio y prácticas en el aula de informática.

2.1 Prácticas de laboratorio

2.1.1 Medida experimental de las deformaciones mediante célula de carga

Los estudiantes, guiados por el profesor, han diseñado y puesto en marcha un sistema de pesaje mediante una célula de carga. La práctica ha consistido en los siguientes pasos:

1. Preparar un panel con las dimensiones adecuadas para realizar el experimento (Figura 2);
2. Colocar el peso que se pretende medir sobre el extremo libre de una célula de carga de tipo viga en voladizo (Figura 3).
3. Conectar la célula de carga a un circuito integrado que posee los elementos electrónicos necesarios para captar, amplificar, acondicionar y comunicar la señal a un microcontrolador (Figura 4).
4. Realizar la medida.
5. Extraer e interpretar los resultados.

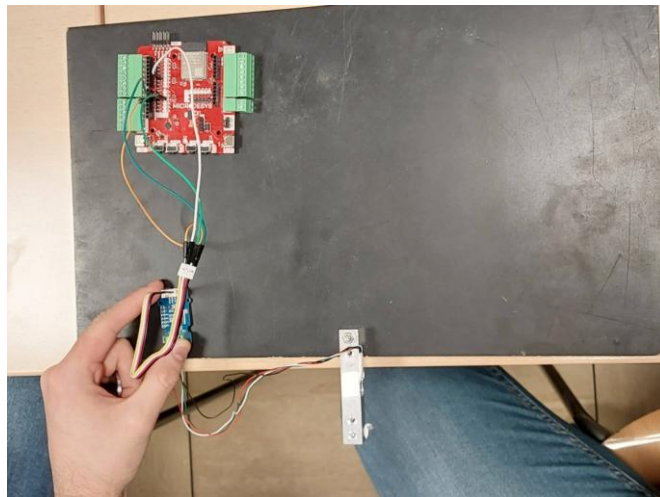


Figura 2. Puesta en marcha de un sistema de medida mediante célula de carga. Esta práctica ha sido llevada a cabo íntegramente por los estudiantes de las asignaturas Complementos de Ingeniería Mecánica y Sistemas electrónicos e Instrumentación Industrial.

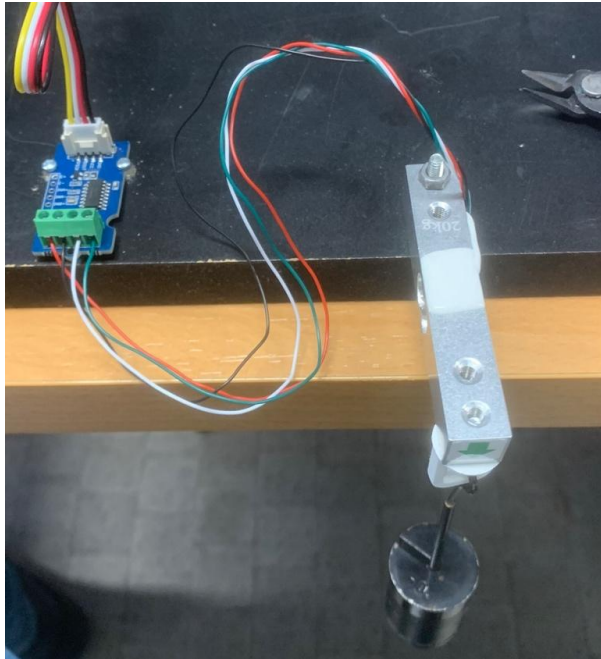


Figura 3. Detalle del experimento llevado a cabo por los alumnos. Se coloca una pesa de valor desconocido (cilindro de color negro) sobre el extremo libre de una célula de carga con forma de viga en voladizo. Mediante unas galgas extensométricas, el módulo de acondicionamiento y Arduino, se obtiene la deformación que experimenta la viga en voladizo. Finalmente, conocidas las dimensiones de la viga y el módulo elástico del material, se ha determinado el valor del peso.

