

EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE EN ELECTRÓNICA MEDIANTE PRUEBAS CONSISTENTES EN ÍTEMS DE ELECCIÓN MÚLTIPLE

J. ACERO, J.I. ARTIGAS

¹*Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones. Centro Politécnico Superior
Universidad de Zaragoza. España.
jacero@unizar.es*

Las estrategias de evaluación basadas en pruebas con ítems de elección múltiple han sido tradicionalmente utilizadas en áreas de conocimiento biomédicas, es bien conocida su aplicación en algunas de sus pruebas más representativas (como el MIR), sin embargo este tipo de pruebas es prácticamente inexistente en la enseñanza de materias tecnológicas. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de este tipo de evaluación a la enseñanza de electrónica, concretamente en la asignatura Sistemas Electrónicos, troncal de segundo ciclo de la titulación de Ingeniero Industrial.

1. Introducción

Un elemento clave en el diseño de la evaluación es la selección y elaboración de los procedimientos e instrumentos de recogida de la información que permitan tomar decisiones sobre el plan de la asignatura, los recursos docentes y los propios alumnos. En principio todos los procedimientos e instrumentos tienen cabida, pero cada uno está orientado preferentemente hacia un objetivo docente [1]. Concretamente las pruebas consistentes en cuestiones de elección múltiple son de gran utilidad para todo tipo de evaluación en la que se pretende medir el nivel de comprensión [2], matizando por tanto la creencia extendida de que sirven para evaluar un aprendizaje puramente memorístico. Estas pruebas tienen buenas características métricas si están bien construidas, lo que obviamente no es fácil. Los ítems de elección múltiple exigen a quien los elabora un mayor esfuerzo que aquellos más abiertos que sólo plantean la pregunta, aunque hoy por hoy tienen la ventaja de una evaluación más fiable [3], por ello resultan un recurso adecuado para evaluar asignaturas con numeroso alumnado, como las troncales de una determinada titulación. Con ítems de elección múltiple adecuadamente construidos resulta posible evaluar tareas cognitivamente complejas [4]. Además, dado que estas pruebas constan de un número de cuestiones mayor que los exámenes tradicionales, tienen por tanto el potencial de abarcar un mayor número de contenidos de la asignatura, más allá de la selección al azar de unos cuantos elementos del programa.

A continuación se presenta el diseño de los ítems para pruebas de elección múltiple en el ámbito de la electrónica, concretamente para la asignatura Sistemas Electrónicos, troncal de segundo ciclo de la titulación de Ingeniero Industrial. Tras el diseño de los ítems se mostrará un ejemplo de aplicación así como algunas cuestiones relativas a la puesta en práctica de las pruebas, realización, corrección, etc. Posteriormente se presentarán los resultados de la evaluación obtenida por parte de los alumnos y algunos índices habitualmente utilizados para evaluar la idoneidad de los ítems planteados. Por último se analizan los resultados obtenidos en dos cursos consecutivos en los que se aplicó este tipo de evaluación tomando el conjunto de alumnos y comparando las calificaciones en función de la preparación o no de estas pruebas. Finalmente se extraen una serie de consecuencias de este estudio.

2. Aplicación de pruebas de elección múltiple en Sistemas Electrónicos

2.1. Diseño de las cuestiones

Existen una serie de directrices de carácter general a la hora de diseñar los ítems para pruebas de elección múltiple. En primer lugar existen recomendaciones orientadas a la redacción del encabezado de las preguntas, como por ejemplo [5]:

- El encabezado debe formular claramente un problema.
- El encabezado debe tener solamente la información necesaria.
- Se debe utilizar lo menos posible la negación en el encabezado.
- Se debe asegurar que sólo existe una respuesta correcta (o al menos una respuesta mejor que las otras).

En segundo lugar es recomendable que las opciones cumplan una serie de características:

- Se debe asegurar que las respuestas equivocadas (distractores) sean plausibles, de esta forma se pueda evaluar que el aprendizaje de la materia ha sido adecuado. Una fuente de distractores plausibles son los errores frecuentes que, por experiencia, se haya observado que se repiten sistemáticamente en los exámenes de la asignatura.
- Se deberán evitar indicaciones sobre la respuesta correcta.
- Las distintas opciones del ítem deben ser autónomas entre sí, sin solaparse y sin referirse unas a otras pues ello introduce dificultades o facilidades indebidas.
- Se evitarán las opciones “ninguna de las anteriores” y “todas las anteriores”.

