

Influencia de los dominios conceptuales en las competencias académicas: Área de física para ingeniería

Guillermo Mejía-Aguilar ^a & Diana Marcela Franco-Duran ^b

^a Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. gmejia@uis.edu.co

^b Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. diana.franco2@correo.uis.edu.co

Resumen— Muchos programas de ingeniería en Colombia no cuentan con una documentación sistemática y consistente sobre el desempeño académico de sus estudiantes. Los esfuerzos realizados a nivel nacional se han centrado en diseñar e implementar pruebas estandarizadas que permitan, de manera consistente, registrar únicamente resultados, y se le ha delegado a las universidades la responsabilidad de diseñar sus sistemas de documentación y análisis sistemático. El presente estudio analizó el desempeño académico en el área de física de 618 estudiantes de ingeniería de la Universidad Industrial de Santander –Colombia. Los resultados muestran evidencia estadística para afirmar que la enseñanza de la física en ingeniería promueve notablemente el desarrollo de la habilidad de abstracción y síntesis a través de los temas de campo gravitacional, eléctrico, magnético y electromagnético, principalmente. Igualmente se encontró evidencia para indicar que los estudiantes de ingeniería mecánica demuestran un desempeño relativamente mejor comparado con otras ingenierías.

Recibido: 6 de septiembre de 2015. Revisado: 1 de noviembre de 2015.

Aceptado: 25 de noviembre de 2015.

Influence of knowledge on academic skills: Physics for engineering

Palabras Clave— Competencias Académicas, Dominios Conceptuales, Pruebas EXIM.

Abstract— Several engineering programs in Colombia lack a systematic and consistent documentation upon effectiveness of student academic performance. Colombian public authorities have focused on design and implementation of standardized tests, which only report outcomes; while responsibility of monitoring systems for academic performance of students has been given to higher education institutions. This study analyzed the academic performance of engineering students in physics to explain the development of their academic skills. The sample was comprised of 618 engineering students at the Universidad Industrial de Santander – Colombia. The results indicated that there is statistical evidence to explain that for engineering students, learning physics improves considerably the academic skill of abstraction and synthesis through specific knowledge about gravitational, electric, magnetic and electromagnetic field, mainly. Furthermore, the results showed statistical evidence to indicate that Mechanical Engineering students present a relative performance better than those from the other engineering programs.

Keywords— Academic Skills, Conceptual Domain, EXIM Test.

1. Introducción

Durante la primera década del siglo XXI, la educación en ingeniería ha procurado plantear estratégicamente el perfil del ingeniero del nuevo siglo. Se han acuñado nuevos conceptos, como el de ingeniería global, la cual requiere nuevos desempeños, y por ello un tratamiento diferente a los fundamentos y competencias académicas con los que se forman

a los ingenieros en las instituciones de educación superior (IES). Actualmente se percibe una mayor cooperación entre la academia y la industria para formular las características de este ingeniero global. La industria, como portadora de necesidades reales, ha solicitado a las IES estrategias de desarrollo profesional continuado, y también, ha sugerido trasladar a los salones de clases dichas necesidades como estrategia de enseñanza. La educación en ingeniería debe responder adecuadamente a la velocidad del cambio tecnológico y a las actuales prácticas de ingeniería que se dan en las empresas. Es así, que la Asociación Americana de Ingenieros Civiles considera a la ingeniería civil como una profesión de permanente aprendizaje para atender adecuadamente a la sociedad que sirve [1]. En consecuencia, la educación en ingeniería requiere reformas de sus currículos y estrategias de enseñanza para cumplir con lo que la sociedad demanda.

La Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI) ha promovido la modernización de estructuras curriculares, la homologación internacional de estudios y el aseguramiento de la calidad de la educación en ingeniería [2]. ACOFI diseñó la prueba estandarizada EXIM para ser aplicada a los estudiantes de ingeniería que han terminado el ciclo básico de formación universitaria, como herramienta de seguimiento al desempeño en la formación de ingenieros [3]. Esta prueba se ajusta a las políticas nacionales de aseguramiento de la calidad y evaluación por competencias de la educación superior en Colombia, como lo establece el Decreto Núm. 1781 de 2003 [4]. EXIM ha sido administrada por ACOFI desde el año 2006 y han aplicado anualmente la prueba en promedio 25 instituciones de educación superior y 1.300 estudiantes [5].

