

CURSO DE INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA INTEGRADO EN UNA EXPERIENCIA DOCENTE INTERDISCIPLINAR

JC. CAMPO, FJ. FERRERO, JC. ALVAREZ- ALVAREZ, M. VALLEDOR, M. GONZALEZ,
C. BLANCO, J.C. VIERA, J.C. ALVAREZ-ANTON
Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica de Computadores y Sistemas. Escuela Politécnica Superior de Ingeniería Industrial. Universidad de Oviedo. España.

El presente documento versa sobre la asignatura de Instrumentación Electrónica impartida durante el último curso de Ingeniería Industrial. Esta asignatura se enmarca dentro de un proyecto multidisciplinar basado en la colaboración entre varias asignaturas del último año de dicha titulación, concretamente con las asignaturas de Computadores, Regulación Automática y Administración de Empresas. El objetivo global consiste en la propuesta por parte de los alumnos de una iniciativa empresarial con alto contenido tecnológico. El desarrollo de este proyecto empresarial debe estructurarse de forma análoga a la que se llevaría a cabo en el mundo real, conteniendo la descripción técnica de un producto o servicio innovador, un estudio de mercado, un estudio de viabilidad económica, etc. Con respecto a la parte de Instrumentación Electrónica, los estudiantes deben diseñar y construir el prototipo electrónico del producto propuesto.

El principal reto de esta experiencia es desarrollar una de las competencias más demandadas en el entorno empresarial, la capacidad de trabajar en grupo. Esto se logra al integrar diferentes asignaturas en un único proyecto común, tal y como ocurre en el desarrollo de un proyecto empresarial real, en el que deben integrarse varias disciplinas técnicas. Las diferentes soluciones propuestas para lograr este objetivo, así como los recursos requeridos se detallan a continuación.

1. Introducción

La Instrumentación y Medida es un área de conocimiento que suele abarcar muchas disciplinas técnicas [1]. Lo más habitual es que los programas de las ingenierías contengan diferentes asignaturas dedicadas a cubrir los diferentes aspectos que cubre la instrumentación como base también de otros temas, por lo que se suelen impartir diferentes materias por separado: Electrónica Analógica y Digital, Computadores, Microcontroladores, Sistemas y Control Automático, Física, Química, y otras áreas de estudio [2-5]. En España las titulaciones técnicas y superiores de ingeniería eléctrica y electrónica contienen, además de las mencionadas anteriormente, asignaturas como Administración de Empresas o Economía. El resultado es la formación de ingenieros de tipo generalista.

Muchas universidades españolas ofertan la asignatura de Instrumentación Electrónica, que trata principalmente sobre sistemas de medida, sensores y acondicionamiento de señal. Existen diferentes enfoques metodológicos en función de la universidad [6-7], en lo que se refiere a la Universidad de Oviedo, es una asignatura de 60 horas, y está formada por contenidos tanto prácticos como teóricos.

En los últimos tiempos se observa que desde diversas instituciones gubernamentales se fomenta la sensibilización y el estímulo de la iniciativa empresarial en el ámbito universitario. Fruto de esta tendencia

es la estrecha colaboración entre el ayuntamiento de Gijón y la Universidad de Oviedo, que se ha materializado en la presente experiencia educativa.

Desde una perspectiva didáctica resulta muy interesante fomentar en el alumnado habilidades sociales e interpersonales ligadas a las competencias técnicas laborales. Esta iniciativa sirve como puente entre el mundo teórico de la universidad y la sociedad empresarial. Por otra parte, gracias a la amplia y variada formación de nuestros estudiantes de ingeniería, estos se encuentran en una buena posición para alcanzar los objetivos planteados. Un dato representativo es el hecho de que un elevado número de empresas de nuestro país hayan sido creadas por ingenieros.