A la hora de concretar las preguntas es conveniente repartir entre ellas la evaluación de las competencias que se pretenden conseguir para una determinada asignatura. Acudiendo a la taxonomía de Bloom se puede distinguir entre cuestiones para evaluar conocimientos, comprensión, análisis y aplicación. Es conveniente destacar que con pruebas de este tipo es relativamente fácil medir con precisión los niveles cognitivos básicos, sin embargo resulta muy difícil diseñar cuestiones de elección múltiple para medir los niveles superiores, como los de síntesis y evaluación. Para éstos son más adecuados los problemas tradicionales.

2.2. Baremación de las cuestiones

Uno de los problemas que presentan este tipo de pruebas es el llamado *efecto del azar* [2], que se refiere a aciertos espurios que pueden darse al contestar ítems aun desconociendo la respuesta. Para evitar este efecto el sistema de puntuación empleado es el siguiente:

$$Puntuación = n^{\circ} \text{aciertos} - \frac{n^{\circ} \text{errores}}{n^{\circ} \text{alternativas} - 1} \quad (1)$$

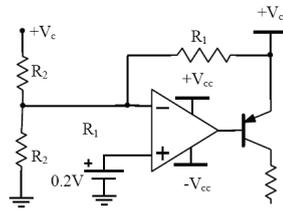
es decir, en ítems con 4 alternativas, cada respuesta incorrecta restaría 1/3 de punto.

2.3. Ejemplo de aplicación

Desde hace unos años se vienen aplicando este tipo de pruebas a la evaluación de la asignatura *Sistemas Electrónicos*, asignatura troncal de segundo ciclo y por tanto común en los planes de estudios de la titulación *Ingeniero Industrial* [6]. Los descriptores de la asignatura indican *componentes y sistemas electrónicos*; los contenidos son, por tanto, muy amplios abarcándose temas tanto de analógica como de digital y en menor medida de potencia. La asignatura es de 4.5 créditos de carácter cuatrimestral y se

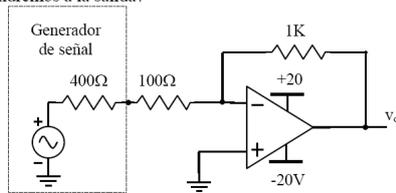
Cada respuesta incorrecta penaliza 1/3 del valor de una pregunta.

- 1.- En el circuito de la figura, la realimentación global:
- Es negativa
 - Es positiva
 - No existe
 - Depende del valor de las resistencias

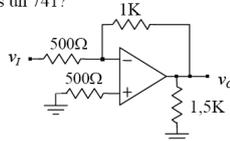


- 2.- Se desea amplificar la señal procedente de una galga (sensor de peso) para construir una balanza electrónica destinada a pesar vehículos en la ITV. Para conseguir una buena precisión en el peso seleccionaríamos un AO preferiblemente con:
- Niveles de alimentación muy elevados
 - Frecuencia de transición pequeña
 - Bajo *offset* en las entradas
 - Elevado *slew rate*

- 3.- En el laboratorio ajustamos el pico de la señal del generador a 2 V y posteriormente a la introducimos a la entrada del amplificador de la figura de ganancia $A_v = -10$. Suponiendo que el amplificador es un AO 741, ¿qué tensión de pico obtendremos a la salida?
- 18V
 - 2V
 - 15V
 - 4V



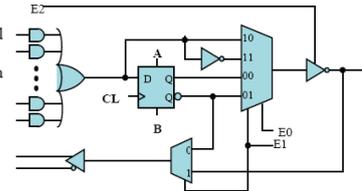
- 4.- ¿Cuánto valdrá la máxima frecuencia para una salida senoidal sin distorsión de 2V de amplitud, si el AO de la figura es un 741?
- 1 MHz
 - 500 kHz
 - 20 kHz
 - 5 kHz



