LUCKESI, Cipriano Carlos (1996). *Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições*. 4. ed. São Paulo: Cortez.

MOURA, Henrique Dante (2008). A formação de docentes para a educação profissional e tecnológica. *Revista Brasileira de Educação Profissional e Tecnológica*. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. V.1, N.1, (jun. – Brasília: MEC, SETEC. Anual.

OLIVEIRA, Gerson Pastre de (s/d). Avaliação Formativa nos Cursos Superiores: verificações qualitativas no processo de ensino-aprendizagem e a autonomia dos educandos. Revista Iberoamericana de Edicación.

PACHECO, José Augusto. Competências curriculares: as práticas ocultas nos discursos das reformas. www.anped.org.br/reunioes/24/ts2.doc. visitado no dia 29/04/2012.

ROMÃO, José Eustáquio (s/d). *Avaliação: exclusão ou inclusão*. EcooS Rev. Científica, UNINOVE, São Paulo (n.1, v.4): 43-59.

SANTOS, Eduardo e JARDINO, José Rubens (s/d). Sociedade em Mudança e Cultura Avaliativa. EccoS Rev. Cient. – UNINOVE, São Paulo: (n.1, v.4) : 1-13.

SILVA, Tomaz Tadeu da (1999). *Documentos de Identidade: uma introdução às teorias do currículo*. Belo Horizonte: Autêntica.

VILLAS BOAS; FREITAS, Benigna Maria (2004). *Portfólio, avaliação e trabalho pedagógico*. Campinas: Papirus. (Colegas Magistério: Formação e Trabalho Pedagógico).

4.27.

Título:

Evaluación de conocimientos previos de matemáticas en estudiantes de nuevo ingreso, en grados en Ingeniería de la Universidad de Salamanca (España)

Autor/a (es/as):

Isidro, Susana Nieto [Universidad de Salamanca]

Conde, Maria José Rodriguez [Universidad de Salamanca]

Abad, Fernando Martínez [Universidad de Salamanca]

Resumo:

Problemática:

La actual legislación española sobre Acceso a la Universidad está propiciando la entrada en la Universidad de Salamanca de estudiantes de muy diversa procedencia. A los primeros cursos de los Grados de Ingeniería pueden acceder alumnos procedentes de los Ciclos Profesionales (Formación Profesional), alumnos de Bachillerado que no se han examinado de los contenidos de Matemáticas en las Pruebas de Acceso a la Universidad e incluso alumnos de Bachillerato que no han llegado a cursar este tipo de asignaturas, por ejemplo, los procedentes de dos especialidades de este nivel (Bachillerato de Humanidades y Ciencias Sociales). Así, el grado de conocimientos matemáticos previos en los primeros cursos universitarios es muy diferente para un alto porcentaje de los estudiantes, que en algunas titulaciones está cercano al 40% de los estudiantes. En el caso de los Grados en Ingeniería, esta situación es especialmente preocupante, pues es necesario poseer una sólida base de conocimientos matemáticos (adquiridos previamente a la Universidad) para afrontar con éxito el aprendizaje de competencias específicas de estas titulaciones.

Metodología:

El objetivo de este trabajo es mostrar los resultados de una prueba específica de conocimientos previos de matemáticas realizada a más de 200 alumnos de primer curso de varias titulaciones de Grado en Ingeniería de la Universidad de Salamanca en el curso académico 2011-12. Esta prueba contiene tanto cuestiones tipo test (verdadero/falso) como cuestiones que implican un cierto desarrollo matemático. Los resultados obtenidos nos permitirán responder a dos cuestiones: por una parte, observar de qué manera el currículum previo de los estudiantes y su forma de acceso, puede influir en la adquisición de los conocimientos matemáticos presentes en estas titulaciones. Y, por otra parte, se pretende poder sistematizar la tipología de carencias y/o errores de aprendizaje matemáticos que son cometidos de forma reiterada por los alumnos, para así poder planificar una intervención educativa de la forma más eficaz posible.

Pertinencia y relevancia de la investigación:

Un correcto diagnóstico de la situación inicial de los alumnos de nuevo ingreso en la Universidad, permitirá conseguir varios objetivos:

Adecuar el proceso de enseñanza y aprendizaje de los conceptos matemáticos a distintos grupos de estudiantes según su nivel de conocimientos previos;

Aumentar la calidad de la evaluación de los aprendizajes en las asignaturas de matemáticas, al tener en cuenta el punto de partida de los estudiantes;

Recopilar información detallada para diseñar experiencias y/o material de refuerzo específico para los estudiantes que así lo requieran;

Corregir de forma eficaz los errores matemáticos concretos y las causas que los producen y así mejorar las tasas de éxito en estas materias.

Así, podemos encuadrar este estudio como una aportación al área de evaluación de los aprendizajes, incidiendo en la evaluación diagnóstica inicial de los estudiantes, que es fundamental para poder desarrollar de forma adecuada y eficaz nuestra labor docente en la Universidad.

Palavras-chave:

Test inicial, conocimientos previos, evaluación diagnóstica, evaluación formativa, errores.