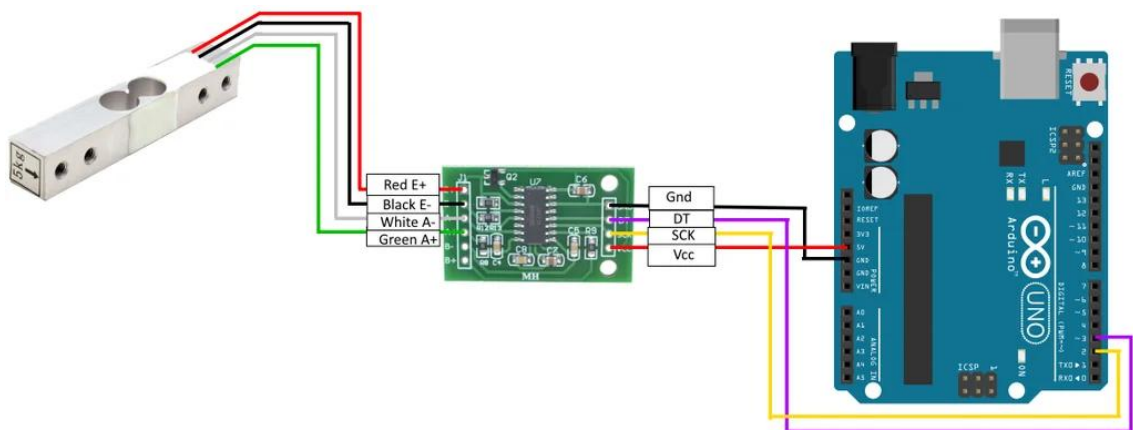


Figura 4. Esquema del montaje y de las conexiones del sistema de medida con Arduino.

2.2 Práctica en el aula de informática

2.2.1 Generación del modelo de elementos finitos

Tras realizar la práctica experimental, los estudiantes, guiados por el profesor, han desarrollado un modelo virtual de la célula de carga capaz de simular su deformación frente a la acción estática de distintos pesos (Figura 5). Para ello, se ha empleado el programa de simulación por elementos finitos Abaqus CAE, cuyo uso está ampliamente extendido en el ámbito profesional. A continuación se resumen los pasos en los que ha consistido esta práctica:

1. Primeramente ha sido necesario medir las dimensiones de la célula de carga no proporcionadas por el fabricante.
2. A continuación, se ha investigado el tipo de material del que está fabricado el sensor y se ha definido su comportamiento (elástico, lineal e isótropo), así como su límite elástico. Tras definir las cargas apropiadas y realizar la discretación espacial y temporal, se ha resuelto el problema mediante un código de elementos finitos implícitos. Finalmente, se visualizan e intepretan los resultados (campos de deformaciones, tensiones y desplazamientos) en toda la pieza.
3. Una vez desarrollado el modelo virtual, los estudiantes han podido analizar con relativa facilidad el efecto que tendrían sobre los resultados (concentraciones de tensiones) tanto las modificaciones geométricas como la rigidez del material.

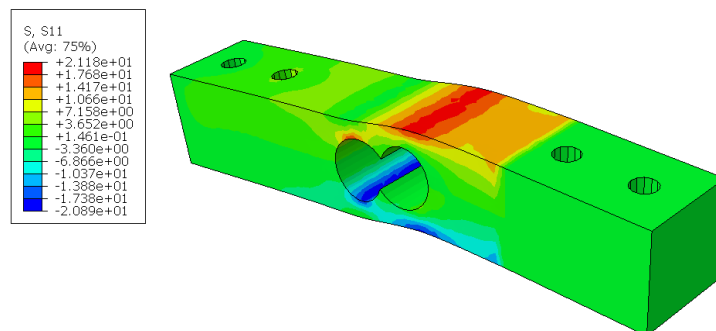


Figura 5. Resultados de las simulaciones mediante el método de los elementos finitos del campo de tensiones de la célula de carga.

3 RESULTADOS

3.1 Evaluación

Tras la realización de las actividades dirigidas se le propuso a los estudiantes la realización de una tarea que consta a su vez de dos partes:

- Tarea 1. Calibración de célula de carga y correlación con simulaciones.
- Tarea 2. Redacción de un informe técnico explicativo.

El peso total de ambas tareas sobre la calificación final de la asignatura Complementos de Ingeniería Mecánica ha sido del 25 %.

