



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL



Centro de
Formación
Permanente

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE
ZAMORA**

Memoria final del Proyecto de Innovación Docente ID2024/041

**Desarrollo de nuevas prácticas de laboratorio para
asignaturas de electrónica basado en el control y la
automatización de los experimentos mediante tarjetas
de adquisición de datos**

**Participantes: Beatriz García Vasallo (coordinadora)
Gaudencio Paz Martínez
Héctor Sánchez Martín**

**Área de Electrónica
Departamento de Física Aplicada**

Datos del Proyecto de Innovación Docente

TÍTULO: Desarrollo de nuevas prácticas de laboratorio para asignaturas de electrónica basado en el control y la automatización de los experimentos mediante tarjetas de adquisición de datos.

REFERENCIA: ID2024/041

PDI COORDINADOR:

BEATRIZ GARCÍA VASALLO



MIEMBROS DEL EQUIPO:

BEATRIZ GARCÍA VASALLO (B. G. Vasallo)

GAUDENCIO PAZ MARTÍNEZ (G. Paz-Martínez)

HÉCTO SÁNCHEZ MARTÍN (H. Sánchez-Martín)

CENTRO EN EL QUE SE HA LLEVADO A CABO EL PROYECTO:

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ZAMORA

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

DURACIÓN:

CURSO ACADÉMICO 2024/25

SUBVENCIÓN: 0 €

Índice

Introducción	4
Motivación y contexto docente	4
Objetivos	5
Actuaciones realizadas y resultados	6
Instrumentación Electrónica	6
Comportamiento Electrónico de Materiales	11
Conclusiones	16

Introducción

Motivación y contexto docente

La **principal motivación** del proyecto es la innovación en dos asignaturas específicas del Área de Electrónica que son impartidas en la Escuela Politécnica Superior de Zamora (EPSZ). Estas asignaturas se imparten en cuatrimestres subsecuentes y de esta manera se puede aprovechar los conocimientos previos que el alumno ha adquirido para que encuentre una aplicación inmediata de lo aprendido en un contexto de experimentos científicos en el laboratorio. Las asignaturas son las siguientes:

- Instrumentación Electrónica (2º curso, 2º cuatrimestre, Grado en Ingeniería de Materiales (GIMAT y Doble Grado en Ingeniería de Materiales e Ingeniería Mecánica (Doble GIMAT-GIMEC)).
- Comportamiento Electrónico de Materiales (3º curso, 1er cuatrimestre, GIMAT y Doble GIMAT-GIMEC).

Dada la interrelación que existe entre estas dos asignaturas, se ha trabajado conjuntamente mediante el desarrollo de nuevas prácticas de laboratorio. Las nuevas prácticas ayudarán a que los estudiantes adquieran habilidades para realizar los experimentos de laboratorio dominando todos los aspectos, desde el control y automatización de dicho experimento hasta el procesamiento de los datos obtenidos para su análisis y presentación de los resultados.

La asignatura **Instrumentación Electrónica**¹ (IE) es de carácter obligatorio y de 4.5 ECTS que se imparte en el 2º curso y segundo cuatrimestre, de manera que los alumnos han adquirido conocimientos básicos de Electrónica en el curso inmediatamente anterior. El presente proyecto ha estado enfocado en la segunda parte de la asignatura, en la que los alumnos asientan los conocimientos adquiridos durante las sesiones teóricas de LabVIEW para controlar las tarjetas DAQ (*Data Acquisition Systems*)² que han aprendido a manejar durante la primera mitad de la asignatura. El estudiante comienza a comprender el funcionamiento de un programa que se enfoca en la adquisición de datos de un sensor o componente electrónico, procesar y condicionar los datos obtenidos. Este es el punto de partida que tomamos para rediseñar una de las prácticas que tradicionalmente se realizaba

¹ <https://guias.usal.es/node/222555>

² <https://www.ni.com/es-es/shop/data-acquisition.html>

como introducción a LabVIEW para que los estudiantes puedan comprender los principios físicos de un sensor e interpretar los resultados obtenidos. Las competencias adquiridas por el alumno en esta asignatura serán la base para las ideas que se apliquen en la asignatura del cuatrimestre inmediatamente siguiente.

La asignatura de **Comportamiento Electrónico de Materiales**³ (CEM) es de carácter obligatorio y consta de 6 ECTS que se imparte en el 3º curso y 1er cuatrimestre, inmediatamente después de la asignatura IE; por tal motivo el alumno ya ha adquirido los conocimientos para la instrumentación, la adquisición y tratamiento de datos de un experimento. En esta asignatura se imparten prácticas de laboratorio usando módulos didácticos con una antigüedad de varios años. Las prácticas como la del efecto Hall o medida del GAP de germanio se realizan tradicionalmente usando dos multímetros y un termopar. Dado que en la guía académica se recomienda haber cursado el curso de IE, hemos aprovechado los conocimientos del alumno para que en la práctica de la medida del GAP de germanio se sustituya los multímetros y el termopar por una tarjeta myDAQ. El alumno programa en LabVIEW la adquisición y el guardado de los datos digitalizados de los parámetros medidos. El nuevo enfoque no sólo permite agilizar el tiempo requerido para realizar la práctica, también es una oportunidad para que el alumno aplique y consolide los conocimientos previamente adquiridos.