Muchos programas de ingeniería en Colombia no cuentan con una documentación sistemática y consistente sobre índices de efectividad del desempeño académico de sus estudiantes. Los esfuerzos realizados a nivel nacional, se han centrado en diseñar e implementar pruebas estandarizadas que permitan, de manera consistente, registrar únicamente resultados. Mientras que se ha delegado a las IES la responsabilidad de diseñar sus sistemas de documentación y análisis sistemático. Es una necesidad latente realizar análisis más elaborados y sistemáticos sobre el desempeño académico en ingeniería, debido a la preocupación generalizada por el bajo nivel de competencias académicas de los estudiantes que ingresan a la universidad.

Algunos casos de estudio aislados han mostrado resultados que sirven como insumos para análisis más elaborados. En Colombia, algunos estudios señalan como una debilidad la formación académica adquirida durante los estudios secundarios, la cual influye en el desempeño de los estudiantes de los primeros niveles de formación universitaria [6]. Otros, por su parte, muestran que en los estudiantes, el conocimiento adquirido influye sobre ciertas competencias específicas, de acuerdo al área disciplinar. Un estudio sobre el desempeño de estudiantes de ingeniería de la Facultad de Ingeniería Fisicomecánicas (FIFM) de la Universidad Industrial de Santander (UIS) indicó que los conocimientos adquiridos en matemáticas permitió que los estudiantes presentaran un mejor desempeño en la competencia de aplicar conocimientos en la práctica, y no en la de resolución de problemas, o en la de abstracción, análisis y síntesis [7]. En otros países, algunos estudios sugieren que los estudiantes que ingresan a las universidades tienen una mejor fundamentación y desempeño en matemáticas que en física; por ello, invitan a revisar los programas y currículos en la enseñanza secundaria para detectar temas no cubiertos durante esta formación previa [8].

Por lo anterior, resulta de interés analizar el desempeño académico de los estudiantes de ingeniería en áreas básicas como física, para explicar el desarrollo de ciertas competencias académicas. Los resultados de estos estudios servirán como insumo para análisis de desempeño más sistemáticos y continuados. El presente estudio espera responder a este interés, basado en los resultados de las pruebas EXIM. Más que el análisis de los resultados finales de las pruebas, que en cierto modo nos indicaría el grado de desempeño del estudiante, el interés del estudio es conocer sobre sus procesos cognitivos y su grado de efectividad, analizando los dominios conceptuales y competencias evaluadas por la prueba EXIM en el área de física.

1.1. Desempeño académico

En la literatura se han utilizado indistintamente los términos desempeño y rendimiento para referirse a la capacidad de respuesta de los educandos frente a los compromisos académicos adquiridos en un programa educativo. Esta capacidad de respuesta se mide con base en un conjunto de conocimientos y habilidades, requerido para garantizar un desenvolvimiento profesional adecuado.

Adoptar una definición de desempeño académico es difícil, debido a la complejidad de sus múltiples factores involucrados de tipo académico, social, económico y psicológico. Para el estudio, el desempeño académico es un indicador de logro de los educandos dentro de un sistema de educación, el cual se obtiene a través de pruebas estandarizadas, y proporciona información sobre los efectos académicos de los procesos de enseñanza y aprendizaje en los alumnos, con respecto a un conjunto específico de conocimientos y habilidades.