El ayuntamiento de Gijón, a través de la Agencia Local de Promoción Económica de Empleo (ALPEE), ha apoyado a varios profesores de la Universidad de Oviedo para que colaborasen entre si y abordasen el desarrollo de un proyecto didáctico común. El objetivo planteado en este proyecto es proponer un nuevo producto, elaborar su estudio de mercado, de viabilidad, etc. para crear una empresa siguiendo los mismos pasos que se producen en un caso real. Este proyecto global conlleva la realización de muchas tareas con la consiguiente implicación de la mitad de las asignaturas del curso.

Al margen de los objetivos transversales comunes, los diferentes profesores participantes en el proyecto se plantean objetivos distintos. En lo que respecta a la asignatura de Instrumentación Electrónica el objetivo principal consiste en, abordar en grupo, el diseño de un sistema electrónico completo que debe ser uno de los productos que fabricará la empresa. Este diseño electrónico debe incluir al menos un sistema de medida. Para ello es necesario aplicar muchos conceptos vistos en las clases teóricas, lo que ayuda a asimilar dichos conceptos, fomentando el aprendizaje significativo.

Los aspectos más complejos observados a la hora de abordar este reto educativo son un número de créditos limitado, que condiciona su desarrollo temporal, y los lógicos problemas de coordinación entre las diferentes asignaturas implicadas. En el lado opuesto, uno de los aspectos más positivos observados ha sido la elevada motivación del alumnado y el consiguiente grado de implicación de los mismos.

En los siguientes apartados se detallarán las cuestiones más directamente implicadas con la Instrumentación Electrónica.

2. Curso de Instrumentación Electrónica

2.1. Parte teórica

Los elementos básicos de un sistema de medida son el sensor, el circuito de acondicionamiento de señal y el sistema de visualización [6]. Sin embargo, muchos sistemas de medida son más complejos e incluyen una conversión analógico-digital, procesamiento de señal y transmisión de datos. Dicha transmisión puede ser antes o después de la digitalización. En la Fig. 1 se muestra con un diagrama de bloques los elementos que se acaban de mencionar.

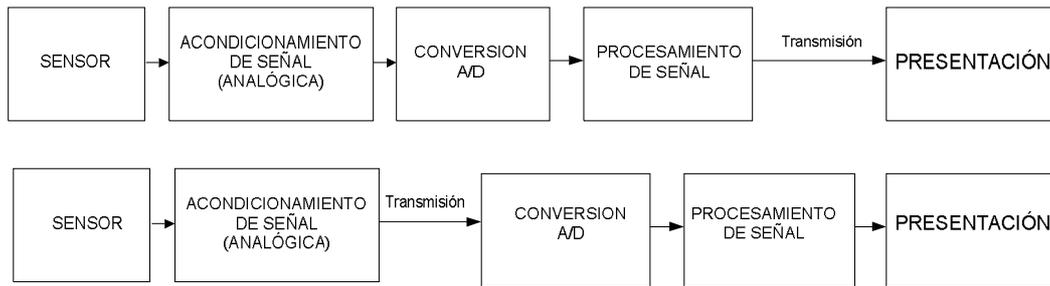


Figura 1. Representación esquemática de un sistema de medida

Los estudiantes que han cursado estudios de Ingeniería Industrial en la Universidad de Oviedo, ya han recibido en años anteriores, formación teórica relativa a fundamentos electrónicos, conversión analógico-digital y digital-analógico y sistemas de presentación. Por lo tanto, las 30 horas teóricas del curso (la mitad de la asignatura) deben dedicarse a aquellos temas que aún no se han estudiado, por ejemplo sensores para medidas industriales, el diseño del circuito de acondicionamiento de la señal y el estudio de las interferencias, tal y como se recoge en la Tabla 1.