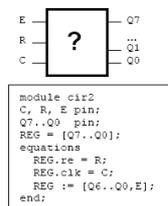
(a)

- 1.- Se desea realizar un display BCD con una SPLD 22V10 en la que se utilizan 15 entradas. ¿De cuantos dígitos completos podremos disponer?
- 1
 - 2
 - 4
 - 6

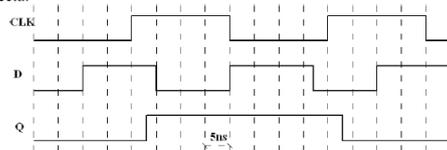
- 2.- Si en la macrocelda de la figura las señales de control son $E0=0$, $E1=0$ y $E2=1$, el pin de entrada/salida está configurado como
- Entrada
 - Salida registrada negada
 - Salida combinacional activa en bajo
 - Salida registrada sin negar



- 3.- ¿Cómo se denomina el bloque representado en el esquema cuya descripción en ABEL se adjunta?
- Registro de desplazamiento paralelo a paralelo.
 - Registro de desplazamiento paralelo a serie.
 - Registro de desplazamiento serie a serie.
 - Registro de desplazamiento serie a paralelo.



- 4.- Un biestable D sincrono tiene $T_{setup} = 6ns$ y $T_{hold} = 0ns$ y los valores máximos para T_{pLH} y T_{pHL} son de 6ns. Dado el siguiente cronograma indique la respuesta correcta:



- El cronograma es correcto
- Hay posibilidad de metaestabilidad pues no se cumple el tiempo de hold
- Hay posibilidad de metaestabilidad pues no se cumple el tiempo de setup
- El cronograma es incorrecto, la salida no cumple los tiempos de propagación

(b)

Figura 1. Ejemplos de ítems de elección múltiple aplicados a la asignatura Sistemas Electrónicos. (a) Bloque de analógica, (b) bloque de digital.

imparte de forma conjunta y coordinada con Laboratorio de Electrónica, que aporta el tiempo de laboratorio necesario para la experimentación práctica de los conocimientos teóricos.

Las pruebas de selección múltiple aplicadas a esta asignatura son opcionales y no excluyentes respecto del examen final. Se realizan dos pruebas intermedias durante el cuatrimestre, correspondientes a los bloques de analógica y digital, y sirven fundamentalmente para que aquellos alumnos que lo deseen puedan evaluar su trabajo personal sobre la asignatura a lo largo del cuatrimestre. Además, sirven para subir la nota del examen final en caso de haber obtenido en las pruebas intermedias mejores calificaciones que en la parte de teoría del final. Cada prueba consta de 18 ítems (con cuatro alternativas cada uno) y está diseñada para ser resuelta en 45 minutos, es decir, dos minutos y medio por cuestión. En la Fig. 1 aparece una selección de ítems de las pruebas realizadas en el curso 2006/2007 tanto del bloque de analógica como del de digital.

Bloque de analógica		Bloque de digital	
1-a	Comprensión	1-a	Comprensión-Análisis
2-c	Aplicación	2-b	Conocimiento
3-d	Comprensión	3-d	Análisis
4-c	Análisis	4-c	Comprensión

Tabla 1. Soluciones y competencias medidas en el ejemplo anterior.

La preparación de estas pruebas requiere más tiempo que las pruebas tradicionales basadas en problemas. Así en base a la experiencia de estos años se puede estimar que estas pruebas requieren en general más del doble de tiempo de preparación que las tradicionales. Las pruebas se realizan sobre papel pautado, como el que se utiliza en las encuestas de evaluación de la docencia, de forma que la corrección se lleva a cabo automáticamente mediante una máquina lectora. De esta forma el tiempo de corrección es sustancialmente menor al que conllevan las pruebas tradicionales, la probabilidad de errores de corrección es prácticamente cero, se minimiza el sesgo que puede introducir el corrector y, además, se puede obtener más fácilmente información estadística sobre el resultado de la prueba. Por razones de disponibilidad de aulas, dado que las pruebas se realizan fuera del calendario de exámenes, se confeccionan cuatro pruebas diferentes (plantillas A, B, C y D) con los 18 ítems variando su orden, lo cual permite que los alumnos realicen la prueba en las mismas aulas donde se imparte la docencia disminuyendo la posibilidad de copia entre ellos.