Introducción:

La actual legislación española sobre Acceso a la Universidad está propiciando la entrada en la Universidad de Salamanca de estudiantes de muy diversa procedencia. A los primeros cursos de los Grados de Ingeniería pueden acceder alumnos procedentes de los Ciclos Profesionales de Grado Superior (Formación Profesional), alumnos de Bachillerato que pueden haberse examinado o no de contenidos de Matemáticas en las Pruebas de Acceso a la Universidad e incluso alumnos de Bachillerato que no han llegado a cursar asignaturas con contenidos de matemáticas científico-técnicas. Así, el grado de conocimientos matemáticos previos en los primeros cursos universitarios es muy diferente para un alto porcentaje de los estudiantes, que en algunas titulaciones está cercano al 40% de los alumnos de nuevo ingreso. En el caso de los Grados en Ingeniería, esta situación es especialmente preocupante, pues es necesario poseer una sólida base de conocimientos matemáticos (adquiridos previamente a la Universidad) para afrontar con éxito el aprendizaje de competencias específicas de estas titulaciones.

Sobre la necesidad que tienen los estudiantes de ingeniería de poseer una importante base de conocimientos matemáticos y sobre el papel de la formación en matemáticas de estos estudiantes, podemos citar el trabajo de la SEFI (*Societè Européenne pour la Formation des Ingenieurs*) y en particular de su Grupo de trabajo sobre Matemáticas (*MWG, Mathematic Working Group*) en su documento sobre el denominado "*core zero*", (Mustoe and Lawson ,2002). En este trabajo además, se muestran las consecuencias de una pobre formación en matemáticas para los estudiantes de ingeniería: mayor tiempo de estudio destinado a estudiar tópicos matemáticos básicos o a recibir ayuda externa en estas habilidades. Además, dado que las matemáticas son el corazón de los estudios de ingeniería, estas dificultades afectan también al resto de las asignaturas, pudiendo llegar a retrasar su aprendizaje de forma significativa (Bowen et al, 2007, Willcox y Bounova, 2004). Otros autores han resaltado el papel primordial de las matemáticas en la formación de ingenieros en muy diferentes ramas (por ejemplo Wood, 2008; Kent y Noos, 2003, Henderson, 1997, Otung, 2001).

Por este motivo, creemos que es fundamental realizar un diagnóstico inicial lo más exhaustivo posible de cuáles son los conocimientos básicos de los alumnos al comenzar los estudios universitarios en ingeniería. Este conocimiento será una herramienta de gran utilidad para el docente a la hora de diseñar los contenidos y la metodología de aprendizaje más adecuada en cada caso.

Objetivos:

El objetivo de este trabajo es mostrar los resultados de una prueba específica de conocimientos previos de matemáticas realizada a unos 200 alumnos de primer curso de varias titulaciones de Grado en Ingeniería de la Universidad de Salamanca en el actual curso académico 2011-12. Esta prueba, diseñada para analizar estos conocimientos, se ha realizado a partir de los temarios de matemáticas de la Enseñanza Secundaria Obligatoria (E.S.O) y del Bachillerato Científico- Tecnológico y a los contenidos incluidos en la Prueba de Acceso a la Universidad (P.A.U) vigentes en la actualidad. Se han tomado estos contenidos porque se corresponden a la formación deseable de los alumnos que acceden a los estudios de Ingeniería, aunque como veremos, hay un importante porcentaje de alumnos procedentes de otro tipo de estudios, como la Formación Profesional de Grado Superior.

Esta prueba contiene dos partes: la primera está formada por cuestiones tipo test con respuesta verdadero/falso, mientras que en la segunda parte se plantean cuestiones que implican un cierto desarrollo matemático, así como realización de gráficos, resolución de pequeños problemas, etc. Los resultados obtenidos nos permitirán responder a dos cuestiones: por una parte, observar de qué manera el currículum previo de los estudiantes y su forma de acceso a la Universidad pueden influir en la adquisición de los conocimientos matemáticos presentes en estas titulaciones. Y, por otra parte, se pretende poder sistematizar la tipología de carencias y/o errores de aprendizaje matemáticos que son cometidos de forma reiterada por los alumnos, para así poder planificar una intervención educativa de la forma más eficaz posible.

Así, un correcto diagnóstico de la situación inicial en conocimientos de habilidades matemáticas básicas de los alumnos de nuevo ingreso en la Universidad, permitiría conseguir varios objetivos:

- Adecuar el proceso de enseñanza y aprendizaje de los conceptos matemáticos a distintos grupos de estudiantes según su forma de acceso y estudios previos, que determinan *a priori* su nivel de conocimientos previos;
- Aumentar la calidad de la evaluación de los aprendizajes en las asignaturas de matemáticas, al tener en cuenta el punto de partida de los estudiantes;
- Recopilar información detallada para diseñar experiencias y/o material de refuerzo específico para los estudiantes que así lo requieran;
- Corregir de forma eficaz los errores matemáticos concretos y las causas que los producen y así mejorar las tasas de éxito en estas materias.