Para evaluar el desempeño académico en los términos tratados en el presente artículo, se emplearán los resultados de la prueba estandarizada EXIM en el área de física, orientados por lo que dispone la Resolución Núm. 2773 de 2003 del Ministerio de Educación Nacional [9], donde se establece que la formación básica científica del ingeniero en Colombia debe fundamentarse en los campos disciplinares de las matemáticas y ciencias naturales. Asimismo, la Asociación Americana de Ingenieros considera

indispensable, dentro del perfil del ingeniero del 2025, la apropiación de conocimientos fundamentales en matemáticas y física [1]. Estas áreas del saber brindan las herramientas conceptuales necesarias para entender y explicar los fenómenos físicos a los que se enfrentan un ingeniero en el ejercicio de su profesión.

1.2. Pruebas EXIM

Las pruebas estandarizadas son exámenes aplicados a estudiantes de un sistema educativo, las cuales ofrecen garantía de uniformidad en los criterios de evaluación, objetividad en las preguntas realizadas y facilidad para comparar cuantitativamente los resultados, tanto a nivel de estudiante como a nivel de institución educativa. Aunque estas pruebas no constituyen una medida absoluta de la calidad de la educación, ofrecen información relevante para diseñar estrategias y aplicar políticas de mejoramiento del sistema en general.

EXIM es una prueba estandarizada que evalúa 4 áreas disciplinares básicas: Matemáticas, Física, Química y Biología. La prueba está compuesta por 140 preguntas, de las cuales 45 corresponden a matemáticas; 35 a física; 30 a química; y 30 a biología. Cada área disciplinar está compuesta por dos categorías de evaluación: dominios conceptuales y competencias académicas [5]. ACOFI ha adoptado una escala de 100 puntos para clasificar el desempeño de los estudiantes de acuerdo al resultado obtenido en el test. Si el resultado corresponde a un puntaje entre 71 y 100 puntos, se clasifica como desempeño alto; puntajes entre 50 y 70, desempeño medio; y puntajes entre 0 y 49, desempeño bajo. Con respecto al grado de confiabilidad y validez de la prueba EXIM, un estudio realizado por [10] reportó para el área de física índices psicométricos moderados: índices promedio de dificultad de 0,30 y de discriminación de 0,32; e índice de fiabilidad moderado con un índice de consistencia interna $\alpha = 0,55$.

2. Metodología

Esta sección enuncia los objetivos y el alcance del estudio, describe el método de investigación y las técnicas de análisis estadísticos propuestos para lograr dichos objetivos, y finalmente, describe la composición de la muestra y las variables involucradas en los modelos estadísticos.

2.1. Objetivos y alcance

Para responder al interés enunciado en la introducción, el estudio analizó los resultados logrados por los estudiantes de la FIFM de la UIS en el área de física de la prueba EXIM. De manera específica, se propuso: (1) describir el grado de influencia que los dominios conceptuales ejercen en las competencias académicas de los estudiantes de ingeniería y (2) determinar si el tipo de programa en ingeniería influye en el desempeño académico de los estudiantes.

Estos objetivos se encuentran sujetos al siguiente alcance: (1) el período de observación del estudio comprendió los años 2009 al 2014; (2) la muestra estuvo conformada por estudiantes de la FIFM pertenecientes a las escuelas de: Ingeniería Civil, Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica; y (3) los resultados analizados fueron aquellos obtenidos por los

estudiantes en los dominios conceptuales y competencias del área de física de la prueba EXIM.

2.2. Diseño de la investigación y método de análisis

En el estudio se implementó una investigación cuantitativa de correlación basada en modelos de regresión lineal. Se establecieron relaciones de asociación entre los dominios conceptuales y las competencias, para describir la variación de los resultados obtenidos en las competencias en función de los resultados obtenidos en los dominios. Los análisis se realizaron con el programa comercial IBM SPSSTM versión 21.