La prueba correspondiente al bloque de analógica se realiza aproximadamente un mes y medio antes que la prueba de digital. Esto suele provocar que al examen de digital se presenten menos alumnos que al de analógica que, sin embargo, obtienen mejores resultados porcentuales en número de aprobados.

2.4. Soluciones y competencias medidas con las cuestiones de selección múltiple

En la Tabla 1 se presentan los resultados de los ítems planteados así como las competencias que miden, dentro de la taxonomía de Bloom anteriormente mencionada. Al examinar los ítems puede observarse que no existe una distinción perfectamente clara entre los que miden unas competencias u otras, no obstante se ha asumido que las cuestiones en las que hay que resolver el circuito planteado o implican describir un diseño digital son consideradas como ítems de análisis.

3. Resultados

Existen varias posibilidades de presentar los resultados obtenidos con este tipo de pruebas, cada una de ellas orientada a analizar distintos aspectos. Así, en la Tabla 2 se presentan los alumnos aprobados en las pruebas realizadas durante el cuatrimestre de otoño del curso 2006/2007. En esta Tabla se observa el hecho anteriormente comentado relativo a la diferencia de alumnos presentados a uno u otro bloque.

	Bloque de analógica	Bloque de digital
Nº de alumnos	111	86
Nº aprobados	34	55
% aprobados	30,6%	64%

Tabla 2. Resultados de las pruebas de selección múltiple realizadas en el curso 2006/2007.

Ítem	Bloque de analógica				Bloque de digital			
	1	2	3	4	1	2	3	4
IF _{ítem}	62%	52%	28%	36%	65%	72%	71%	71%
ID _{ítem}	22%	16%	38%	46%	54%	50%	36%	50%

Tabla 3. Índices de facilidad y discriminación relativos a los ítems puestos como ejemplos.

Existen otros índices orientados a medir determinados aspectos concretos de los ítems [2]. El *índice de facilidad* de un ítem se define como:

$$IF_{\text{ítem}} = \frac{\text{n}^\circ \text{ respuestas correctas}}{\text{n}^\circ \text{ respuestas totales}} \times 100 \quad (2)$$

Este índice da idea del grado de dificultad de un determinado ítem. Por otro lado se define el *índice de discriminación* de un determinado ítem como

$$ID_{\text{ítem}} = \frac{A_{\text{ítem}}^{\text{sup}} - A_{\text{ítem}}^{\text{inf}}}{\frac{1}{3} \text{muestra}} \times 100 \quad (3)$$

donde $A_{\text{ítem}}^{\text{sup}}$ es, dado un ítem, el número de aciertos de los alumnos cuyas notas están en el primer tercio de la muestra. Por otra parte $A_{\text{ítem}}^{\text{inf}}$ es, para el mismo ítem, el número de aciertos de los alumnos cuyas notas están situadas en el último tercio de la muestra. De esta forma $ID_{\text{ítem}}$ da idea de si un determinado ítem está lo suficientemente bien planteado como para discriminar a los alumnos que mejor han preparado lo prueba de los que no. Normalmente se considera que un buen ítem debería tener un índice de discriminación superior al 50%.

En la Tabla 3 se presentan los índices de facilidad y discriminación obtenidos para los ítems de la Fig.1. En primer lugar se observa una correlación clara entre los IF de estos ítems y los resultados de las pruebas mostrados en la Tabla 2. Por ejemplo para los ítems del bloque de digital se han obtenido unos IF similares al porcentaje de aprobados en el conjunto de la prueba. Hay que destacar que el ítem con menor IF corresponde precisamente a un caso en el que se pide relacionar aspectos prácticos, de laboratorio, con los teóricos.

Por otro lado, los bajos índices de discriminación obtenidos para los ítems del bloque de analógica indican que éstos no son adecuados para discriminar los alumnos con mejores calificaciones, es decir, estos ítems los aciertan tanto alumnos con altas como con bajas calificaciones, con lo que puede pensarse en cierto azar. Respecto a los ítems del bloque de digital, los ID obtenidos indican que, en general, los ítems estarían bien planteados. Es de destacar, además, que el ítem con menor IF es el único orientado a aplicación (ver Tabla 1), es decir, el único en el que se pide a los alumnos que apliquen sus conocimientos a un diseño concreto.