Metodología

La normativa de Acceso a la Universidad ha ido variando de forma perceptible en estos últimos años. Hasta septiembre de 2003, se mantuvo de forma uniforme una normativa que permitía el acceso a los estudios de Ingeniería de estudiantes procedentes del antiguo COU ordenados por nota de entrada. Dicha nota de entrada consistía en la media entre la nota media del Bachillerato y la nota obtenida en la denominada entonces Selectividad, una prueba de madurez y de conocimientos previa al ingreso en la Universidad, y compuesta de varias partes. Una de ellas era obligatoria y general para todos los alumnos (idioma, lengua española, comentario de texto) y otra se correspondía a las asignaturas propias de cada una de las especialidades de Bachillerato escogidas por los alumnos. En el caso de los estudiantes que optaban por estudios de ingeniería, lo más habitual es que procediesen de un Bachillerato de Ciencias, y por lo tanto debían realizar de manera obligatoria un examen de Matemáticas (y de Física, materia con la que está íntimamente relacionada a estos niveles). Los alumnos de Formación profesional entraban de forma limitada a un cupo concreto de plazas en los estudios que lo permitían, que eran solamente estudios correspondientes a las antiguas Ingenierías Técnicas (primer ciclo, duración de 3 años), sin acceso directo a las antiguas Ingenierías Superiores (con duración de 5 o 6 años).

Desde el año 2003 se sigue un modelo de vías o modalidades bastante más complicado modificado recientemente en el 2008 y en el 2010, y en el que pueden darse las siguientes situaciones:

- Un alumno no tiene por qué haber cursado en el Bachillerato la especialidad correspondiente al Bachillerato Científico- Técnico para poder cursar una ingeniería.
- Aun cursando la especialidad correspondiente, no tiene porqué examinarse en la P.A.U. de la asignatura de Matemáticas.

- Por otra parte, desde el año 2008 los alumnos pueden aumentar su nota examinándose de cuatro asignaturas optativas a escoger de entre las asignaturas correspondientes a las otras vías de Bachillerato. La nota total de la PAU en ese caso es de 14 puntos (frente a los 10 de la prueba previa).

Otro cambio notable está asociado al porcentaje de alumnos que pueden proceder de la Formación Profesional de Grado Superior: con los actuales estudios de Grado, han desaparecido las distinciones entre Ingenierías Técnicas e Ingenierías Superiores, de manera que pueden acceder a todos los estudios de ingeniería. Además, en lugar de un porcentaje, los alumnos de Formación Profesional entran al denominado "cupo general" de la misma manera que los alumnos de Bachillerato: y de la misma manera se les da la opción de aumentar su nota hasta los 14 puntos presentándose al examen de materias realizado por los alumnos de Bachillerato. Esto ha causado que en algunas titulaciones de Grado en Ingeniería (las más cercanas en contenidos a los Ciclos de Formación Profesional) el número de alumnos procedentes de estos Ciclos sea muy elevado. De hecho, alguna de las materias cursadas por los alumnos en sus estudios de Formación Profesional de Grado Superior son convalidables dentro de los estudios de Grado de la Universidad, como ocurre, por ejemplo, en la Universidad de Salamanca con los alumnos de las titulaciones de Ingeniería de Obras Públicas, Ingeniería en Topografía, etc.

Este cambio en las condiciones de entrada a la Universidad en los estudios de Grado en Ingeniería ha llevado en los últimos años a un descenso en las condiciones iniciales de los alumnos en los conocimientos de matemáticas. Por una parte, los alumnos de Ciclos Profesionales tienen una formación menor en matemáticas dentro de sus planes de estudio, que tienen una orientación mucho más práctica dirigida al mercado profesional. Y para los alumnos de Bachillerato, esta disciplina es considerada tradicionalmente como una asignatura compleja que presenta aspectos difíciles (Crawford et al, 1994), lo cual ha ocasionado que muchos estudiantes opten por no realizar el examen de matemáticas de la PAU, con el objeto de que "no les baje la nota" con la que acceden a los estudios superiores y que determina su entrada en el caso de titulaciones con plazas limitadas.

Esta percepción de "lo mal preparados" que están los alumnos de primeros cursos de ingeniería está bastante generalizada entre el profesorado y se ha convertido en un tópico en determinados ámbitos. En algunos casos, esta situación ha intentado ser paliada de forma institucional mediante la generación de los llamados "cursos cero", como es el caso de la Universidad de Salamanca, que ha impartido cursos de este estilo ya desde el curso 1998-1999 en diferentes centros. Sin embargo, esta solución no resulta ser la más adecuada, debido a los siguientes motivos:

- Su escasa duración (normalmente una semana, con dos o tres horas diarias, equivalente a 1 o 2 de los antiguos créditos LRU).
- Su carácter voluntario, puesto que además los alumnos deben abonar unas tasas para matricularse en dicho curso
- Su falta de especificidad en función de los conocimientos previos de los alumnos, puesto que éstos no eran separados por su titulación o formación de origen, sino que se impartía la misma materia para todos.
- El momento en el que se realizan, al comienzo del curso, en el que los alumnos todavía no son conscientes de cuáles pueden ser sus carencias o sus limitaciones a la hora de abordar los contenidos de las asignaturas de matemáticas presentes en la titulación.