3.1.1 Tarea 1.

En la primera tarea, tal y como se observa en la Figura 6, los alumnos debían calibrar experimentalmente una célula de carga como la vista en clase y simular su comportamiento frente a una carga estática mediante el programa Abaqus.

Esta tarea ha sido particularmente satisfactoria para los estudiantes, ya que han podido comprobar por ellos mismos las ventajas y limitaciones que ofrecen los métodos de simulación virtual frente a la experimentación. Por un lado, las simulaciones les han permitido la posibilidad de modificar parámetros como la geometría o el tipo de material y analizar el efecto que tienen sobre el campo de deformaciones completo de la pieza. Esto supone una ventaja fundamental frente al análisis experimental, que ofrece valores únicamente para un caso concreto y exclusivamente en la zona donde se ubican las galgas extensométricas. Por otro lado, los estudiantes han comprendido las limitaciones y el error que se asume cuando se prescinde de los resultados experimentales.

Desde el punto de vista técnico, los estudiantes han adquirido o potenciado sus competencias en los siguientes aspectos:

- Puente de medida de galgas extensiométricas en célula de carga.
- LoRaWAN: transferencia de datos con una plataforma en la nube, utilizando The Things Network (TTN).
- LoraWan: integración de plataformas de analítica IoT con TTN. Se utilizará ThingSpeak, de Mathworks.

- Simulación mediante el método de los elementos finitos de un problema de sólidos deformables.

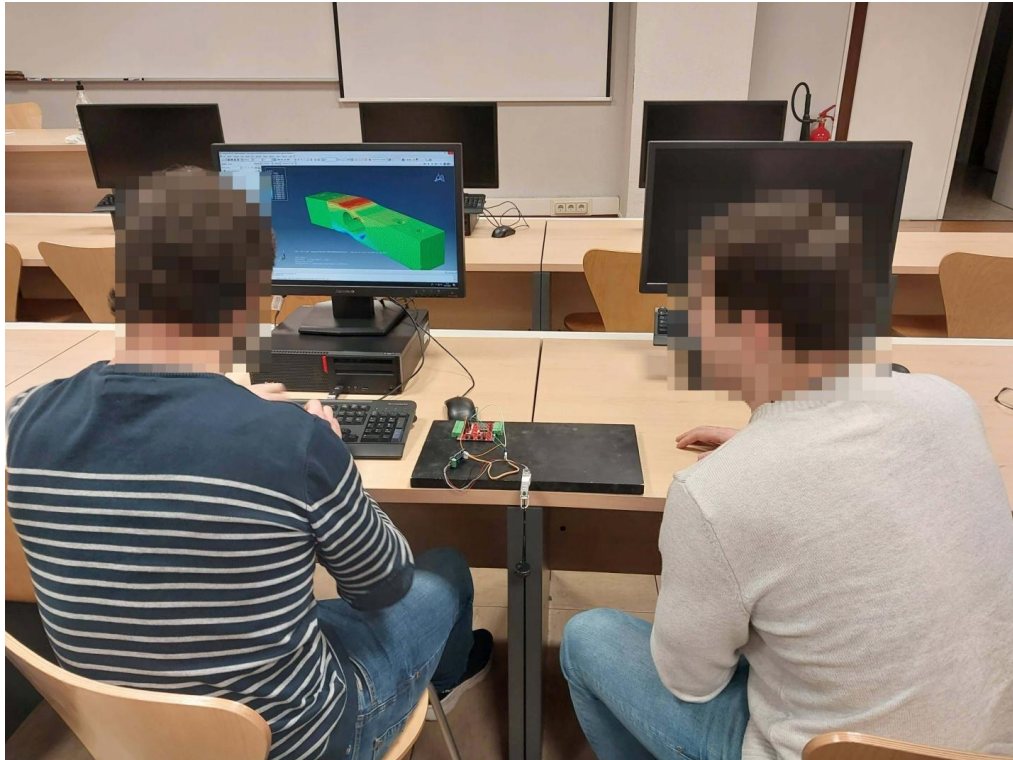


Figura 6. *Dos estudiantes de las asignaturas Complementos de Ingeniería Mecánica y Sistemas electrónicos e Instrumentación Industrial comparan las medidas experimentales con los resultados de las simulaciones por ordenador.*

3.1.2 Tarea 2.

La segunda tarea propuesta ha consistido en elaborar un informe explicativo de la tarea 1. El informe debía recoger la descripción de los experimentos y de las simulaciones, así como documentarlos debidamente. Además, los alumnos debían realizar un breve análisis de los resultados de las simulaciones (distribución de tensiones de Von Mises y campos de deformaciones), así como de las posibles discrepancias encontradas entre los experimentos y las simulaciones (Figura 7).

