

# APROXIMACIÓN A LOS SISTEMAS AUTOMATIZADOS DE MEDIDA EN FÍSICA DEL ESTADO SÓLIDO

Victorino Franco

Departamento de Física de la Materia Condensada

Facultad de Física

Universidad de Sevilla

## Resumen

Mediante esta experiencia de innovación educativa se pretende que los alumnos que participen en el proyecto tomen conciencia de las necesidades de automatización de los sistemas de medida, conozcan los métodos/interfaces de medida automatizada más usuales en el laboratorio, sean capaces de evaluar los requerimientos de medida de un sistema experimental sencillo y realicen un sistema de medida automatizado aplicado a la Física del Estado Sólido. En este trabajo se resume el desarrollo de la actividad, así como se analizan los diferentes aspectos que han influido en la consecución de los objetivos.

## Abstract:

With this educational experience it is expected that the students that participate in the project realize which are the needs for automating the measurement systems, know which are the most usual methods and interfaces in the laboratory, be able to evaluate the requirements of a simple experimental system, and develop an automated measuring system applied to Solid State Physics. In this work, the development of the activity is sketched, as well as the different aspects that have had an influence in achieving the objectives are analysed.

## INTRODUCCIÓN

Dentro del estudio de la Física, una parte importante de la investigación llevada a cabo en el Mundo se centra en la Física del Estado Sólido y, de entre los temas de interés dentro de esta disciplina, destacan de una manera fundamental los relacionados con fenómenos

físicos de interés tecnológico. La Física del Estado Sólido tiene dos vías de aproximación, teórica y experimental, ambas de la misma importancia. Estos dos aspectos de la disciplina han avanzado paralelamente, aunque existen no pocos campos en los que aún no existe una explicación teórica completa de los fenómenos observados experi-

mentalmente. Algunos de los más importantes avances tecnológicos se han producido por la aplicación de éstos fenómenos al mundo industrial, incluso antes del planteamiento teórico detallado del proceso físico subyacente. Sin embargo, esta vía de mejora de la calidad de vida no hubiese sido posible de no existir estudios exhaustivos y rigurosos de las características operacionales del dispositivo en cuestión. Es de entender, por tanto, la importancia que presenta la formación experimental en la enseñanza de la Física del Sólido.

Sin embargo, existe un desfase importante entre la formación práctica que reciben los alumnos de la disciplina y las técnicas de medida implantadas en la mayoría de los laboratorios de investigación (tanto de centros públicos como privados) y de control (de calidad, de producción, etc.) en las industrias. En el laboratorio de docencia, los sistemas suelen estar previamente configurados por el profesor, con una participación prácticamente nula del alumno en el proceso de montaje, y las medidas son tomadas manualmente por los alumnos. En cambio, en los laboratorios de investigación o control, el proceso de medida suele estar completamente automatizado y, usualmente, la desviación de las configuraciones estándar de los sistemas de medida requiere un conocimiento de las técnicas de medida y de los procesos de automatización.

Del mismo modo, existen casos en los que la medida automatizada es un requisito imprescindible para la obtención de datos experimentales fiables, ya sea por el volumen de datos a adquirir (aplicaciones en las que sea necesaria alta resolución o en procesos multiparamétricos), ya sea por la escala de tiempos (por la velocidad) en la que tiene lugar el proceso (procesos de relaja-

ción ultra-rápida), ya sea por estar localizada en entornos peligrosos o remotos (me en entornos radioactivos, lugares de alta contaminación, control del funcionamiento de satélites...).

A lo largo de la carrera, los alumnos los que ha ido dirigida la actividad (al nos de Física del Estado Sólido de 4º curso de Física, especialidad Fundamental) no habían tenido la oportunidad de familiarizarse con los sistemas de medida automáticos. La motivación de esta actividad era proporcionarles una experiencia básica sobre los temas, que pudiera servirles como punto de partida para un estudio más profundo e intenso caso de ser requerido.

Por otra parte, además de la mera formación en nuevas tecnologías de medida, la participación en el desarrollo e implementación del sistema de medida les puede ayudar a comprender con una mayor profundidad los procesos físicos subyacentes a los datos experimentales y al método de obtención de los mismos. De este modo, los alumnos pueden tomar conciencia de las dificultades que se plantean en la Física Experimental a la hora de realizar medidas de diferentes parámetros físicos.

Recientemente se han realizado estudios sobre la percepción que tienen, tanto los profesores como los estudiantes, de las variables implicadas en el éxito académico (Álvaro, 1999). De este trabajo cabe destacar la valoración que hacen los estudiantes de la motivación en los estudios que cursan, la transición a la transición al mundo laboral durante los estudios y la búsqueda de actividades prácticas complementarias. Por tanto, esta actividad pretendía reducir la distancia existente entre la formación recibida por los alumnos y las habilidades que requieren al comenzar su vida laboral, que pasan

en numerosos casos, por la aplicación de las nuevas tecnologías en los sistemas de medida.