Objetivos

El **objetivo principal** de este Proyecto de Innovación Docente es la introducción de nuevas prácticas con un enfoque en las propiedades electrónicas de los materiales basadas en el control y la automatización de los experimentos para la adquisición y el tratamiento experimental de los datos.

Este objetivo se dividió en los siguientes subobjetivos:

- Diseñar e implementar prácticas innovadoras en el ámbito de la Electrónica aplicada a materiales, que refuercen el aprendizaje experimental mediante el uso de DAQ.
- Fomentar el desarrollo de sensores por parte del alumnado, aprovechando las propiedades electrónicas de los materiales, promoviendo así un aprendizaje activo y aplicado.

³ <https://guias.usal.es/node/194720>

- Automatizar la adquisición y el procesamiento de datos en los laboratorios, facilitando su interpretación y mejorando la eficiencia del trabajo experimental.
- Integrar estas prácticas en dos asignaturas del Grado en Ingeniería de Materiales y el Doble Grado en Ingeniería de Materiales e Ingeniería Mecánica

Debido a la falta de financiación del presente proyecto, las prácticas de laboratorio planeadas han sido restringidas en número y se han organizado de tal manera que los estudiantes realicen las prácticas en ventanas de tiempo diferentes. En el caso de la asignatura de Instrumentación Electrónica se ha contado con la ayuda del Departamento de Física Aplicada para comprar algunos sensores que se emplearon en las clases.

Actuaciones realizadas y resultados

Instrumentación Electrónica

Diseño de la metodología

Dado que se trata de una asignatura y un grado con una cantidad de estudiantes por debajo de diez, es fácil realizar un seguimiento sistemático de los avances de los alumnos y mantener una comunicación constante con ellos, manteniendo una relación directa y fluida. De esta manera, se ha podido evaluar la eficacia del proyecto con la participación del alumnado.

Se realizaron prácticas individuales, de modo que fue posible mantener la mencionada comunicación directa con el alumnado para tener información sobre la recepción de la innovación propuesta, de modo que permitió tomar datos objetivos directos para la evaluación del impacto del proyecto y para la reflexión sobre posibles mejoras en la secuencia y diseño de las actividades docentes con la opinión de los receptores de esta.

Diseño de la práctica

En la práctica “Adquisición y análisis de una señal analógica”, se emplean unos micrófonos con amplificador incluido MAX9814, a los que se les han soldado unos pines para facilitar su implementación en las placas de prototipos que el alumno tiene disponible a lo largo de la asignatura. La práctica inicialmente diseñada en una asignatura semejante del

Grado en Física requería de una tarjeta DAQ ligeramente diferente, que registraba una señal analógica de temperatura con un sensor incorporado. Con la práctica diseñada en esta innovación, el alumno instrumenta el sensor directamente y es capaz de comprender todos los pasos desde el funcionamiento del sensor de voz hasta el tratamiento de la señal, principalmente para conocer los filtros digitales mediante software que el entorno LabVIEW incluye por defecto. De esta manera, se comienzan a asentar las bases de manejo de programación de instrumentos y sensores y el condicionamiento de la señal, que servirán de punto de partida para la asignatura CEM que cursarán a lo largo del siguiente trimestre y que se pensó como un bloque conjunto dentro del presente Proyecto.

El guion a disposición de los estudiantes es el siguiente:

Objetivos

El objetivo de esta práctica es de crear un instrumento virtual (VI) que:

- *Adquiera datos desde una entrada analógica (ai) del sistema de adquisición de datos (myDAQ).*
- *Presente en un gráfico los datos.*
- *Extraiga de los datos los siguientes valores: Valor promedio, RMS, Valor máximo, ...*
- *Realice la transformada de Fourier (FFT) de la señal.*
- *Filtre la señal con un filtro pasa bajo.*
- *Realice la transformada de Fourier (FFT) de la señal filtrada.*
- *Guarde los datos en un archivo.*

