

# DESARROLLO DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS PARA SU USO DOCENTE EN MATERIAS TECNOLÓGICAS: UN CASO PRÁCTICO

Miguel Jesús González Redondo<sup>1</sup>; Isabel María Moreno García<sup>2</sup>; Juan Jesús Luna Rodríguez<sup>3</sup>

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR. UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA  
Departamento Electrotecnia y Electrónica.

<sup>1</sup>Profesor titular de escuela universitaria

<sup>2</sup>Alumna Colaboradora

<sup>3</sup>Profesor titular de escuela universitaria

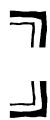
ESTUDIOS DE CALIDAD E INNOVACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA-AÑO 4º

---

RES NOVAE IV  
CORDUBENSES



ÍNDICE



**1. INTRODUCCIÓN**

**2. MATERIAL Y MÉTODOS**

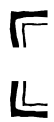
**3. RESULTADOS**

**4. CONCLUSIÓN**

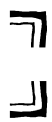
**5. REFERENCIAS**

---





TEXTO



## DESARROLLO DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS PARA SU USO DOCENTE EN MATERIAS TECNOLÓGICAS: UN CASO PRÁCTICO

Miguel Jesús González Redondo ([elgorem@uco.es](mailto:elgorem@uco.es))  
Isabel María Moreno García  
Juan Jesús Luna Rodríguez

### RESUMEN

El coste de algunos equipos electrónicos que se emplean en la docencia práctica de materias de tipo tecnológico impide en ocasiones la dotación completa de los laboratorios.

Se plantea en este artículo un caso práctico de diseño y construcción de un prototipo de equipo electrónico para su uso en prácticas de asignaturas en las cuales se precise experimentar con la utilización de variadores electrónicos de velocidad.

Los resultados obtenidos permiten asegurar que para determinados casos es posible desarrollar equipos de carácter didáctico que realizan funciones similares a los dispositivos industriales, a un coste sensiblemente inferior, obviando, por supuesto, el coste de desarrollo.

**PALABRAS CLAVE :** Innovación docente, equipo electrónico, variador de velocidad, automatización.



## 1. INTRODUCCIÓN

Los equipos que se necesitan para equipar laboratorios para la docencia práctica de asignaturas de carácter tecnológico en titulaciones técnicas a nivel universitario, así como a nivel de formación profesional, tienen un coste normalmente elevado (González, 2002, 1-4). Este coste en multitud de ocasiones es difícil de asumir mediante las vías de financiación normales, como suele suceder en el ámbito universitario.

El tipo de equipos que se necesitan en los mencionados laboratorios es muy variado. Su naturaleza dependerá de la materia o campo tecnológico con la que estén relacionados. Así, por ejemplo, los equipos necesarios para un laboratorio de química serán muy diferentes a los de un laboratorio de electrónica. Sin embargo, en la mayoría de los casos se puede hacer una división en dos grandes bloques, considerando por un lado el instrumental y por otro lado equipos específicos que, como el caso que nos ocupa en el presente artículo, tienen un carácter marcadamente industrial. En este segundo bloque se podría hablar de equipos tales como motores eléctricos, variadores de velocidad, controladores de temperatura, etc., mientras que al primer bloque podrían pertenecer equipos tales como osciloscopios, multímetros, fuentes de alimentación, etc.

En la Universidad de Córdoba, en la Escuela Politécnica Superior, se imparten diversas asignaturas de carácter tecnológico, dentro de las diferentes titulaciones que alberga la escuela. Entre estas asignaturas se encuentra la de “Automatización Industrial”. Esta es una asignatura perteneciente a la titulación de Ingeniería Técnica Industrial en Electrónica Industrial.

En la docencia práctica de la mencionada asignatura se utilizan equipos industriales de los que habitualmente se emplean en el control de procesos industriales reales. El coste de estos equipos es normalmente elevado. Esto supone un problema desde el punto de vista de equipar un laboratorio completo para cubrir todos los aspectos deseables de la materia.