Tras aceptar la propuesta de los estudiantes de realizar el trabajo por parejas, el resultado fue un informe de excelente calidad, riguroso y bien explicado, lo que ha facilitado la publicación de los resultados en un congreso. En la Figura 8 se presenta una evidencia del informe entregado por los estudiantes.

The screenshot shows a web interface for a course. At the top, there is a navigation bar with the university logo 'SIVDIVM 23/24', links for 'Página Principal', 'Área personal', 'Acercas de', and 'My Media', a 'Crear curso' button, and a 'Modo de edición' dropdown. Below the navigation bar, the page title is 'CIM-Máster / Tarea 3'. A sub-header 'Tarea 3' is followed by a menu with 'Tarea', 'Configuración', 'Calificación avanzada', and 'Más'. The main content area is titled 'Tarea 3' and contains the following text:

Apertura: jueves, 18 de enero de 2024, 00:00
Cierre: sábado, 3 de febrero de 2024, 23:59

Calibrar experimentalmente una célula de carga como la vista en clase y simular su comportamiento mediante el programa Abaqus. Elaborar un informe explicativo en el que se explique cómo se ha llevado a cabo el experimento y se documente con fotografías. El informe también deberá incluir un breve análisis de los resultados de las simulaciones (distribución de tensiones de Von Mises y campos de deformaciones), así como de las posibles discrepancias entre experimentos y simulaciones.

Fecha límite de entrega: 3 de febrero de 2024 a las 23:59h.

Este ejercicio representa un 25% de la nota final de toda la asignatura y podrá desarrollarse en equipo con otros compañeros de la asignatura.

At the bottom of the content area, there are two buttons: 'Ver todos los envíos' and 'Calificar'.

Figura 7. Extracto un informe de prácticas de laboratorio entregado por los estudiantes de Complementos de Ingeniería Mecánica. Se denomina "tarea 3", porque hay otras dos tareas previas ajenas a este proyecto de innovación docente.

The image shows the cover page of a laboratory report. On the left side, there are two logos: the 'UNIVERSIDAD DE SALAMANCA' logo and the coat of arms of the university. On the right side, there is a header with the names 'Federico López Simón' and 'Miguel Ángel Vega Barroso' next to a small university crest. The main title is 'ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE UNA CÉLULA DE CARGA'. Below the title, it says 'MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL'. Further down, it reads 'COMPLEMENTOS DE MECÁNICA' and 'CURSO 2023 - 2024'. At the bottom right, the authors' names 'Federico López Simón' and 'Miguel Ángel Vega Barroso' are repeated.

Figura 8. Extracto del informe entregado por los estudiantes de la asignatura Complementos de Ingeniería Mecánica

3.2 Resultados de aprendizaje

La simulación de la célula de carga mediante el método de los elementos finitos ha permitido analizar y comparar los resultados de las medidas experimentales con los de un modelo virtual, así como consolidar los conocimientos de los estudiantes sobre Elasticidad y su medida experimental, con lo que se han satisfecho plenamente los objetivos de la asignatura Complementos de Ingeniería Mecánica.

Por otro lado, en relación a las competencias de Electrónica, gracias a estas dos tareas se ha desarrollado un programa de prácticas donde se trabaja desde la medición de magnitudes físicas en sensores hasta su presentación en un panel accesible desde internet. Para ello se ha realizado el acondicionamiento de la señal y su digitalización, la comunicación del módulo sensor/acondicionador con un sistema microcontrolador a través de buses como SPI o I2C y la comunicación del sistema con un servidor a través de redes de baja potencia y largo alcance. De esta manera se ha realizado el prototipo de un sistema empotrado con capacidad de comunicarse con la nube para transmitir datos y recibir consignas. Con ello se ha conseguido cubrir plenamente las competencias de la asignatura *Sistemas electrónicos e Instrumentación Industrial*.