Además de los resultados sobre las calificaciones de los test que se acaban de presentar, resulta muy útil medir el efecto de estas pruebas sobre los resultados globales de la asignatura. Para ello en la Tabla 4 se muestran los resultados de los exámenes regulares utilizados para la evaluación de la asignatura

	Curso 2005-2006	Curso 2006-2007
Alumnos matriculados	266	231
Alumnos con algún test hecho	162	118
Alumnos con algún test hecho y presentados a examen (1ª convocatoria)	132	101
Alumnos con algún test hecho y aprobados (1ª convocatoria)	100	96
Alumnos ningún test hecho y presentados a examen (1ª convocatoria)	45	30
Alumnos ningún test hecho y aprobados (1ª convocatoria)	21	22

Tabla 4. Resultados globales de la asignatura (número de alumnos).

Sistemas Electrónicos relacionándolos con el número de alumnos que han hecho uso de los test de evaluación. En esta Tabla se presentan los resultados de dos cursos consecutivos, además sólo se ha tenido en cuenta la primera convocatoria de las dos existentes, puesto que al ser más cercana en el tiempo a las pruebas de test (se trata de una asignatura que se cursa en el cuatrimestre de otoño cuya segunda convocatoria se realiza en junio) sirve para medir mejor su efecto.

A la vista de los resultados de la Tabla 4 se observa que la mayoría de alumnos que se presentan a la primera convocatoria han realizados alguno de los test parciales. Por tanto se puede afirmar que los alumnos que preparan estas pruebas en última instancia consiguen llevar un estudio continuado y regular de la asignatura, que suele dar lugar a un satisfactorio resultado final. También se observa que son pocos los alumnos que, dada la oportunidad de las pruebas parciales, optan por el método tradicional de preparar la asignatura abordando su estudio al final del cuatrimestre.

4. Conclusiones

En este trabajo se ha presentado la aplicación de las pruebas de evaluación consistentes en ítems de elección múltiple a la disciplina electrónica en doble vertiente, tanto electrónica analógica como digital. Las pruebas están concebidas como pruebas parciales a lo largo de un cuatrimestre y no substituyen al examen final.

Este tipo de pruebas permite medir con fiabilidad el nivel de conocimientos de la materia siempre y cuando estén bien construidas. De forma general la preparación de una prueba con ítems requiere más del doble de tiempo que las pruebas tradicionales basadas en problemas, sin embargo el tiempo de corrección es mucho menor. A la vista de los indicadores obtenidos para los ítems presentados en este trabajo, se ha detectado que éstos no permiten una discriminación óptima entre los alumnos que mejores y peores calificaciones obtienen, lo que indica que deberían ser mejorados. Esta mejora tendrá como base la experiencia que se vaya acumulando en las sucesivas aplicaciones de estas pruebas. Otro hecho significativo, no achacable al tipo de prueba sino a su realización de forma parcial en un cuatrimestre, es que se ha comprobado que numerosos alumnos utilizan estos parciales para llevar al día el estudio de la materia.

Referencias

- [1] J.M. de Ketele, X. Roegiers, *Metodología para la recogida de información*, La Muralla, Madrid (1995).
- [2] T.D. Tenbrink, *Evaluación. Guía práctica para profesores*, Narcea, Madrid (2006).
- [3] R. Moreno, R.J. Martínez y J. Muñiz, *Directrices para la construcción de ítems de elección múltiple*. *Psicothema*. Nº 3, 490-497 (2004).
- [4] T.M. Haladyna, *Developing and validating multiple-choice test items*, LEA, Hillsdale NJ (1994).
- [5] T. Escudero, *Evaluación de los aprendizajes en la Universidad*, Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad de Zaragoza, Zaragoza (2006).
- [6] Ministerio de Educación y Ciencia: Secretaría General del Consejo de Coordinación Universitaria. *Catálogo oficial de títulos: directrices generales*. En <http://www.mecd.es>.