Ante este problema de carácter fundamentalmente económico, se planteó la posibilidad de reproducir algunos de estos equipos con objeto de reducir su coste. Así, si fuera posible disponer de un equipo que tuviera más o menos las mismas prestaciones y apariencia que los equipos reales de tipo industrial, pero cuyo coste fuera menor, se tendría la posibilidad de equipar más fácilmente los laboratorios.



Centrándose en la asignatura de “Automatización Industrial” existen diferentes dispositivos de carácter industrial que podrían ser candidatos para ser reproducidos como se ha mencionado, tratando de este modo de reducir su coste. Una de las funciones que se debe estudiar en la mencionada asignatura es el control de veloci-

dad de motores de corriente continua. Esta función la realizan los variadores de velocidad, que se encuentran presentes en la mayoría de los procesos industriales en los cuales hay motores eléctricos. Así pues, se pensó en este tipo de dispositivos como primera experiencia de reproducción física y funcional de un dispositivo industrial.

Para la puesta en práctica de esta idea, se solicitó un Proyecto de Innovación y Mejora de la Calidad Docente en la VI Convocatoria (2004-2005) del Comisionado para la Gestión de la Calidad y Programas de Innovación de la Universidad de Córdoba, que lleva por título “Diseño y construcción de un variador de velocidad para su uso docente”.

Con el desarrollo del mencionado proyecto se pretendía diseñar y construir un prototipo de variador de velocidad para pequeños motores de corriente continua. Sin embargo, con el desarrollo de este dispositivo, no se pretendía reproducir la totalidad de las funciones que realiza un variador de velocidad industrial, sino solamente aquellas de uso más habitual en la docencia práctica de la asignatura mencionada anteriormente.

Como objetivo adicional se planteaba el carácter didáctico que conlleva el desarrollo de un equipo electrónico completo.

Por último, conviene mencionar que este proyecto se ha considerado una experiencia piloto en el diseño de equipos electrónicos para su uso docente en la materia de automatización industrial.

## 2. MATERIA Y MÉTODOS

Uno de los condicionantes de partida en este proyecto era optimizar al máximo el diseño para que el número de componentes no fuera excesivo, ya que esto afectaría al coste y al tamaño del prototipo, que se pretendía utilizar en maquetas de procesos industriales (González, 2003).

Las actividades que se llevaron a cabo para el desarrollo del primer prototipo son, en líneas generales, las siguientes:

- Selección de las características que debía incluir el dispositivo: Destacan como características más relevantes el tamaño reducido, aspecto similar al variador de velocidad tomado como referencia y otros aspectos tales como la existencia de un display para la visualización de parámetros y modos de funciona-



miento, así como una botonera para la determinación de los mismo y, por último, la existencia de un bornero de conexiones para el cableado de la alimentación y el motor.

- **Diseño del prototipo:** Para llevar a cabo el diseño del prototipo, éste se dividió en dos módulos principales; un módulo de potencia para la alimentación y control del motor y un módulo de control basado en microcontrolador que gestiona el funcionamiento del dispositivo.
- **Adquisición del material necesario para la construcción del dispositivo:** Una vez realizado el diseño se procedió a la adquisición del material necesario para su construcción. Algunos de los componentes fueron solicitados gratuitamente a sus fabricante, como muestras.
- **Construcción del variador:** La implementación física del dispositivo conllevó diferentes etapas, como se explica con mayor detalle más adelante. Básicamente se hicieron una primeras placas de pruebas para definir correctamente el diseño del circuito electrónico, el cual debía permitir reproducir las operaciones básicas de un variador de velocidad. Se desarrolló el código de programa del microcontrolador dotando al dispositivo de una funcionalidad similar a un variador de velocidad real. El último paso consistió en la creación de dos placas de circuito impreso, para la construcción final del prototipo, que permiten cumplir dos de los objetivos iniciales, por un lado el desarrollo de un dispositivo compacto, y por otro que éste pueda disponer de un interfaz con características similares al variador de velocidad tomado como referente.
- **Verificación experimental de su funcionamiento:** El variador de velocidad que se diseñó se caracteriza por tener un conjunto de parámetros que permiten definir sus modos de funcionamiento. Por ello, para la verificación del correcto funcionamiento del mismo se debían probar todos los parámetros individualmente. El efecto que causa la variación de estos parámetros se puede comprobar observando el comportamiento del motor, tanto en su puesta en marcha como en su parada, funciones que se pueden realizar de diferentes maneras, por ejemplo desde la botonera del variador o desde un autómata programable. Es más, el modo en el que se va a realizar esta puesta en marcha o parada del motor debe ser fijado en algunos de los mencionados parámetros. Por esto se diseñó una batería de pruebas que permitiera comprobar el correcto efecto causado por cada parámetro, y fue aplicada reiteradamente hasta que no se detectó ningún error respecto del funcionamiento esperado.