Cabe destacar, por otra parte, la escasez de actividades de innovación en la formación en el laboratorio de los estudiantes de Física, aunque existen numerosos proyectos para la impartición de docencia a través de Internet y gran cantidad de programas para la simulación de procesos físicos (Varios autores, 2001). Dada la importancia de la Física experimental, creemos que es necesario realizar iniciativas para cubrir esta carencia.

## OBJETIVO

El objetivo de la actividad ha sido que, al finalizar el período de tiempo en que ésta tiene lugar, los participantes en la misma:

1. hayan tomado conciencia de las necesidades de automatización de los sistemas de medida,
2. conozcan los métodos/interfaces de medida automatizada más usuales en el laboratorio,
3. sean capaces de evaluar los requerimientos de medida de un sistema experimental sencillo y
4. hayan realizado un sistema de medida automatizado aplicado a la Física del Estado Sólido.

## ESTRUCTURA DE LA ACTIVIDAD

La metodología empleada durante la actividad puede considerarse encuadrada simultáneamente en dos paradigmas básicos de enseñanza: la enseñanza basada en la solución de situaciones problemáticas y la en-

señanza en el laboratorio. Tras unas sesiones iniciales de contacto previo, motivación y demostración de los conceptos básicos de los sistemas de medida, se pasó al trabajo en grupos reducidos. Dependiendo de las habilidades y nivel de motivación de los distintos grupos de alumnos, el trabajo en grupo ha variado entre un método de investigación estructurada (objetivos dados, materiales dados total o parcialmente, secuencia a seguir en parte abierta, solución abierta) y la investigación no estructurada (en la que, a diferencia del método anterior, los materiales y la secuencia a seguir se dejan abiertos). Ha existido un proceso continuo de retroalimentación, especialmente en las transiciones entre etapas y en los momentos críticos de las mismas.

La actividad ha estado dirigida, tal y como se indicó en la justificación inicial, a los alumnos de Física del Estado Sólido de 4º curso de Física, especialidad Fundamental. La participación de los mismos ha variado a lo largo de las distintas etapas de desarrollo del proyecto. Así, mientras que la mayoría de los alumnos de la asignatura participaron en las sesiones introductorias y demostrativas, el número de grupos de alumnos que consiguieron llegar al final de la actividad (entendiendo como tal, la capacidad de tomar datos en el sistema de medida realizado por ellos mismos) se redujo hasta un 25 % de los alumnos que se inscribieron inicialmente en las sesiones de laboratorio.

### A) HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Se ha usado la infraestructura disponible en el laboratorio de Física del Estado Sólido, que cuenta con varios multímetros y fuentes de alimentación dotados de interfases IEEE-488 y/o RS-232, así como con

ordenadores equipados con tarjetas de adquisición de datos, unos, y tarjetas IEEE-488, los otros.

La elección del software empleado para la automatización de los sistemas de medida se ha basado, por una parte, en la facilidad de uso de los alumnos y, por otra parte, en la amplia implantación del software en otros centros de enseñanza (tanto en laboratorios de docencia como de investigación). Por tanto, se ha escogido un software comercial que proporciona un entorno de programación gráfica.

#### B) ORGANIZACIÓN DE LAS SESIONES DE TRABAJO

Se realizó una primera de toma de contacto con los alumnos para proponerles la actividad, comprobar el interés que mostraban para participar en la misma y discutir con ellos la mejor distribución temporal y de recursos con el fin de cumplir los objetivos propuestos.

Posteriormente se organizó una charla introductoria en la que se presentaron unas nociones iniciales sobre las capacidades de los sistemas de medida con los que se cuenta en el laboratorio y se trataron los distintos interfaces de medida y las técnicas básicas de automatización. Al finalizar esta presentación, se pasó a una sesión práctica en la que se ilustraron algunos de los conceptos presentados en la charla mediante una realización práctica, paso por paso, de un sistema de medida muy sencillo: la toma de datos con un multímetro dotado de interfaz IEEE-488. Esto sirvió para mostrar a los alumnos los rudimentos de la realización de un programa para la adquisición de datos, al mismo tiempo que les motivó para continuar en la actividad. Tras esta sesión, se

pidió a los alumnos que se estructurase grupos de cuatro personas como máximo para continuar el resto de la actividad en ese modo.