Por eso, en este trabajo defendemos la necesidad de la realización de actuaciones mucho más concretas, destinadas a superar fallos particulares de un grupo o cohorte de estudiantes, y para ello estas carencias deben ser correctamente diagnosticadas. El primer paso para poder algún tipo de solución a esta situación pasa entonces por analizar de una manera objetiva y científica cuáles son las principales carencias de los alumnos que van a ser utilizadas en los temas que se impartirán en cada una de las asignaturas básicas. Solo así se podrá diseñar un plan de intervención que resulte adecuado a esta situación.

Datos de estudio

Los alumnos que han contestado el cuestionario son aproximadamente 193 alumnos del curso 2011-2012 que se han matriculado de las asignaturas de matemáticas de primer curso de las titulaciones de ingeniería que se imparten en la Escuela Politécnica Superior de Zamora, perteneciente a la Universidad de Salamanca. Son alumnos de las titulaciones de Grado en Ingeniería Mecánica, Grado en Ingeniería de la Edificación, Grado en Ingeniería Informática en Sistemas de Información y Grado en Ingeniería Civil. Los alumnos que acceden al primer curso de estas titulaciones tienen que cursar dos tipos de asignaturas, una con contenidos de Cálculo en una y varias variables, y otra con contenidos de Álgebra Lineal y Geometría. Por ello, se han diseñado dos versiones del cuestionario, una para cada tipo de asignatura. Para este estudio vamos a mostrar los resultados del test de Cálculo, que está formado por un total de 25 cuestiones, de las cuales 14 son cuestiones de verdadero /falso y 11 son cuestiones con un pequeño desarrollo. Estas últimas 11 cuestiones serán las que veremos con más detalle y contienen los siguientes ítems:

- Ítem 1 e ítem 2: Dos cuestiones de manejo de funciones racionales: una simplificación de factores comunes y una suma de tres funciones racionales.
- Ítems 3, 4 y 5: Tres representaciones gráficas aproximadas de funciones sencillas: la función seno, la función exponencial y la función logaritmo neperiano.
- Ítems 6, 7, y 8: Tres derivadas de funciones sencillas, en las que hay que aplicar la tabla de derivadas, la derivación de un producto y la derivación de un cociente, respectivamente.
- Ítems 9, 10 y 11: Tres integrales de funciones sencillas: una en la que hay que aplicar la tabla de integrales, otra de aplicación de la integración por partes, y otra en la que hay que utilizar un logaritmo neperiano.

Se han escogido estos ítems porque representan conocimientos básicos que muchas veces no son testados por los profesores de forma explícita pero que deberían de estar incorporados al conocimiento de los estudiantes. También los fallos en simplificaciones o en operaciones básicas (como sumar fracciones con distinto denominador) son una de las causas más comunes de fallos en los exámenes escritos realizados por los alumnos a lo largo de la asignatura.

Resultados

En la siguiente Tabla 1, mostramos los resultados en la resolución de estos ítems 1 y 2, destinados a realizar operaciones elementales de simplificación de funciones racionales, que ha sido una de las operaciones que se ha constatado que presenta dificultades para los alumnos. En el ítem 1 se trataba de factorizar y simplificar los factores comunes en numerador y denominador: en el ítem 2 se trataba de realizar un mínimo común múltiplo de varios binomios.

	(1) Simplificar al máximo la expresión [(x^2-1)(x-2)]/[(x+1)(x^2-4)]			**(2) Simplificar al máximo la expresión 1/(x+2)+(2-x)/(x^2-4)+1/(x-2)**		
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
Válidos Error	39	20,2%	23,6%	77	39,9%	50,3%
Acierto	126	65,3%	76,4%	76	39,4%	49,7%
Total	165	85,5%	100,0%	153	79,3%	100,0%
Perdidos	28	14,5%		40	20,7%	
Total	193	100,0%		193	100,0%	

Tabla 1: resultados del análisis de los ítems 1 y 2.

A partir de esta tabla 1, podemos ver como en el caso de ítem 1, un total de 126 alumnos (un 76,4% de los alumnos que responden) lo han hecho de forma correcta, si bien ese porcentaje pasa a ser un 65,3% de todos los alumnos evaluados. Más de un tercio de los alumnos (34,7%) la han contestado incorrectamente o la han dejado en blanco. Los resultados empeoran para el ítem 2: sólo un 39,4% de los alumnos evaluados la han contestado correctamente, siendo superior el porcentaje de alumnos que no ha han sabido contestar o que la han dejado en blanco (60,6%).

Veamos el resultado de los ítems relacionados con la representación gráfica de funciones elementales: se trata de la función seno (ítem 3), la exponencial (ítem 4) y el logaritmo neperiano (ítem 5), que se muestran en la Tabla 2, respectivamente.