Programa de estudios de la asignatura de Instrumentación Electrónica de la Universidad de Oviedo

-
- Introducción a la Instrumentación Electrónica
 - Amplificación y filtrado :
Errores en el amplificador operacional , ancho de banda , amplificadores de instrumentación , filtros activos
 - Sensores y Acondicionamiento de Señal
 - Sensores Resistivos : Potenciométricos, RTD, Termistores, Galgas extensiométricas
 - Sensores inductivos y electromagnéticos
 - Sensores Capacitivos
 - Sensores generadores de señal: fotodiodos, de Efecto Hall,, piezoeléctricos,...
 - Interferencias electromagnéticas
-

Tabla 1. Programa de estudios de la asignatura de Instrumentación Electrónica de la Universidad de Oviedo

2.2. Desarrollo del proyecto

El proyecto está estructurado en tres partes:

1. Propuesta del producto: los estudiantes forman libremente grupos de 4-5 personas y proponen un producto nuevo; el estudio preliminar y la viabilidad se evalúan en las otras asignaturas del proyecto global. Respecto a la Instrumentación Electrónica, el profesor debe verificar que el prototipo incluye un sistema o subsistemas de medida análogos al representado en la Fig. 1. El profesor evaluará la posibilidad de construir el prototipo teniendo en cuenta los medios disponibles en el laboratorio y el coste. El coste estimado de cada prototipo no puede superar los 300 euros.
2. Construcción del prototipo del producto propuesto: los alumnos disponen de un laboratorio con osciloscopios, fuentes de alimentación, polímetros, generadores de señal, ordenadores personales y equipo de soldadura. Todo esto permite que los estudiantes puedan desarrollar el trabajo extra demandado por la actividad. Los estudiantes pueden adquirir los componentes electrónicos necesarios en una tienda especializada de Gijón donde la ALPEE ha creado una cuenta a tal fin.

3. Presentación pública de la empresa y del prototipo. La actividad culmina con unas jornadas, denominadas Jornadas de Proyectos Empresariales Universitarios. Durante estas jornadas los alumnos presentan su proyecto y hacen una demostración con el prototipo construido. Seguidamente, un jurado compuesto por miembros del ayuntamiento y de la universidad selecciona a un grupo como “ganador”. Este grupo recibirá un pequeño premio en metálico y la posibilidad de materializar su proyecto con el apoyo del ayuntamiento. Estas jornadas tienen una gran difusión a nivel local y suelen servir de incentivo a los alumnos de los primeros cursos.

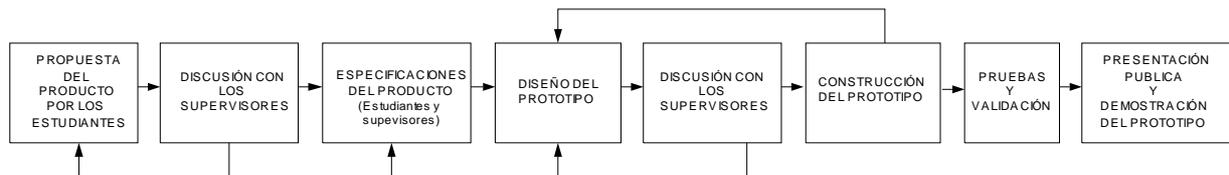


Figura 2. Etapas del curso

Las diferentes etapas del curso se muestran en la Fig. 2. Cuando los estudiantes proponen el producto son extremadamente ambiciosos en lo que se refiere a las especificaciones técnicas. Esto ocurre pese a los consejos del profesor que los supervisa. Por este motivo, a veces es necesaria una reducción de las especificaciones de los prototipos una vez que la etapa de construcción ya ha comenzado.

3. Resultados

Durante los dos años en los que se ha desarrollado esta actividad de aprendizaje orientado a proyectos, se han presentado seis proyectos.