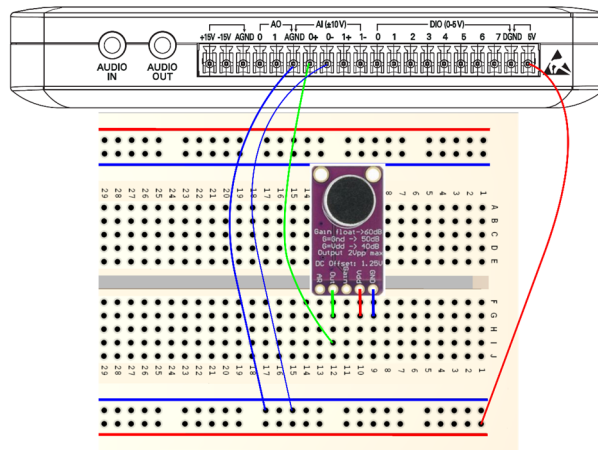
Realización de la práctica

Se empleará un micrófono con amplificador incluido MAX9814. El ancho de banda del sensor es de 20 Hz-20 KHz. El dispositivo posee 5 pines:

1. *GND. Conexión a tierra del módulo.*
2. *Vdd. Pin para polarizar el módulo con una fuente en el rango de 2.7 V-5.5 V.*
3. *Gain. Pin para el ajuste de la ganancia. Pin flotando→60 dB, pin conectado a GND→50 dB, pin conectado a Vpp→40 dB.*
4. *Out. Señal de salida amplificada del micrófono, es unipolar centrada en torno a 1,25V y con un valor pico-pico máximo de 2Vpp.*
5. *AR. Ajuste del “Attack/Release ratio”, es decir, el comportamiento cuando la salida alcanza el máximo valor (y, por lo tanto, el amplificador debe reaccionar rápidamente para evitar generar chasquidos). Para A/R de 1:500 se conecta AR*

a GND, para A/R de 1:2000 conecta AR a VDD, para A/R de 1:4000 deja AR sin conectar.

6. Usando el myDAQ, el módulo MAX9814 y la protoboard realizar las conexiones como se muestra la Figura.



Panel Frontal

En el panel frontal, añade y coloca los siguientes elementos:

1. Cuatro gráficos de forma de onda (Waveform-graph). Cambia su etiqueta como se muestra en la figura 3.
2. Tres indicadores numéricos (Arithmetic mean, RMS, Maximum) y un indicador de carpeta (Path).
3. Dos botones: uno para la ejecución (stop) y otro para activar la opción de reproducir audio.
4. Un indicador de tipo knob para seleccionar la frecuencia de corte del filtro.

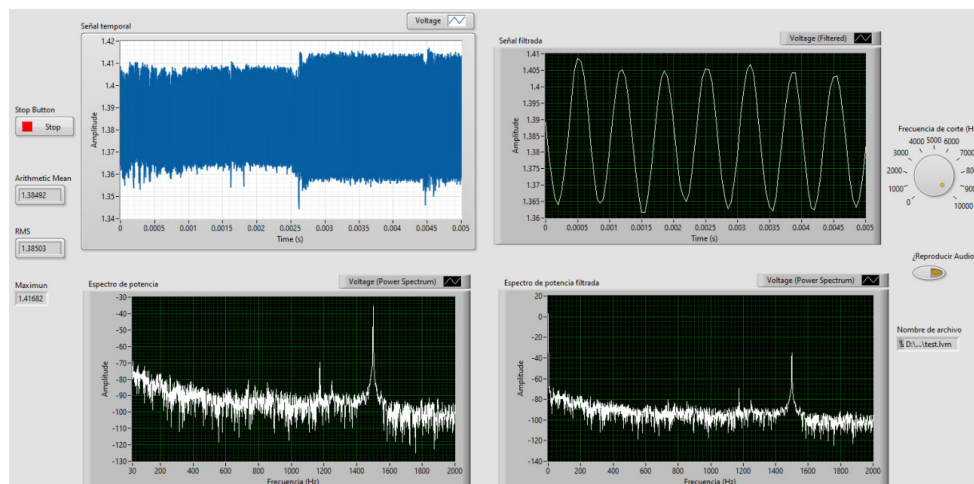
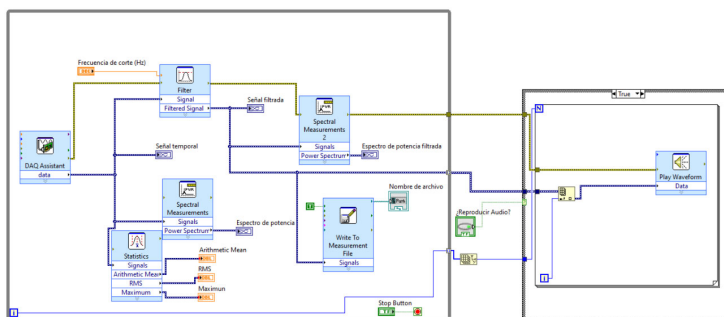


Diagrama de bloques

Realice las conexiones como se muestra en la Figura correspondiente al diagrama de bloques. Guarde y ejecute el VI.