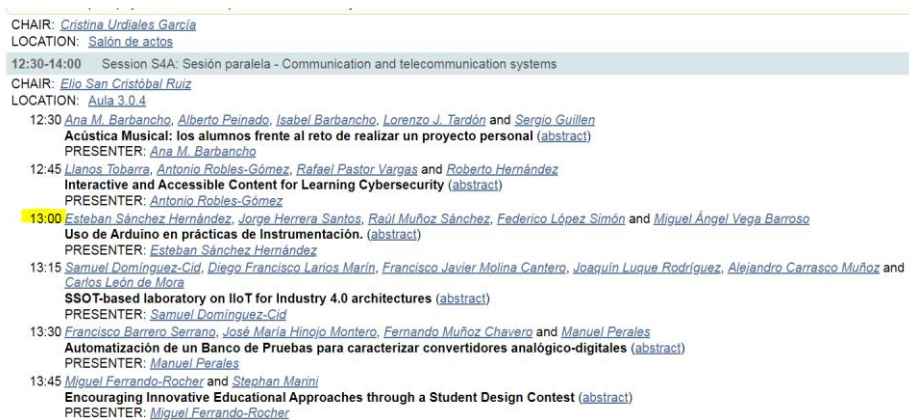
La experiencia, según han manifestado los propios estudiantes, ha sido muy positiva, ya que se aplican los conocimientos con los que se trabaja en la parte teórica y consiguen realizar un sistema completamente funcional.

4 DIFUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de este proyecto de innovación docente se han presentado recientemente en el *XVI Congreso de Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica*, celebrado en Málaga en junio de 2024¹. Por su excelente contribución, se ha decidido incluir a dos alumnos como co-autores.

La participación en dicho congreso incluye:

- Presentación oral de la ponencia (ver Figura 9).
- Publicación en el libro de actas de la versión extendida (Figura 10).
<https://congresotaae.es/wp-content/uploads/2024/06/TAAE-2024-Libro-de-actas-Completo.pdf> (ver "Uso de Arduino en Prácticas de Instrumentación" en la página 385 del pdf).
- La versión en inglés (*Using Arduino and Finite Element Modeling to Integrate Instrumentation and Solid Mechanics Courses*) será publicada en *IEEE Xplore Technologies Applied to Electronics Teaching (TAAE)*.



CHAIR: [Cristina Urdiales García](#)
LOCATION: [Salón de actos](#)

12:30-14:00 Session S4A: Sesión paralela - Communication and telecommunication systems

CHAIR: [Elio San Cristóbal Ruiz](#)
LOCATION: [Aula 3.0.4](#)

12:30 [Ana M. Barbancho](#), [Alberto Peinado](#), [Isabel Barbancho](#), [Lorenzo J. Tardón](#) and [Sergio Guillen](#)
Acústica Musical: los alumnos frente al reto de realizar un proyecto personal (abstract)
PRESENTER: [Ana M. Barbancho](#)

12:45 [Llanos Tobarra](#), [Antonio Robles-Gómez](#), [Rafael Pastor Vargas](#) and [Roberto Hernández](#)
Interactive and Accessible Content for Learning Cybersecurity (abstract)
PRESENTER: [Antonio Robles-Gómez](#)

13:00 [Esteban Sánchez Hernández](#), [Jorge Herrera Santos](#), [Raúl Muñoz Sánchez](#), [Federico López Simón](#) and [Miguel Ángel Vega Barroso](#)
Uso de Arduino en prácticas de Instrumentación. (abstract)
PRESENTER: [Esteban Sánchez Hernández](#)

13:15 [Samuel Domínguez-Cid](#), [Diego Francisco Larios Marín](#), [Francisco Javier Molina Cantero](#), [Joaquín Luque Rodríguez](#), [Alejandro Carrasco Muñoz](#) and [Carlos León de Mora](#)
SSOT-based laboratory on IIoT for Industry 4.0 architectures (abstract)
PRESENTER: [Samuel Domínguez-Cid](#)

13:30 [Francisco Barrero Serrano](#), [José María Hincjo Montero](#), [Fernando Muñoz Chavero](#) and [Manuel Perales](#)
Automatización de un Banco de Pruebas para caracterizar convertidores analógico-digitales (abstract)
PRESENTER: [Manuel Perales](#)

13:45 [Miguel Ferrando-Rocher](#) and [Stephan Marini](#)
Encouraging Innovative Educational Approaches through a Student Design Contest (abstract)
PRESENTER: [Miguel Ferrando-Rocher](#)

Figura 9. Programa del congreso TAAE 2024 en el que se incluye la ponencia "Uso de Arduino en prácticas de Instrumentación" derivada de este proyecto de innovación docente.