Dado el escaso conocimiento de métodos de programación con el que contaban la mayoría de los alumnos, la etapa siguiente centró en una serie de sesiones prácticas el aprendizaje del software de control. Por ello, el profesor fue marcando una serie de tareas, con un grado creciente de dificultad que perseguían la familiarización de alumnos con los elementos que posteriormente tendrían que emplear para realizar sus propios sistemas de medida.

Tras el período de prácticas con el software de control, se propusieron los siguientes sistemas de medida para realizar: medida de la banda prohibida de un semiconductor; magnetorresistencia en semiconductores; magnetorresistencia en materiales magnéticos; efecto Hall en semiconductores; medida de ciclos de histéresis magnética en ferromagnéticos. Asimismo, se motivó a los alumnos a que propusiesen sus propias alternativas. Aunque hubo algunos grupos de alumnos que aceptaron sus propuestas, éstas estaban fuera de las capacidades de la infraestructura de medida del laboratorio, por lo que fueron descartadas. Los otros grupos los mismos las descartaron tras un análisis detallado.

La elección de los alumnos se centró principalmente, en la medida de la banda prohibida de un semiconductor usando un multímetro con interfaz IEEE-488 (Figura 1) aunque hubo otros grupos que trataron de realizar la misma experiencia usando una tarjeta de adquisición de datos (en sustitución de los multímetros) o seleccionaron para la medida del ciclo de histéresis de un material magnético usando una tarjeta de adquisición.

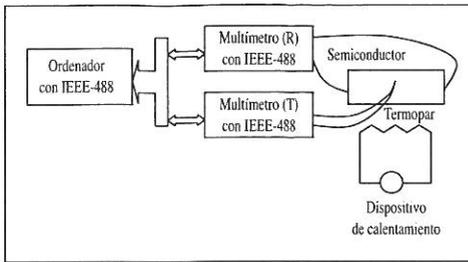


Figura 1. Esquema del dispositivo experimental para la medida de la banda prohibida de un semiconductor. Uno de los multímetros se dedica a medir la temperatura de la muestra, mientras que el otro mide la resistencia del semiconductor.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

A lo largo del desarrollo de esta experiencia se ha comprobado que los alumnos tienen una mayor facilidad para realizar sistemas de medida basados en IEEE-488. Esto se debe a que en este tipo de sistemas los resultados finales vienen determinados, principalmente, por las prestaciones de los equipos de medida, mientras que en el caso de las tarjetas de adquisición existe una mayor dependencia del modo en el que se realizan las conexiones del elemento a medir. La menor tolerancia a los errores de modo común y al ruido en las tarjetas de adquisición crean una dificultad adicional.

De entre los distintos grupos de alumnos, todos los que eligieron el sistema basado en IEE-488 concluyeron satisfactoriamente el proceso de medida, siendo capaces de obtener resultados del sistema en cuestión. En cambio, la mayor complejidad de las funciones de control de la tarjeta de adquisición de datos y el mayor esfuerzo requerido para obtener una medida libre de errores ha impedido que los otros grupos de alumnos pasen de obtener resultados simplemente cualitativos, sin una calibración correcta.

La mayor dificultad que se ha planteado en este proyecto ha sido la falta de conocimientos informáticos de la gran mayoría de los alumnos, lo que ha ralentizado en gran medida las sesiones de prácticas con el software de control. Por otra parte, para muchos de ellos ha sido la primera vez en la que se enfrentan, no sólo con la realización de un sistema automatizado de medida, sino con la configuración por ellos mismos de un sistema de medida de cualquier tipo, lo que ha supuesto una dificultad adicional en la realización experimental.

Al finalizar la actividad, los alumnos han sido encuestados sobre su opinión acerca de la misma, coincidiendo su análisis, en líneas generales, con el expuesto anteriormente. Resaltaron como principal factor negativo la falta de experiencia en programación y valoraron muy positivamente el brindarles la oportunidad de que sean ellos mismos los que realicen el montaje experimental en el laboratorio, supervisados por el profesor. Muchos de ellos han propuesto que se repita la experiencia en próximos años.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad de Sevilla, a través de la "Convocatoria de Ayudas a la Docencia para la Innovación". El autor quiere agradecer al Prof. A. Conde el apoyo y la colaboración prestados.

## REFERENCIAS

ÁLVAREZ, V. y otros (1999): *Propuestas del profesorado bien evaluado para potenciar el*

*aprendizaje de los estudiantes*. Sevilla, Universidad de Sevilla, ICE.

Varios autores (2001): Encuentro Ibérico para la Enseñanza de la Física, en *XXVIII Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Fí-*

*sica y el 11º Encuentro Ibérico para la enseñanza de la Física: Resúmenes de la Comunicación*, FRANCO, V.; CONDE, A. MÁRQUEZ, R. (eds.): Sevilla, Real Sociedad Española de Física.