Implementación en la asignatura

Este proyecto de innovación docente fue concedido sin financiación, por lo tanto, para su implementación se tuvo que cambiar la idea propuesta en la memoria de solicitud. Inicialmente se había pensado cambiar el sensor de temperatura ausente en myDAQ por el de platino, que es un material más costoso, sin embargo, se adquirieron unos sensores de menor coste como son los micrófonos mencionados en la sección anterior con ayuda del Departamento de Física Aplicada. En esta asignatura se disponen de 4 tarjetas myDAQ con lo que los cuatro alumnos matriculados han podido trabajar de forma autónoma e individual.

La práctica se implementó en una sesión de dos horas posterior a una introducción teórica a los fundamentos de la programación (particularizado al caso de LabVIEW). Esta secuencia es importante en este curso dado que no todos los alumnos tienen conocimientos de programación y todos desconocen el entorno de programación LabVIEW. La práctica les permite asentar los conocimientos adquiridos de forma teórica y a comprender tanto la lógica del programa como el instrumento virtual. Además, dado que durante la primera parte de la asignatura el alumno aprende los fundamentos de los filtros analógicos mediante la implementación de circuitos, esta práctica comprende el uso de filtros digitales mediante las funciones por defecto del entorno de programación de LabVIEW. Con objetivo de comprender esto, se les pide en el guion de prácticas que incluyan un botón para controlar la frecuencia de filtrado y observar cómo filtra la señal de su propia voz. Cabe señalar que esto además repercute en la motivación de los estudiantes.

En la fig. 1 se muestra una fotografía tomada durante la práctica de la implementación de la parte de software en el laboratorio, donde se pueden observar tanto la rutina LabVIEW, como los datos obtenidos y procesados, entre los cuales está un filtrado o promedio de los datos en bruto, la transformada de Fourier y la transformada de Fourier filtrada mediante software. En la fig. 2 se muestra la fotografía del montaje implementado por los alumnos para instrumentar el micrófono, en el que se puede observar cómo realizan las conexiones anteriormente requeridas con la tarjeta de adquisición de datos myDAQ.

Al finalizar la práctica, se pidió la opinión de los alumnos sobre la implementación de esta para saber si ayudaba a comprender el funcionamiento y la lógica del programa. Las opiniones fueron favorables. Los alumnos son participativos tanto durante la realización de la práctica como en la discusión sobre los resultados obtenidos y la lógica de lo implementado.

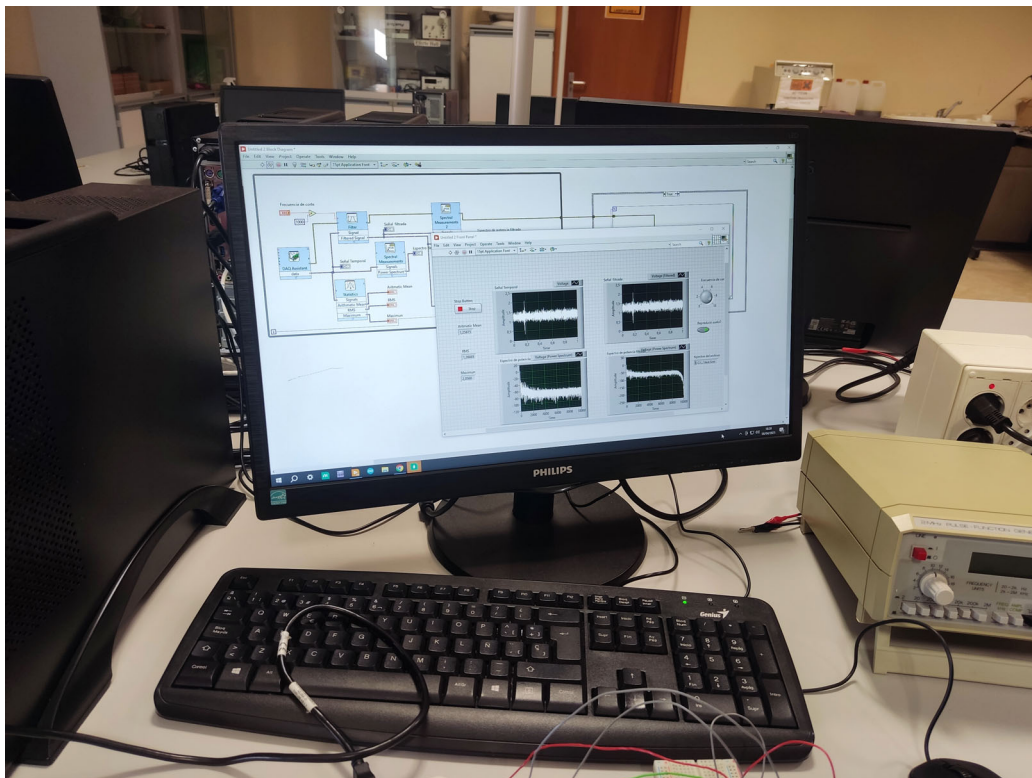


Fig. 1. Imagen de la representación de los datos adquiridos y el esquema implementado en LabVIEW en el Laboratorio de Electrónica (EPSZ).