<https://easychair.org/smart-program/TAAE2024/2024-06-27.html>

¹ La asistencia a este congreso se ha sufragado con financiación propia.



Uso de Arduino en Prácticas de Instrumentación

Jorge Herrera Santos
E.T.S. Ingeniería Industrial
Universidad de Salamanca
Béjar, Spain
0000-0002-0236-4321

Miguel Ángel Vega Barroso
E.T.S. Ingeniería Industrial
Universidad de Salamanca
Béjar, Spain
id00811477@usal.es

Raúl Muñoz Sánchez
E.T.S. Ingeniería Industrial
Universidad de Salamanca
Béjar, Spain
0000-0002-9272-5388

Eusebio Sánchez Hernández
E.T.S. Ingeniería Industrial
Universidad de Salamanca
Béjar, Spain
0000-0003-1341-8767

Federico López Simón
E.T.S. Ingeniería Industrial
Universidad de Salamanca
Béjar, Spain
fedels@usal.es

Abstract—Se presenta un programa de prácticas de la asignatura “Sistemas Electrónicos e Instrumentación Industrial” del Máster Universitario en Ingeniería Industrial (MUII). El uso de Arduino permite conseguir un programa completo de prácticas de bajo coste para trabajar con distintos tipos de sensores, estudiar buses de comunicaciones como SPI o I2C y comunicaciones LoRaWAN en aplicaciones de internet de las cosas (IoT). Se ha completado con el análisis previo de una célula de carga mediante una simulación por elementos finitos en la asignatura “Complementos de Ingeniería Mecánica”. Los resultados de la asignatura han sido muy satisfactorios, permitiendo que los estudiantes adquieran experiencia no solo con sensores sino con el diseño de un sistema empotrado completo, con distintos buses de comunicaciones internas y conectividad externa en un enfoque multidisciplinar.

Keywords—Arduino, Instrumentación, IoT, LoRaWAN, Elementos Finitos.

I. INTRODUCCIÓN

La docencia de la Electrónica en el MUII plantea varios desafíos debido a la heterogeneidad en los perfiles de acceso al mismo y el escaso tiempo disponible para desarrollarla. En el caso de la Universidad de Salamanca, los estudiantes que acceden por grados distintos de Electrónica Industrial y Automática disponen de una asignatura de 4.5 ECTS donde se debe alcanzar la competencia “Capacidad para diseñar sistemas electrónicos y de instrumentación industrial”. De forma análoga, los estudiantes procedentes de los grados en Ingeniería Eléctrica y Electrónica deben cursar la asignatura de nivelación “Complementos de Ingeniería Mecánica”, de 6 ECTS de duración, en la que se profundiza en el estudio de la Resistencia de Materiales y el análisis estructural frente a cargas de fatiga.

La instrumentación electrónica ha experimentado un gran desarrollo no solo por la evolución de los propios sensores sino por la mejora de las técnicas de acondicionamiento de señal gracias a una gran variedad de circuitos integrados específicos para cada tipo de sensor y/o medida, que proporcionan muy buenas prestaciones a un bajo coste. En paralelo, la eclosión de nuevas técnicas inalámbricas de transmisión de datos como LoRaWAN [1] potencia el concepto de internet de las cosas (IoT), permitiendo un mayor número de aplicaciones.

Se presenta un programa de prácticas sobre la base de la placa de desarrollo Arduino MKR1310. Esta placa está dotada de conectividad LoRaWAN, permitiendo comunicarse con una puerta de enlace o gateway ubicada a varios kilómetros de distancia para dar acceso a la nube y de esta manera transmitir los datos [2]. Una vez en la nube, mediante una plataforma se

pueden gestionar los datos para su visualización, analítica o generación de informes. Se utilizan sensores y acondicionadores de señal de bajo coste en módulos que se conectan a la placa de desarrollo mediante buses como I2C o SPI. Mediante un analizador lógico de bajo coste se monitorizan los buses, comprobando de forma práctica el funcionamiento de los mismos.