Para estas pruebas iniciales de funcionamiento de los parámetros, se empleó un motor de corriente continua con un disco alojado en su eje que llevaba serigrafiadas unas marcas de colores que permitían apreciar diferen-



cias de velocidad de giro y de sentido de rotación (Fig. I).

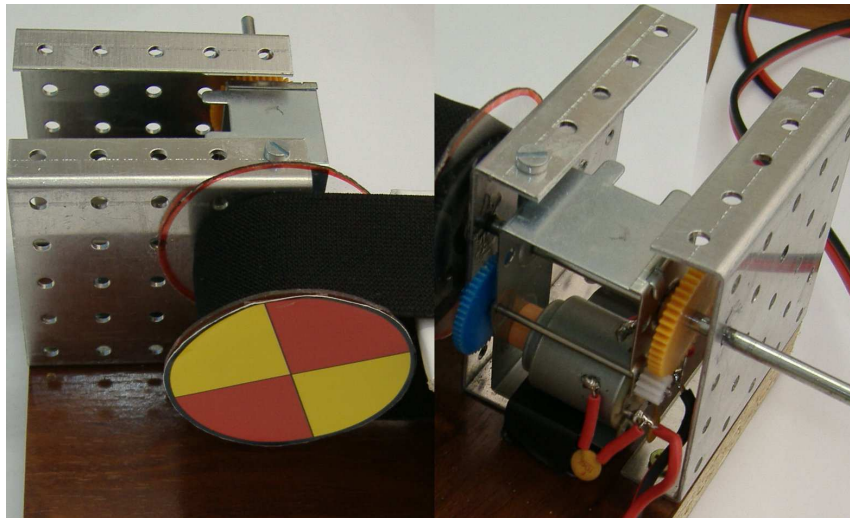


Figura I. Motor de corriente continua

Puesto que se trataba de diseñar un equipo electrónico para el desarrollo del mismo se emplearon ciertos componentes comunes a cualquier dispositivo electrónico, como son las placas de circuito impreso, resistencias, condensadores y demás componentes básicos, así como una carcasa para albergar toda la electrónica del dispositivo. Además de estos, según la funcionalidad que debía implementar el dispositivo, se utilizaron otros componentes no tan básicos como es el caso de microcontroladores (como elemento principal), transistores de efecto campo (para controlar la corriente del motor) y bornes de conexión específicos comúnmente empleados en este tipo de dispositivos.

En cuanto a la metodología de desarrollo aplicada conviene mencionar que no se introdujo ninguna novedad respecto a cómo debe hacerse el desarrollo de un equipo electrónico (Luna, 1998, 18-36). Es más, tal vez se omitieron algunas facetas pues no se estaba desarrollando un producto de consumo, sino solamente un dispositivo experimental para su uso restringido en los laboratorios de la escuela.



Entre las fases de este proceso de diseño y construcción se pueden resaltar las siguientes:

- Diseño a nivel de esquemático. Se hizo una búsqueda entre circuitos ya conocidos creados por otros autores, con objeto de reducir el tiempo dedicado a esta fase, pues no se estaba buscando un diseño nuevo, sino realizar algo que es habitual en el tema de la variación de velocidad de motores. Para esto se utilizaron diferentes fuentes bibliográficas, así como informaciones obtenidas a través de internet. El resultado de esta búsqueda permitió diseñar en relativamente poco tiempo un circuito que podía realizar todas las funciones que se deseaban, desde el punto de vista físico.
- Pruebas en placas de prototipos (protoboard). Para la verificación del funcionamiento del circuito diseñado, se comenzó comprobando el funcionamiento de los diferentes bloques que lo constituyen, de forma individual, para pasar posteriormente al montaje completo. Todo esto desde el punto de vista físico o de hardware. Para algunas de estas primeras pruebas de los elementos individuales fue necesario realizar pequeños programas para alojar en la memoria del microcontrolador. Estos pequeños programas o rutinas fueron posteriormente empleados en el desarrollo del código final. (Fig. II)