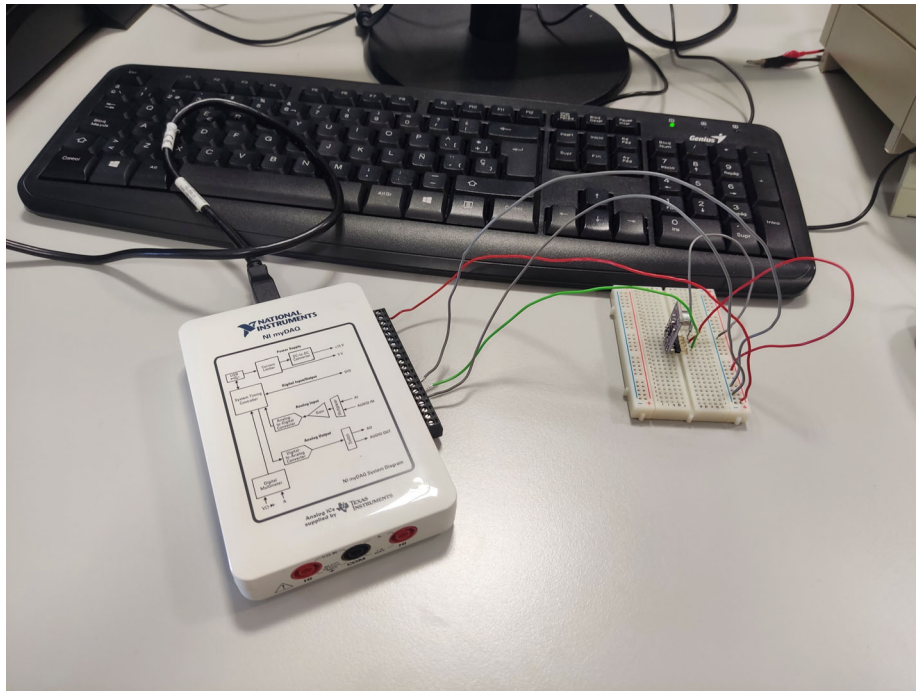


Fig. 2. Imagen de la instrumentación del micrófono y de la tarjeta de adquisición de datos myDAQ en el Laboratorio de Electrónica (EPSZ).

Comportamiento Electrónico de los Materiales

Diseño de la metodología

Puesto que la asignatura Comportamiento Electrónico de los Materiales se imparte de manera posterior a Instrumentación Electrónica, ahora podemos obtener una visión del grado de familiarización del alumnado con las herramientas de adquisición y tratamiento de datos al principio del curso. Esta secuencia facilitó la detección de fortalezas y necesidades formativas en relación con las competencias técnicas implicadas. Con esta información se desarrolló la práctica que los alumnos debían realizar en el laboratorio una vez se avanzó en el desarrollo de los temas de teoría.

Como en la práctica descrita anteriormente, las sesiones de laboratorio, el profesorado realizó un seguimiento sistemático del trabajo de los estudiantes mediante observación directa e interacción constante. Esta comunicación fluida permitió valorar la adecuación de las prácticas propuestas. Asimismo, los estudiantes participaron activamente en la evaluación del proyecto. A través del dialogo, se les preguntó sobre su experiencia,

compartieron sus valoraciones sobre la metodología empleada y ofrecieron sugerencias para el diseño de futuras prácticas.

Las prácticas se desarrollaron en grupos reducidos (2 alumnos por equipo), lo cual permitió una atención personalizada y una observación detallada del trabajo del alumnado. Esta dinámica fue fundamental para la recogida de datos cualitativos que sirvieron como base para la evaluación del impacto del proyecto y para la reflexión sobre posibles mejoras en la secuencia y diseño de las actividades docentes.