Cada objetivo específico requirió la definición de un modelo estadístico de análisis. Los modelos de regresión lineal múltiple fueron empleados para responder al primer objetivo específico de este estudio. Con estos modelos se buscó explicar: a) la proporción de la variación de una variable dependiente (Y), que para el estudio representa la competencia, influenciada por un grupo de variables independientes (X_i), que representan los dominios conceptuales; y b) el grado de influencia (o nivel de importancia relativa) de cada variable independiente (dominio conceptual), sobre la variable dependiente (competencia). La ecuación tipo de este modelo se muestra a continuación:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p + \varepsilon \quad (1)$$

Por su parte, los modelos lineales generalizados de medidas repetidas fueron empleados para responder al segundo objetivo específico. Con estos modelos se plantearon hipótesis de influencia de los programas de ingeniería en el desempeño académico y se determinó si: a) hay efecto combinado de influencia entre el programa de ingeniería, los dominios conceptuales y las competencias; y b) dado el caso de no encontrar evidencia de efecto combinado, se determinó de manera independiente, el grado de influencia del programa de ingeniería en los dominios y las competencias. La ecuación tipo de este modelo se muestra a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_j X_i + \beta_k X_i + (\alpha\beta)_{jk} X_i + \varepsilon \quad (2)$$

Tabla 1
Distribución de la muestra por programa

Escuela	N	%
Ingeniería Civil	116	17%
Ingeniería de Sistemas	123	18%
Ingeniería Eléctrica	96	14%
Ingeniería Electrónica	112	16%
Ingeniería Industrial	114	17%
Ingeniería Mecánica	126	18%
Total	687	100%

Fuente: Los autores

Tabla 2
Distribución por año

Año	N	%
2009	100	15%
2010	113	16%
2011	74	11%
2012	181	26%
2013	107	16%
2014	112	16%
Total	687	100%

Fuente: Los autores

2.3. Composición de la muestra

La muestra poblacional estuvo conformada por 687 estudiantes de la FIFM, cuya composición por programa se presenta en la Tabla 1.

En este estudio se analizaron los resultados de la prueba EXIM correspondientes al período 2009-2014, cuya distribución porcentual se muestra en la Tabla 2.

2.4. Variables del Estudio

El desempeño de los estudiantes en el área de física fue medido a través de los componentes de evaluación definidos por ACOFI para la prueba EXIM: dominios conceptuales y competencias. Los dominios conceptuales y competencias representan las variables involucradas en los modelos estadísticos del estudio.

Los dominios conceptuales de evaluación fueron:

- *Campos (FK1)*: se refiere al conjunto de conocimientos sobre los campos gravitacional, eléctrico, magnético y electromagnético; sobre las leyes de Newton, relatividad y temas relacionados.
- *Ondas (FK2)*: se refiere al conjunto de conocimientos sobre ondas mecánicas y electromagnéticas, vibraciones, velocidad de transmisión de una onda según el medio, entre otros.
- *Sistemas de partículas (FK3)*: se refiere al conjunto de conocimientos sobre termodinámica, fluidos, estadística, sólidos y redes cristalinas. Comprende las leyes de la termodinámica, entropía, calorimetría, y diagramas de Carnot, entre otros.
- *Medición y modelos experimentales (FK4)*: se refiere al conjunto de conocimientos sobre la teoría de errores, los modelos experimentales, análisis dinámico de cuerpo libre, análisis de movimiento bajo la acción de una fuerza conservativa, vibración, ondas y efectos de interferencia, entre otros.

Las competencias académicas evaluadas fueron:

- *Abstraer-analizar-sintetizar (FC1)*: da cuenta sobre la habilidad para identificar, interpretar, describir, representar, modelar, analizar y sintetizar situaciones reales para explicarlas y obtener conclusiones lógicas.
- *Aplicar conocimientos en la práctica (FC2)*: da cuenta sobre la habilidad para transferir los conocimientos teóricos a la solución de una situación planteada de poca complejidad.
- *Identificar-plantear-resolver problemas (FC3)*: da cuenta sobre la habilidad para enfrentarse ante una situación real que alberga un problema a resolver, encontrando las soluciones más adecuadas, construyendo todos los sistemas de representación necesarios para resolverlo.