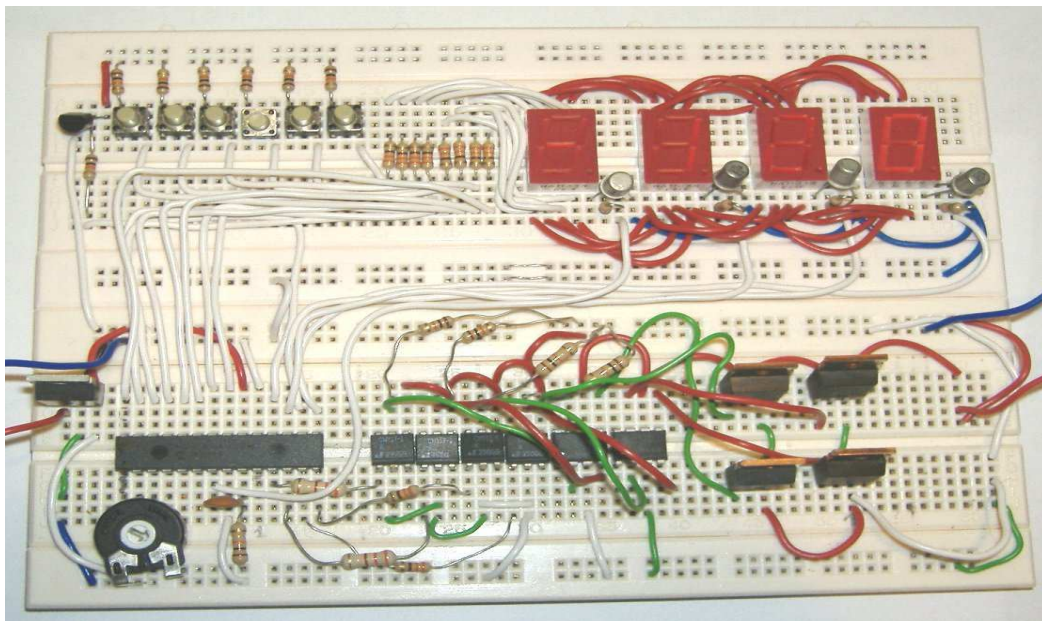


Figura II. Placa de prototipos

- Pruebas en placa pretaladrada. En este tipo de placa los componentes electrónicos se sueldan a la placa, a diferencia de las placas de prototipos, en las que sólo se insertan (Fig. III). Esto permite eliminar posibles anomalías de funcionamiento debidas a desconexión accidental de componentes y/o cableado. Se fueron creando algoritmos para que el dispositivo a construir estuviera dotado de todas las funciones planteadas en un principio. Los algoritmos creados, se iban probando en el circuito y optimizando, hasta que el resultado de operación fuese suficientemente aceptable. Una vez creado el código de cada uno de los procesos a realizar, se unieron todos los algoritmos en un único programa.