Diseño de la práctica

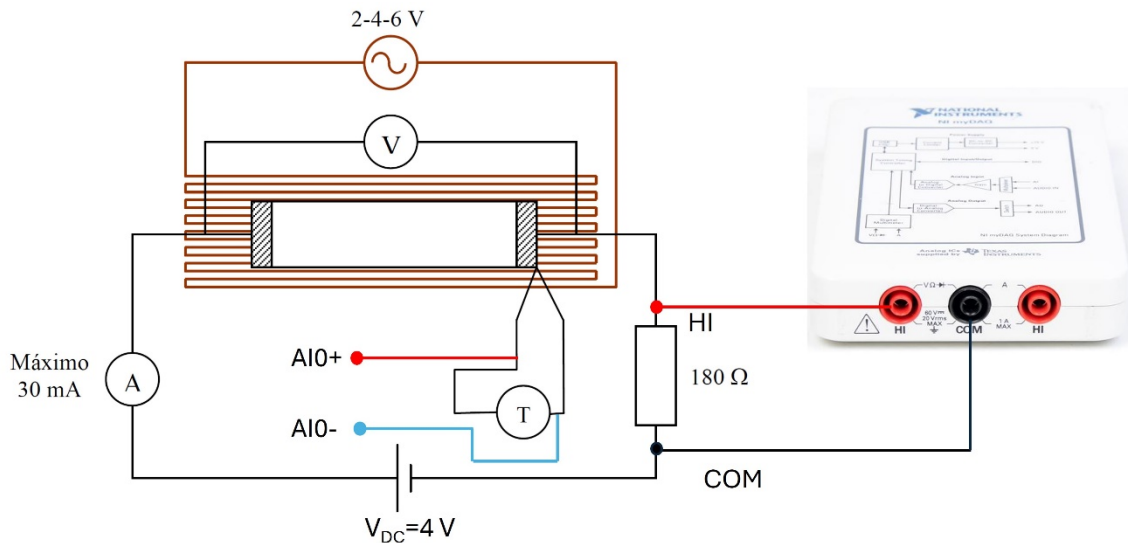
En la práctica de medida del GAP de germanio, se emplea una muestra de germanio en forma rectangular. La tarjeta donde está fijada la muestra posee una resistencia para calentar la muestra, y de la misma manera tiene integrado un sensor de temperatura de tipo termopar para medir la temperatura de la muestra. Antes de este proyecto de innovación, el alumno registraba manualmente el valor de corriente y voltaje de la muestra de germanio mientras se incrementaba su temperatura. Como se ha mencionado anteriormente, en IE ya se han adquirido los conocimientos para programar instrumentos virtuales usando LabVIEW. Usando estos conocimientos, se ha implementado un nuevo esquema donde el alumno registra las medidas usando una tarjeta de adquisición de datos basada en la plataforma myDAQ.

El guion a disposición de los estudiantes es el siguiente:

Adquisición de datos para el experimento del gap de germanio

Se adquirirá de forma automática los datos del experimento del GAP de germanio. Se empleará la tarjeta de adquisición de datos myDAQ de National Instruments. Se medirá la corriente y el voltaje de la muestra.

Realizar las conexiones que se indican en la siguiente Figura.



El circuito serie de la muestra de germanio y la resistencia de $180\ \Omega$ se polariza con un voltaje de DC de 4 V.

El voltaje de la muestra (V_{muestra}) se calculará midiendo el voltaje de la resistencia de $180\ \Omega$ (V_R) con el canal 0 del myDAQ, y con la siguiente ecuación encontramos V_{muestra} :

$$V_{\text{muestra}} = 4 - V_R$$

Al ser un circuito serie, la corriente de la muestra (I_{muestra}) es la misma que la corriente de la resistencia de serie de $180\ \Omega$. La calculamos usando la siguiente ecuación:

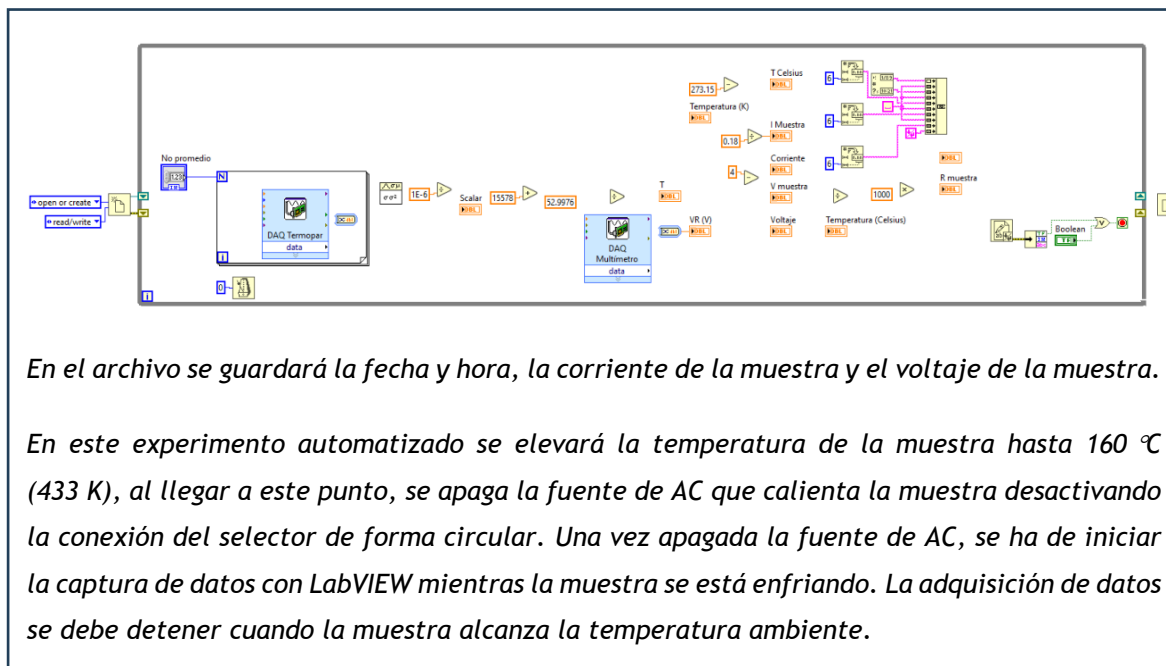
$$I_{\text{muestra}} = \frac{V_R}{180}$$