1. Un sistema automático de detección de caídas en personas de la tercera edad: El sistema se basa en la medida de la aceleración con un acelerómetro tipo MEMS. Un microcontrolador realiza la conversión A/D y el procesamiento de la señal. Cuando se detecta una caída el sistema envía un mensaje SMS a un teléfono de emergencia
2. Un sistema de control de la calefacción domestica mediante SMS: Se coloca un dispositivo electrónico en el enchufe de los radiadores. Este dispositivo mide la temperatura ambiente y está habilitado para recibir ordenes vía radio procedentes de una unidad central de control. Esta unidad de control recibe la orden de conectar/desconectar un radiador y de la temperatura deseada en cada habitación vía SMS.
3. Un invernadero automático: Está dotado de sensores de temperatura y de humedad que transmiten esta información vía radio a una unidad central de control. También posee unos motores para la apertura y el cierre de las ventanas y claraboyas, ventiladores y riego automático. La unidad de control incluye un microcontrolador.
4. Una segadora autónoma: Se coloca un cable cubriendo el perímetro del jardín y la segadora detecta los límites del jardín al detectar dicho cable. La segadora también es capaz de detectar obstáculos y siega el jardín sin necesidad de pasar dos veces por el mismo sitio.
5. Alumbrado exterior alimentado con energía solar: En este proyecto el apagado y encendido de las luces está automatizado y mediante un instrumento virtual programado con LabView se controlan las lámparas.
6. Toldos de recogida/extensión automática aplicados a tendales de ropa exteriores: Los estudiantes diseñaron un sensor de lluvia basado en infrarrojo y emplearon un

microcontrolador para optimizar la detección de la lluvia y controlar la recogida/extensión del toldo mediante un motor.

Al igual que ocurre en otras actividades con un marcado carácter práctico la motivación y la implicación de los estudiantes fue muy acusada. El esfuerzo requerido por parte del profesorado también fue muy elevado, sobre todo si se compara con el sistema tradicional basado en clases magistrales. Sin embargo, los beneficios compensan el esfuerzo. El desarrollo del proyecto permite que conceptos teóricos fundamentales se adquieran de forma mucho más significativa. Este planteamiento proporciona a los alumnos una visión global de la Instrumentación Electrónica difícil de conseguir con metodologías más tradicionales. También desarrolla aspectos sociales importantes, mejorando notablemente las relaciones entre los alumnos y los profesores. Son los propios estudiantes los que manifiestan que la asignatura impartida así les ha permitido asimilar conceptos complejos de los sistemas de instrumentación, a la vez que adquirirían una experiencia que consideran muy útil para el desempeño de su profesión.

Uno de los problemas del curso es que la carga de trabajo de los estudiantes es muy grande, aunque al estar implicadas varias asignaturas se intentó distribuir el trabajo de forma que la carga global no aumentará de forma significativa. Por otra parte, la elevada carga de trabajo obliga a optimizar los recursos de los grupos de trabajo. La figura del inventor individual tiende a desaparecer y no tiene cabida en un ambiente empresarial cada vez más corporativo [2]. Pese a todo, todavía hoy el trabajo en grupo es una habilidad poco valorada entre los estudiantes [12].

La carga de trabajo del profesorado también aumenta. Por ejemplo, los alumnos se encuentran con dificultades para interpretar las hojas de características de los fabricantes y para dimensionar los componentes. Para la mayoría de los alumnos este proyecto es el primer contacto con la electrónica real. Pese a que han realizado abundantes prácticas de laboratorio, es ahora cuando por primera vez toman decisiones autónomas, ya que es importante que los profesores se limiten a asesorar y deleguen en los alumnos las decisiones finales.

La interacción entre las diversas asignaturas se pone de manifiesto desde la propuesta del producto, que es uno de los puntos más delicados. Los diferentes profesores tienen diversos requisitos respecto al tipo de producto, por ejemplo, en la presente asignatura, que se diseñen los bloques típicos de un sistema de instrumentación. Además, debe ser viable económicamente lo que supone una dificultad añadida y obliga a modificaciones a proponer un nuevo producto una vez realizado un primer análisis de viabilidad. A continuación, el profesorado de instrumentación electrónica y de computadores sigue conjuntamente la actividad del desarrollo técnico del sistema de forma que las modificaciones son acordadas mutuamente y con reuniones semanales. Los alumnos deben tener un diagrama de tareas y anotar el grado de cumplimiento y las desviaciones y sus causas.