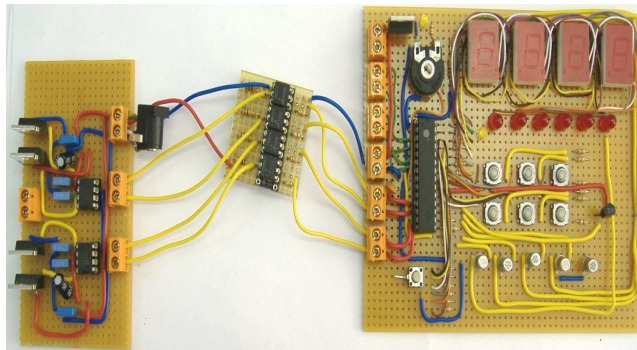


Figura III. Placa pretaladrada

- Diseño y elaboración de las placas de circuito impreso. Al llegar a esta etapa del desarrollo de la construcción del variador se tenía la certeza de que el circuito diseñado tenía un funcionamiento satisfactorio y el dispositivo sería capaz de realizar todas las funciones propuestas gracias al código de programa creado. Así pues se procedió al diseño de las placas de circuito impreso utilizando para ello el software de diseño disponible en el departamento. Y para la realización física de las placas se empleó una máquina para la obtención de circuitos impresos para prototipos mediante el método de grabado mecánico, también disponible en el departamento. Esta técnica elimina el uso de productos químicos peligrosos y permite, además, realizar cortes internos y externos al circuito impreso (PCBHome (2004). Fabricación de circuitos impresos por grabado mecánico (en línea). PCBHome, <http://www.pcbhome.com/grabado-mecanico.htm>). Sin embargo, también se podrían haber obtenido las placas de circuito impreso por métodos químicos o tradicionales. Una vez que fueron creadas las placas se continuó con el proceso de soldadura de los diferentes componentes que las integran (Fig. IV).

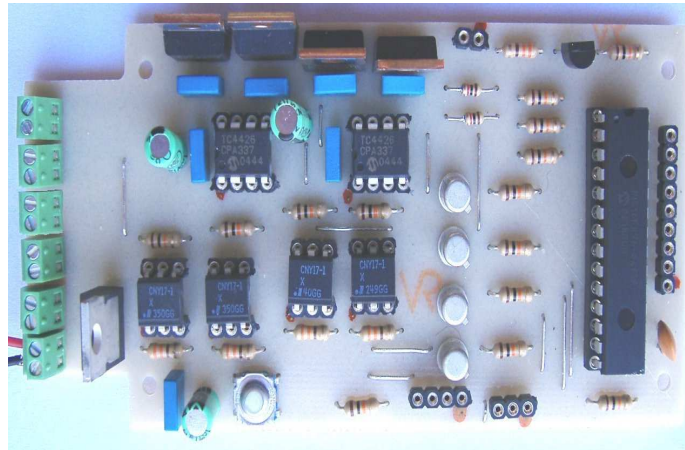


Figura IV. Placa con componentes soldados

- Montaje y verificación final. En esta fase se procedió a la unión eléctrica de las placas ya preparadas, integrándolas además en la carcasa del dispositivo, la cual había sido previamente mecanizada. A esta carcasa se le colocó una carátula como se puede ver en la figura V. Una vez concluido el montaje se procedió a aplicar la misma batería de pruebas que se mencionó anteriormente, obteniendo resultados plenamente satisfactorios. Tan sólo se necesitaron algunas pequeñas correcciones en el programa del microcontrolador de algunos aspectos que no se detectaron en las fases previas.



Figura V. Dispositivo terminado

### 3. RESULTADOS

Una vez concluidos los procesos de diseño y construcción se dispone de un primer prototipo plenamente funcional que satisface todos los requerimientos que se le pedían. Así, el dispositivo creado es un variador de velocidad para pequeños motores de corriente continua, que presenta un aspecto similar al de los variadores de velocidad utilizados en la industria para el control de motores de corriente alterna. En cuanto a su funcionamiento hay que mencionar que se cuidó el diseño del mismo para que fuera lo más parecido posible al de los dispositivos industriales ya mencionados, por lo que su uso prácticamente no difiere de unos respecto a los otros.

muestras gratuitas de sus componentes, al menos los más novedosos, se aprovechó esta facilidad para reducir el coste del diseño. Es más, algunos de estos fabricantes imponen una limitación en el número de unidades que suministran de muestra, pero no pasa así con el número de veces que se puede pedir a lo largo del tiempo, por lo que con una adecuada previsión es posible hacer acopio de la cantidad necesaria para equipar un laboratorio completo con el dispositivo que se describe en este artículo.