Para encontrar la temperatura de la muestra se usará la siguiente ecuación, que da el valor de la temperatura en temperatura absoluta (kelvin) en función del voltaje medido en las terminales del termopar en unidades de μV :

$$T(K) = \frac{V_{\text{termopar}}(\mu\text{V}) + 15578}{52.997}$$

Realizar un programa en LabVIEW para adquirir y guardar los datos en un archivo de texto para su análisis posterior.

La lectura del voltaje del termopar se realizará en el canal analógico ai0 del myDAQ, al ser un valor muy pequeño se promediará al menos 100 lecturas con un ciclo de tipo “for”.



Implementación en la asignatura

Como se ha mencionado, carecíamos de recursos económicos para alcanzar los objetivos propuestos en el presente Proyecto, por lo que para la implementación de la práctica se tomó prestado material la Facultad de Ciencias que se trasladó hasta la EPSZ ya habiendo probado la viabilidad de la experiencia en el Laboratorio de Electrónica del Edificio Trilingüe. Debido a que únicamente se contaba con una tarjeta myDAQ para esta práctica, el grupo se dividió en dos equipos de 2 integrantes cada uno. La práctica se realizó en una sesión de tres horas para que los alumnos pudieran hacer primero la práctica de la manera tradicional y después empleando la instrumentación virtual con LabVIEW. De esta forma, pudieron tener una visión global de diferentes formas de obtención de datos, conocer las ventajas de automatizar algunos pasos del experimento y, finalmente, valorar la experiencia de emplear conocimientos previamente adquiridos en IE. En la Fig. 3 se muestra una fotografía tomada durante la realización de la práctica en el Laboratorio de Electrónica de la EPSZ y en la Fig. 4, una fotografía del ordenador empleado por los alumnos donde se observan las gráficas de los parámetros importantes para calcular el GAP de germanio como son la corriente, el voltaje, la temperatura y la resistencia de la muestra.

Al finalizar la sesión, se pidió la opinión de los estudiantes sobre su experiencia con las dos formas de realizar la práctica. En todos los casos, apreciaron que el uso de instrumentación virtual con LabVIEW conlleva un menor tiempo en la realización de la práctica y el análisis de los datos para el cálculo del GAP de germanio, lo que contribuye a

apreciar las ventajas de dicha instrumentación. Además, de eficiente en términos temporales del trabajo experimental, el uso de instrumentación virtual facilita la interpretación de los resultados, lo que redundará en una mejor comprensión de la práctica. Los alumnos también consideran importante que los conocimientos aprendidos previamente en la asignatura IE puedan ser empleados en las prácticas de CEM. Esto redundará en el aprendizaje activo y aplicado que se pretendía alcanzar como uno de los objetivos de este Proyecto.