Este programa de prácticas se ha coordinado con el de la asignatura “Complementos de Ingeniería Mecánica” para analizar la deformación de una célula de carga desde el punto de vista experimental y computacional. De esta manera se pretende complementar los conocimientos adquiridos por los estudiantes en la teoría con unas habilidades que les permitan comprender la materia y les capacite para poder construir y utilizar sistemas electrónicos similares a los que se utilizan en la industria [3].

La experiencia ha sido muy positiva, permitiendo abordar de una manera global e interdisciplinar desde la simulación mecánica del proceso físico que permite la medida en el propio sensor hasta el acceso a los datos en la nube pasando por el acondicionamiento de la señal y su digitalización, la transmisión de los datos a través de los buses de comunicación dentro del sistema y con redes de largo alcance hacia Internet. Se han identificado los puntos fuertes de las prácticas y las áreas de posible mejora de esta programación.

En la siguiente sección se expone el diseño del programa de prácticas de la asignatura dentro del Plan de Estudios. Partiendo de unos objetivos marcados, se detalla el hardware y software utilizado para presentar los resultados obtenidos en las prácticas y finalmente las conclusiones extraídas de esta experiencia docente.

II. DISEÑO DEL CURSO DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

A. La asignatura en el Plan de Estudios

La competencia específica de la asignatura “Sistemas Electrónicos e Instrumentación Industrial” es la siguiente “Capacidad para diseñar sistemas electrónicos y de instrumentación industrial”. En cuanto a los resultados de aprendizaje, se plantea: “El estudiante deberá ser capaz de implementar soluciones basadas en hardware industrial estándar para aplicaciones de adquisición de datos e instrumentación comunes en la industria. Asimismo realizará la programación de los mismos utilizando herramientas industriales estándar. Finalmente se conocerán los fundamentos y el ámbito de aplicación de los sistemas empotrados”.

Figura 10. Libro de actas del XVI Congreso Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica, 2024, y muestra del artículo publicado.

5 CONCLUSIONES

Se ha presentado una metodología innovadora, con un enfoque multidisciplinar que integra prácticas de laboratorio de tipo experimental con el uso de nuevas tecnologías (simulaciones por ordenador mediante un código de elementos finitos). El bajo coste de los materiales utilizados ha facilitado la implementación del proyecto y permitirá extenderlo a otros centros educativos dotados con menos recursos.

Se ha expuesto a los estudiantes a un problema real, y se ha potenciado la adquisición de competencias propias de su especialidad, como la planificación de proyectos, el desarrollo de destrezas manuales para instrumentación de un sistema de medida, la atención al detalle, la aplicación de competencias digitales a un problema real, la capacidades de análisis de los resultados y la búsqueda de soluciones alternativas, así como la capacidad de síntesis necesaria para elaborar un informe técnico.

El desarrollo de este proyecto ha permitido una mejor asimilación de conceptos relacionados tanto con contenidos propios del Máster Universitario en Ingeniería Industrial, como la Electrónica y la Instrumentación, o el análisis del comportamiento de los materiales, tal y como se ha demostrado durante las pruebas de evaluación.

Gracias a este proyecto de innovación docente se ha mejorado la motivación del alumno y se ha potenciado su participación activa, como demuestran sus excelentes calificaciones y la calidad de la tarea entregada.

Los resultados de este proyecto se han difundido mediante financiación propia a través de una ponencia oral y de la publicación en el libro de actas del congreso TAAE 2024. La versión en inglés será publicada a través de la base de datos de investigación IEEE Xplore.

El proyecto ha mejorado la colaboración entre profesores de distintas materias, lo que se traducirá en nuevos proyectos de innovación docente que faciliten la coordinación entre asignaturas. En concreto, esperamos poder darle continuidad a este proyecto en futuras convocatorias mediante la integración de otras prácticas, como el desarrollo de un sistema de medida de par o la medida de vibraciones y su simulación en sistemas mecánicos.