El variador de velocidad desarrollado se concibió para ser utilizado en maquetas de procesos industriales en las que existieran pequeños motores de corriente continua y que se necesitara la capacidad de variar su velocidad, sentido de giro, puesta en marcha y parada, etc. Todo esto de un modo lo más parecido posible a como se hace a nivel industrial. Esto se ha logrado y se ha creado una primera maqueta de una cinta transportadora en la cual se puede experimentar, entre otras cosas, la diferencia que puede existir entre una puesta en marcha brusca o con rampa de aceleración suavizando de este modo el arranque.

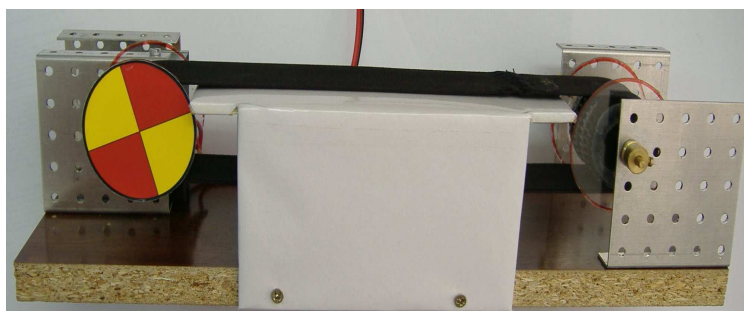


Figura VI. Maqueta de cinta transportadora

La justificación de en qué medida afecta este desarrollo a la mejora de la calidad de la docencia en asignaturas de tipo tecnológico se encuentra en el ahorro económico que puede suponer la dotación de un laboratorio con varios puestos. En muchos casos este ahorro es el que marcará la diferencia entre poder dotar todos los puestos de laboratorio con este tipo de dispositivos, o no hacerlo. Además el hecho de incorporarlos a maquetas típicas de procesos industriales permite al alumno adquirir una visión de conjunto de los mismos mucho más próxima a la realidad (Fig. VI).



Otro aspecto que también contribuye en cierta medida a la mejora de la calidad de la docencia práctica es el hecho de que con este dispositivo y sus motores asociados se trabaja con señales de bajo nivel de corriente con-

tinua, lo que conlleva una mayor seguridad en los laboratorios, frente a la necesidad de trabajar con señales de corriente alterna que impone el uso de dispositivos industriales.

## 4. CONCLUSIÓN

A la vista de los resultados obtenidos a lo largo del trabajo realizado se puede comparar el dispositivo realizado con el real en el cual se ha basado su desarrollo y verificar que las funciones que realiza el prototipo y el dispositivo real, así como el modo de utilizarlos son muy similares. Así pues, desde un punto de vista docente sería igualmente válido trabajar con un dispositivo u otro, ya que lo que se persigue es enseñar la filosofía de trabajo de este tipo de dispositivos para realizar el control de velocidad de motores eléctricos.

La documentación que se generó con la realización de este primer prototipo es una buena fuente de referencia, desde el punto de vista didáctico, para el desarrollo de otros dispositivos electrónicos (Moreno, 2006).

El coste que supone reproducir este primer prototipo es sensiblemente menor que el que conllevaría el uso de dispositivos industriales. Por tanto, queda patente la utilidad de abordar otros proyectos de naturaleza similar al que se describe en este artículo.

## 5. REFERENCIAS

GONZÁLEZ REDONDO, M. J., et alii. (2002). Alternativas en la docencia con autómatas programables Omron. XII Reunión de Grupos de Investigación de Ingeniería Eléctrica. Córdoba.

GONZÁLEZ REDONDO, M. J.. (2003). Construcción y puesta en funcionamiento de una maqueta de proceso industrial tipo para las prácticas de la asignatura Automatización Industrial. Proyectos de Innovación y Mejora de la Calidad Docente. Memorias 3ª convocatoria 2001-2002. Córdoba, pp. 281-285

LUNA RODRIGUEZ, J. J.. et alii. (1998). "Diseño de equipos electrónicos. Una metodología finalista que incluya la síntesis de sistemas complejos". Congreso internacional de ingeniería de proyectos. Córdoba, pp. 18-36.

MORENO GARCÍA, I. M. (2006). Diseño y construcción de un variador de velocidad para pequeños motores de corriente continua. Córdoba