	(3) Dibujar la gráfica de la función f(x)= sen (x)			**(4) Dibujar la gráfica de la función g(x) = e^x**			**(5) Dibujar la gráfica de la función h(x) =ln x**		
	Frec.	Porc.	Porc. válido	Frec.	Porc.	Porc. válido	Frec.	Porc.	Porc. válido
Válidos Error	55	28,5%	32,0%	42	21,8%	28,2%	53	27,5%	37,3%
Acierto	117	60,6%	68,0%	107	55,4%	71,8%	89	46,1%	62,7%
Total	172	89,1%	100,0%	149	77,2%	100,0%	142	73,6%	100,0%
Perdidos	21	10,9%		44	22,8%		51	26,4%	
Total	193	100,0%	193	100			193	193	100,0%

Tabla 2: resultados del análisis de los ítems 3, 4 y 5.

Podemos ver cómo la gráfica del seno (ítem 3) es conocida por un importante porcentaje de los alumnos (sólo un 10% de los alumnos la deja en blanco, y un 60% la contesta correctamente) pero las gráficas de la exponencial (ítem 4) y del logaritmo (ítem 5) dan peores resultados. En el caso de la exponencial, más de la mitad (un 55,4%) la contesta correctamente, pero en el caso del logaritmo sólo un 46,1% la contesta correctamente, siendo superior el porcentaje de alumnos que dan una gráfica errónea o la dejan en blanco.

Veamos ahora qué ocurre con los ítems relacionados con el cálculo de derivadas elementales (ítem 6) y utilizando propiedades como la derivada de un producto (ítem 7) o de un cociente (ítem 8). Los resultados se muestran en la tabla 3:

	(6) Calcular la derivada de f(x) = 1/x	**(7) Calcular la derivada de g(x) = xe^x**	**(8) Calcular la derivada de h(x)= x/(x^2+1)**

	Frec.	Porc.	Porc. válido	Frec.	Porc.	Porc. válido	Frec.	Porc.	Porc. válido
Válidos Error	46	23,8%	33,1%	44	22,8%	34,6	50	25,9%	40,0%
Acierto	93	48,2%	66,9%	83	43,0%	65,4	75	38,9%	60,0%
Total	139	72,0%	100,0%	127	65,8%	100,0	125	64,8%	100,0%
Perdidos	54	28,0%		66	34,2%		68	35,2%	
Total	193	100,0%		193	100,0%		193	100,0%	

Tabla 3: resultados del análisis de los ítems 6, 7 y 8

Podemos ver como en este tipo de ítems, los resultados varían en función del tipo de operación requerida, siendo la que más error produce el cálculo de la derivada de un cociente, que realizan incorrectamente hasta un 40% de los alumnos que responden a esta cuestión. También se trata del ítem que los alumnos dejan sin responder en un porcentaje mayor, hasta un 35,2% de los alumnos encuestados. Un porcentaje similar (un 34,2%) de los alumnos dejan sin contestar el ítem referido a la aplicación de la derivación de un producto, pero en este caso el porcentaje de alumnos que responden correctamente la cuestión de los que responden es superior (hasta un 65,4%). El ítem número 6 ha sido resuelto correctamente en general por gran parte de los alumnos (un 66,9%), y además el fallo más encontrado en este caso ha sido simplemente un cambio de signo, que frecuentemente ha sido omitido en la resolución del ítem.Es de destacar, además, que en los ítems 6, 7 y 8, el número de alumnos encuestados que contestan correctamente es inferior al número de alumnos que no superan este ítem, bien por equivocación en la respuesta, o bien por que la dejan en blanco.

En el caso de las integrales, bien de funciones elementales (ítem 9) o utilizando integración por partes (ítem 10) o integración de funciones racionales con un cambio sencillo de variable (ítem 11), muestran unos resultados que se presentan en la tabla 4:

	(9) Calcular la integral de f(x) = 1/x			**(10) Calcular la integral de g(x) = xe^x**			**(11) Calcular la integral de h(x)= h(x)= x/(x^2+1)**		
	Frec.	Porc.	Porc. válido	Frec.	Porc.	Porc. válido	Frec.	Porc.	Porc. válido
Válidos Error	18	9,3%	17,3%	27	14,0%	55,1%	20	10,4%	47,6%
Acierto	86	44,6%	82,7%	22	11,4%	44,9%	22	11,4%	52,4%
Total	104	53,9%	100,0%	49	25,4%	100,0%	42	21,8%	100,0%
Perdidos	89	46,1%		144	74,6%		151	78,2%	
Total	193	100,0%		193	100,0%		193	100,0%	

Tabla 4: resultados del análisis de los ítems 9, 10 y 11

En el caso de las integrales, los resultados son dignos de mención. Podemos ver el gran número de alumnos que no contestan estas cuestiones, que, salvo en el caso de la integral elemental (ítem 9), es de más de dos tercios de los alumnos: un 74,6% en el caso de la integración por partes (ítem 10) y un 78,2% en el caso de la integración de la función racional con cambio de variable (ítem 11). Sólo un 11,4% de los alumnos han sabido contestar adecuadamente a estas dos últimas cuestiones.