Entre los alumnos surgen diferentes conflictos desde el inicio del curso puesto que la propuesta del prototipo no resulta fácil y los diversos condicionantes resultan, en ocasiones, difíciles de comprender para los alumnos. Durante el desarrollo del curso surgen también problemas debido a incumplimientos en el desarrollo de tareas que alteran la planificación de otros miembros del grupo. Aunque, en algunos casos las discusiones son importantes, el ambiente general es muy bueno, y el grado de involucración de los alumnos es muy alto. En las fechas próximas a la presentación pública del trabajo, los estudiantes dedican un esfuerzo muy elevado y tienen un verdadero interés en presentar el mejor proyecto de los que se realizan. Los alumnos manifiestan, no obstante, que esto les ha llevado a descuidar otras asignaturas.

4. Conclusiones

Los contenidos de la asignatura de Instrumentación Electrónica varían mucho en función de las diferentes universidades. La Instrumentación electrónica es una disciplina técnica con un marcado carácter interdisciplinar, que incluye el diseño analógico, la programación de múltiples dispositivos digitales, así como el manejo de equipamiento variado.

Este proyecto obliga al alumno a implicarse en todas las facetas del diseño electrónico aplicado a los sistemas de medida, y le facilita la integración de conceptos adquiridos en diferentes asignaturas relacionadas con la electrónica. También les permite integrar conocimientos obtenidos en otras asignaturas de la titulación que no tienen relación con la electrónica y todo en el marco de un trabajo muy similar al real y con problemas similares a los reales. Aunque hasta el momento no se han realizado encuestas específicas sobre el alumnos, la percepción tanto entre profesorado como alumnado es de gran satisfacción con los resultados obtenidos y con el ambiente generado.

Referencias

- [1] K. Watanabe, "Instrumentation education in Japan: Despair and expectation," *IEEE Instrum. & Meas. Mag.*, N° 2, 14-19 (1999).
- [2] R.A. White, "Engineering education for test and measurement designers," *IEEE Instrum. & Meas. Mag.*, N° 12, 11-13, (1999).
- [3] A. Barwicz and R. Morwski, "Teaching measuring systems beyond the year 2000," *IEEE Instrum. & Meas. Mag.*, N° 2, 20-27, (1999)
- [4] T. Laopoulos, "Teaching instrumentation and measurement in the complex-systems era" *IEEE Instrum. & Meas. Mag.*, N° 2, 28-30, (1999).
- [5] J.L. Schmalzel, "I&M education for the new millennium. A U.S. perspective," *IEEE Instrum. & Meas. Mag.*, N° 2, 31-36, (1999).
- [6] R. Morawski, R. Pallas-Areny, E. Petriu, M. Siegel, and Th. Laopoulos, "Currents trends on teaching Instrumentation and measurement," in *Proc. 16th IEEE Inst. Meas. Tech. Conf.*, 2000, 1715-1726.
- [7] A. Carlosena and R. Cabeza, "A course on instrumentation: The signal processing approach," *IEEE Trans. Educ.*, N° 40, 297, (1997).
- [8] S. Ghosh, "Integrating design into undergraduate honors theses in a computer engineering program: an experiment," *IEEE Trans. Educ.*, N° 43, 200-210, (2000).
- [9] S. Horan, "Using measurements and sensors in a pre-college enrichment program," in *Proc. 18th IEEE Ins. Meas. Conf.*, 2001, 1968-1971.
- [10] T.W. Matthews and R.R. Spencer, "An autonomous race car design competition," *IEEE Trans. Educ.*, N° 4, 215, (2001).
- [11] F.J.F. Martin, J.C. Campo, J.C.A. Anton, J.C.V. Perez, C.B. Viejo, M.G. Vega "An Electronic Instrumentation Design Project for Computer Engineering Students," *IEEE Trans. Educ.*, N° 48, 472- 481, (2005).
- [12] R.B. Hilbor, "Team learning for engineering students," *IEEE Trans. Educ.*, N° 37, 207-211, (1994).