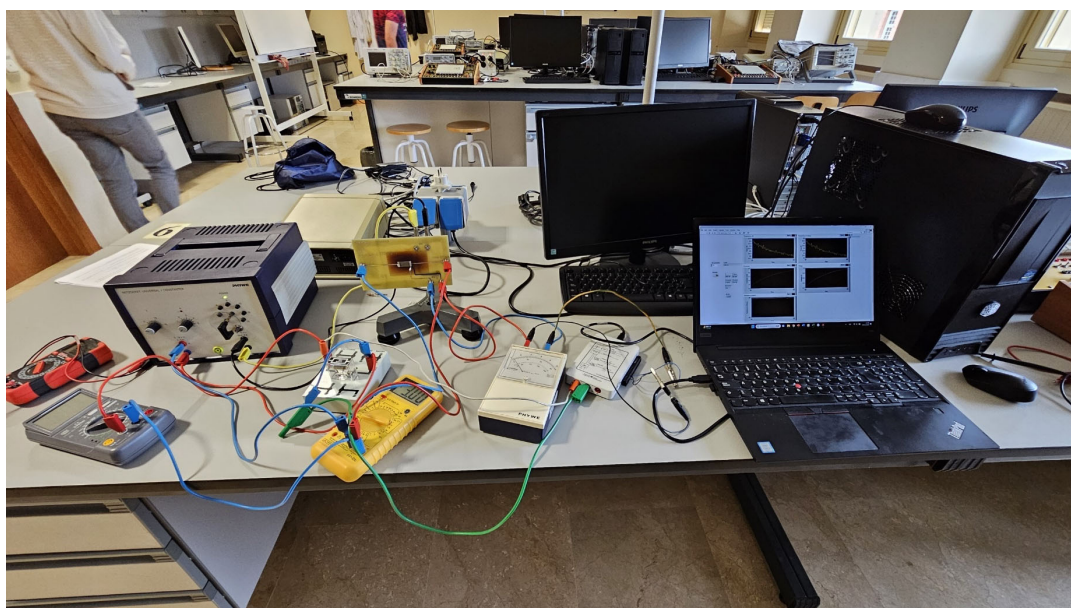


Fig. 3. Fotografía de la implementación de la práctica en el Laboratorio de Electrónica (EPSZ).

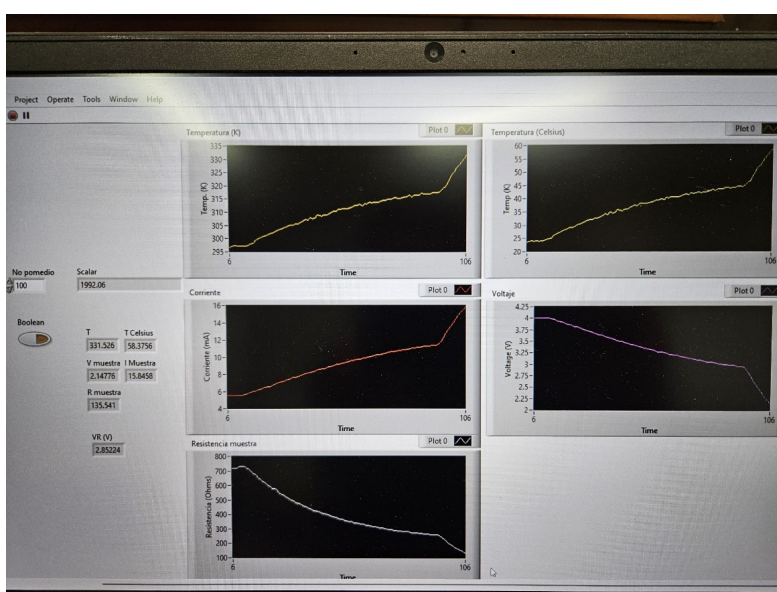


Fig. 4. Fotografía de la pantalla del ordenador usado por los alumnos donde se muestran los parámetros medidos.

Conclusiones

En el presente Proyecto de Innovación Docente, se ha diseñado una práctica basada en la adquisición de datos y acondicionamiento de una señal analógica (en particular, una señal de audio) para comprender el uso de instrumentación virtual de myDAQ en un entorno controlado mediante LabVIEW en la asignatura Instrumentación Electrónica. También se ha implementado por primera vez una práctica experimental, la medida del GAP del germanio, mediante esta instrumentación virtual en la asignatura Comportamiento Electrónico de Materiales. En esta práctica, los estudiantes hacen uso de los conocimientos previamente adquiridos en la asignatura Instrumentación Electrónica, reforzados a partir de la implementación de este Proyecto. La falta de financiación para el diseño de estas nuevas prácticas se ha subsanado en parte con la financiación atribuida al Área de Electrónica por del Departamento de Física Aplicada y mediante el préstamo de material con el que se contaba en la Facultad de Ciencias, aunque hubo que restringir la cantidad de prácticas sobre las que se pretendía realizar esta innovación.

A pesar de las dificultades, consideramos que los objetivos del proyecto han sido alcanzados: mediante las nuevas prácticas que refuerzan el aprendizaje experimental de los estudiantes, lo cual conlleva el aprendizaje activo y aplicado que se pretendía alcanzar. Hemos observado directamente que automatizar la adquisición y procesamiento de datos mejora la eficiencia del trabajo experimental y facilita la interpretación de los resultados. Asimismo, con este proyecto se ha reforzado la conexión entre dos asignaturas, Instrumentación Electrónica y Comportamiento Electrónico de Materiales, que son cursadas de forma consecutiva por los estudiantes del GIMAT y Doble GIMAT-GIMEC, lo cual también ha sido bien valorado por los estudiantes.

Evidentemente, en un mismo curso académico no podemos conocer la acogida de que tendrán por parte de los alumnos de IE la práctica de CEM, ya que pertenecen a cursos diferentes. En cualquier caso, debido a la buena acogida de este tipo de prácticas, el diseño de las mismas se mantendrá en los cursos futuros para beneficio de los estudiantes y se incluirán nuevas prácticas basadas en instrumentación virtual que refuercen los conocimientos adquiridos.