Podemos sugerir que en la resolución de estos 11 ítems puede haber diferencias entre los modos de acceso de los estudiantes, y por lo tanto en su formación previa. Para explorar este aspecto, hemos dividido a los estudiantes en 3 grupos:

- Grupo A: estudiantes procedentes de Bachillerato que además se han examinado de contenidos de Matemáticas en la PAU.
- Grupo B: estudiantes procedentes de Bachillerato pero que no se han examinado de contenidos de Matemáticas en la PAU.
- Grupo C: estudiantes procedentes de los Ciclos Superiores de Formación Profesional.

Queda fuera de esta clasificación un conjunto de 3 alumnos con vías de ingreso que no se corresponden a estos grupos: un alumno con acceso de mayores de 25 años (con un examen propio de acceso), un traslado de expediente desde otra titulación de ingeniería y un alumno extranjero que no ha acreditado su formación previa. En estos tres casos la formación matemática previa no se puede equiparar de forma sencilla con los grupos en los que hemos dividido el grupo, por lo que hemos optado por sacarlos fuera de esta clasificación.

En la tabla 5 mostramos los resultados correspondientes a los ítems 1 al 11 para el grupo A, es decir, para los alumnos procedentes del Bachillerato con Selectividad, que son 118 de los 190 alumnos. Para cada uno de los 11 ítems, se muestra el número de respuestas válidas, cuántas son correctas, incorrectas y cuántas se han dejado en blanco, con sus porcentajes correspondientes respecto del total de alumnos evaluados

ÍTEM	VÁLIDOS	CORRECTOS	INCORRECTOS	BLANCO
(1) Simplificar al máximo la expresión [(x^2-1)(x-2)]/[(x+1)(x^2-4)]	103	84 (71,2%)	19 (16,1%)	15 (12,7%)

(2) Simplificar al máximo la expresión [1/(x+2)]+[(2-x)/(x^2-4)]+[1/(x-2)]	99	54 (45,8%)	45 (38,1%)	19 (16,1%)
(3) Dibujar la gráfica de f(x)= sen (x)	112	78 (66,1%)	34 (28,8%)	6 (5,1%)
(4) Dibujar la gráfica de g(x) = e^x	101	75 (63,6%)	26 (22,0%)	17 (14,4%)
(5) Dibujar la gráfica de h(x) = Ln x	98	62 (52,5%)	36 (30%)	20 (16,9%)
(6) Calcular la derivada de f(x) = 1/x	102	70 (59,3%)	32 (27,1%)	16 (13,6%)
(7) Calcular la derivada de g(x) = xe^x	91	65 (55,1%)	26 (22,0%)	27 (22,9%)
(8) Calcular la derivada de h(x) = x/(x^2+1)	90	59 (50,0%)	31 (26,3%)	28 (23,7%)
(9) Calcular la integral de f(x) = 1/x	82	71 (60,2%)	11 (9,3%)	36 (30,5%)
(10) Calcular la integral de g(x) = xe^x	37	19 (16,1%)	18 (15,3%)	81 (68,6%)
(11) Calcular la integral de h(x) = x/(x^2+1)	37	19 (16,1%)	18 /15,3%)	81 (68,6%)

Tabla 5: resultados de los 11 ítems para el Grupo A: Bachillerato con Selectividad

A partir de los resultados de la tabla 5, podemos ver que el número de alumnos del Grupo A que contestan las cuestiones se mantiene estable en torno a los 100 alumnos de los 118, excepto en las cuestiones relacionadas con las integrales, donde el número decae hasta los 37 alumnos (un 31,4%) que responden las dos últimas cuestiones. Este dato sobre las técnicas de integración es conveniente tenerlo en cuenta para reforzar estos contenidos que son necesarios en los temarios de Cálculo de las asignaturas de Ingeniería, y se corresponden con lo que ya ocurría en el estudio general de los ítems. Sin embargo, en el resto de los ítems (excepto el ítem 2), el porcentaje de alumnos que contestan adecuadamente es superior al porcentaje de alumnos que contestan incorrectamente o dejan la cuestión en blanco.

Veamos ahora los resultados del Grupo B, que son un total de 35 alumnos. Se trata de alumnos que han cursado Bachillerato y han realizado una prueba de acceso antes de su entrada en la Universidad, pero en esta PAU no se han examinado de contenidos de Matemáticas. Estos resultados están recogidos para los 11 ítems en la tabla 6:

ÍTEM	VÁLIDOS	CORRECTOS	INCORRECTOS	BLANCO

(1) Simplificar al máximo la expresión [(x^2-1)(x-2)]/[(x+1)(x^2-4)]	32	22 (62,9%)	10 (28,6%)	3 (8,6%)
(2) Simplificar al máximo la expresión [1/(x+2)]+[(2-x)/(x^2-4)]+[1/(x-2)]	29	12 (34,3%)	17 (48,6%)	6 (17,1%)
(3) Dibujar la gráfica de f(x)= sen (x)	33	23 (65,7%)	10 (28,6%)	2 (5,7%)
(4) Dibujar la gráfica de g(x) = e^x	29	20 (57,1%)	9 (25,7%)	6 (17,1%)
(5) Dibujar la gráfica de h(x) = Ln x	27	16 (45,7%)	11 (31,4%)	8 (22,9%)
(6) Calcular la derivada de f(x) = 1/x	27	15 (42,9%)	12 (34,3%)	8 (22,9%)
(7) Calcular la derivada de g(x) = xe^x	24	13 (37,1%)	11 (31,4%)	11 (31,4%)
(8) Calcular la derivada de h(x) = x/(x^2+1)	23	11 (31,4%)	12 (34,3%)	12 (34,3%)
(9) Calcular la integral de f(x) = 1/x	17	12 (34,3%)	5 (14,3%)	18 (51,4%)
(10) Calcular la integral de g(x) = xe^x	6	1 (2,9%)	5 (14,3%)	29 (82,9%)
(11) Calcular la integral de h(x) = x/(x^2+1)	4	3 (8,6%)	1 (2,9%)	31 (88,6%)

Tabla 6: resultados de los 11 ítems para el Grupo B: Bachillerato sin Selectividad

Analizando los resultados del Grupo B en la tabla 6, podemos ver como en general los resultados son peores que en el grupo A: sólo hay 3 ítems (el 1, el 3 y el 4) en el que el número de alumnos que ha contestado correctamente es superior al número de alumnos que ha contestado incorrectamente o que ha dejado el ítem en blanco. De nuevo son los ítems referidos a las técnicas de integración (los ítems 9, 10 y 11) los que mayoritariamente no se han sabido contestar, pero en este caso con unos porcentajes de abandono superiores a los del grupo A.

Veamos por último los resultados correspondientes al Grupo C: se trata de alumnos procedentes de la Formación Profesional. Son un total de 37 alumnos, lo que supone un 19,2% del total. Estos resultados aparecen en la siguiente tabla 7 para los 11 ítems:

ÍTEM	VÁLIDOS	CORRECTOS	INCORRECTOS	BLANCO
(1) Simplificar al máximo la expresión [(x^2-1)(x-2)]/[(x+1)(x^2-4)]	27	18 (48,6%)	9 (24,3%)	10 (27,0%)
(2) Simplificar al máximo la expresión [1/(x+2)]+[(2-x)/(x^2-4)]+[1/(x-2)]	23	8 (21,6%)	15 (40,5%)	14 (37,8%)
(3) Dibujar la gráfica de f(x)= sen (x)	24	15 (40,5%)	9 (24,3%)	13 (35,1%)

(4) Dibujar la gráfica de g(x) = e^x	17	11 (29,7%)	6 (16,2%)	20 (54,1%)
(5) Dibujar la gráfica de h(x) = Ln x	15	10 (27,0%)	5 (13,5%)	22 (59,5%)
(6) Calcular la derivada de f(x) = 1/x	9	7 (18,9%)	2 (5,4%)	28 (75,7%)
(7) Calcular la derivada de g(x) = xe^x	11	4 (10,8%)	7 (18,9%)	26 (70,3%)
(8) Calcular la derivada de h(x) = x/(x^2+1)	9	3 (8,1%)	6 (16,2%)	28 (75,7%)
(9) Calcular la integral de f(x) = 1/x	4	3 (8,1%)	1 (2,7%)	33 (89,2%)
(10) Calcular la integral de g(x) = xe^x	5	1 (2,7%)	4 (10,8%)	32 (86,5%)
(11) Calcular la integral de h(x) = x/(x^2+1)	1	0	1 (97,3%)	36 (97,3%)

Tabla 7: resultados de los 11 ítems para el Grupo C: Ciclos Profesionales

Como se puede observar, en este grupo de alumnos la opción mayoritaria es dejar en blanco las cuestiones: salvo los tres primeros ítems, en todos los demás ítems los alumnos que no han contestado superan en porcentaje a los que sí han completado las cuestiones. Y tampoco hay ningún ítem en el que las respuestas correctas sean superiores al conjunto de alumnos que no han superado dicho ítem, bien sea por error en la respuesta o bien por abandono. Llaman la atención, como siempre, los dos últimos ítems, en el que prácticamente no hay respuestas correctas. En general, los ítems relacionados con derivadas o integrales (los 6 últimos) son dejados en blanco por más de dos tercios de los alumnos de este Grupo C.

Dada esta gran tasa de abandono en este grupo, quizá sea más informativo escribir la tabla anterior indicando los porcentajes de acierto o error sobre el número de respuestas válidas, en lugar de sobre el total de alumnos: así tendremos una idea más aproximada de los errores que se cometen frente a las respuestas correctas. La información está recogida en la tabla 8:

ÍTEM	VÁLIDOS	CORRECTOS	INCORRECTOS
(1) Simplificar al máximo la expresión [(x^2-1)(x-2)]/[(x+1)(x^2-4)]	27	18 (66,7%)	9 (33,3%)
(2) Simplificar al máximo la expresión [1/(x+2)]+[(2-x)/(x^2-4)]+[1/(x-2)]	23	8 (34,8%)	15 (65,2%)
(3) Dibujar la gráfica de f(x)= sen (x)	24	15 (62,5%)	9 (37,5%)
(4) Dibujar la gráfica de g(x) = e^x	17	11 (64,7%)	6 (35,3%)

(5) Dibujar la gráfica de h(x) = Ln x	15	10 (66,7%)	5 (33,3%)
(6) Calcular la derivada de f(x) = 1/x	9	7 (77,8%)	2 (22,2%)
(7) Calcular la derivada de g(x) = xe^x	11	4 (36,4%)	7 (63,6%)
(8) Calcular la derivada de h(x) = x/(x^2+1)	9	3 (33,3%)	6 (66,7%)
(9) Calcular la integral de f(x) = 1/x	4	3 (75%)	1 (25%)
(10) Calcular la integral de g(x) = xe^x	5	1 (20%)	4 (80%)
(11) Calcular la integral de h(x) = x/(x^2+1)	1	0	1 (100%)

Tabla 8: resultados de los 11 ítems para el Grupo C en función de los resultados contestados (válidos)

Aun ajustando las respuestas correctas y erróneas al número de alumnos del Grupo C que han contestado (que como hemos visto es minoritario en casi todos los ítems), sólo 6 de los 11 ítems tienen más respuestas correctas que incorrectas. Como vemos, este grupo C presenta grandes carencias en conocimientos matemáticos básicos, que probablemente entorpezcan de manera importante su éxito académico no sólo en las asignaturas de matemáticas, sino en el resto de las asignaturas de la titulación de ingeniería que han comenzado a cursar.

Como puede verse por los análisis anteriores, el conjunto de alumnos que puede tener carencias importantes en su formación previa puede alcanzar un alto porcentaje dentro de los alumnos que empiezan el primer curso. En este caso, por ejemplo, la suma de los alumnos de los grupos B y C alcanzan un 38% del total de los alumnos que han realizado la prueba: todos ellos pueden necesitar de actuaciones específicas para superar sus carencias (sesiones de repaso de contenidos, resolución de problemas de nivel básico, tutorías personalizadas, seminarios de ampliación, grupos de trabajo, etc.). También es conveniente localizar cuáles son las áreas en los que los alumnos alcanzan peores resultados (en este caso, sobre todo en el cálculo de integrales utilizando técnicas sencillas) para poder reforzar estos contenidos dentro de las asignaturas del primer curso.

Conclusiones

Como conclusiones de este estudio, podemos mostrar que hay grandes diferencias en los conocimientos matemáticos básicos de los alumnos de primer curso de Grado en Ingenierías en función de cuáles han sido sus estudios previos y de cuál ha sido la vía de acceso a la Universidad de estos alumnos. Los peores resultados son los obtenidos por el grupo de alumnos que proceden de la Formación Profesional, que requerirán de un esfuerzo extra para ponerse al nivel de sus compañeros en cuestiones que son necesarias para el correcto aprovechamiento de las asignaturas de su titulación. Además, se constata que, aun habiendo cursado un Bachillerato, el hecho de no haber realizado prueba de matemáticas en la PAU, influye en los resultados de un test sencillo de conocimientos matemáticos realizado al principio del curso.

Estos resultados afectan a un alto porcentaje de los alumnos de nuevo ingreso de las titulaciones de grado en Ingeniería, lo cual hace que la formación inicial de los alumnos en las actuales condiciones de acceso a la Universidad deba ser objeto de reflexión por parte de los docentes que impartimos asignaturas básicas en el primer curso. Es recomendable que se diseñen estrategias de refuerzo, que se programen horarios de atención personalizada o se disponga de material complementario de estudio que pueda servir de apoyo a este alto porcentaje del alumnado que no supera los conocimientos matemáticos que se supone que todos los alumnos deben de tener en su ingreso en las titulaciones de Grado en Ingeniería en la Universidad.

Bibliografía

Bowen, E., Prior, J., Lloyd, S., Thomas S. & Newman-Ford, L. (2007) Engineering more engineers — bridging the mathematics and careers advice gap *Engineering Education 2(1)* 23-31.

Crawford, K., Gordon, S., Nicholas, J. & Prosser, M. (1994). Conceptions of mathematics and how it is learned: The perspectives of students entering university. *Learning and Instruction, 4*, 331–345.

Henderson, K. (1997) Educating electrical and electronic engineers *Engineering Science and Education Journal, 6 (3)* 95-98

ICMI (1997). On the Teaching and Learning of Mathematics at University Level. *ICMI Bulletin No.43*.

Kent, P. & Noss, R. (2003). Mathematics in the university education of engineers. *Ove Arup Foundation Report*, Ove Arup Foundation, London

Mustoe, L &Lawson, D. (2002) *Mathematics for the European engineer. A curriculum for the twenty-first century*. Consultado en abril 26, 2012 en http://sefi.htw-aalen.de/Curriculum/sefimarch2002.pdf

Otung I.E. (2001) Reassessing the mathematics content of engineering education *Engineering Science and Education Journal, 10 (4)* 130-138

Willcox, K. & Bounova, G. (2004), Mathematics in engineering: Identifying, enhancing and linking the implicit mathematics curriculum," *Proceedings of the ASEE Annual Conference*.

Wood, L.N. (2008) Engineering Mathematics. What do students think? *ANZIAM Journal*. 49 (EMAC2007), C513-C525.