3. Resultados

Esta sección presenta los resultados de los modelos de regresión lineal múltiple que evaluaron las hipótesis de influencia de los dominios conceptuales en las competencias, y posteriormente, los resultados de los modelos lineales generalizados que evaluaron las hipótesis de influencia de los programas de ingeniería en el desempeño académico de los estudiantes.

3.1. Influencia de los dominios en las competencias

La Tabla 3 presenta el resumen estadístico de las variables involucradas en los modelos de regresión lineal múltiple. El dominio conceptual “*Campos (FK1)*” muestra el mejor promedio, y a su vez, la mayor desviación dentro del grupo de dominios conceptuales ($\bar{X} = 53,2$; $STD = 11,7$; $N = 687$). Por su parte, el dominio conceptual “*Sistema de partículas (FK3)*” muestra el más bajo promedio, y a su vez, la menor desviación ($\bar{X} = 50,8$; $STD = 9,8$; $N = 687$). En cuanto a las competencias, “*Abstraer-analizar-sintetizar (FC1)*” muestra ligeramente el mejor promedio y la mejor desviación ($\bar{X} = 52,7$; $STD = 10,6$; $N = 687$), mientras que “*Aplicar conocimientos en la práctica (FC2)*” muestra ligeramente el promedio más bajo y la mayor desviación ($\bar{X} = 52,1$; $STD = 11,1$; $N = 687$).

Todos los supuestos requeridos para los modelos de regresión lineal se cumplieron plenamente. El supuesto de multicolinealidad, con indicadores de tolerancia $\geq 0,2$, y factores de inflación de varianza (FIV) $\leq 3,0$, indicó que los modelos de regresión no presentaron correlaciones fuertes entre las variables predictoras o explicativas. Adicionalmente, se observó que la distribución de los residuos en cada modelo siguió una distribución normal.

Una vez comprobado que no se violaban los supuestos básicos para los modelos de regresión lineal múltiple, se plantearon 5

Tabla 3
Estadísticas básicas de los dominios y competencias en Física (N=687)

	FK1	FK2	FK3	FK4	FC1	FC2	FC3
Media	53,2	52,4	50,8	51,9	52,7	52,1	52,4
Error	0,45	0,43	0,37	0,38	0,40	0,43	0,41
STD	11,7	11,3	9,8	10,0	10,6	11,2	10,7
Mínimo	31	31	20	29	29	26	29
Máximo	89	79	79	83	82	89	85
Asimetría	0,499	0,172	-0,001	-0,050	0,102	0,238	0,198
Error	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093
Curtosis	-0,14	-0,71	-0,50	-0,52	-0,42	-0,41	-0,33
Error	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186

Fuente: Los autores

modelos de regresión para evaluar la asociación entre los dominios conceptuales y las competencias (ver Tabla 4). Los primeros 3 modelos describen la asociación entre los 4 dominios conceptuales (FK1, FK2, FK3 y FK4) y las 3 competencias (FC1, FC2 y FC3), mientras que los 2 últimos describen la asociación de las competencias entre sí. El estadístico R^2 , evaluado estadísticamente, indicó el porcentaje de variación de la variable dependiente que es explicada por cada modelo. Los resultados del análisis indican que en el modelo 1, cuyo $R^2 = 0,71$, los dominios conceptuales explican el 71% del comportamiento de la competencia “*Abstraer-analizar-sintetizar (FC1)*”. Es decir, que la influencia de los dominios conceptuales se da en la mayor proporción sobre la competencia de abstracción y síntesis. Mientras que en el modelo 3, el comportamiento de la competencia “*Identificar-plantear-resolver problemas (FC3)*” es explicada en 57% por dichos dominios conceptuales. Es decir, que la influencia de los dominios conceptuales se da en la menor proporción sobre la competencia de resolución de problemas. Adicionalmente, cuando se plantearon los modelos de influencia entre las competencias (modelos 4 y 5), el grado de explicación de los modelos resultó ser más bajo (R^2 : 26% -modelo 4 y 24% -modelo 5) que el de los modelos basados en dominios conceptuales para explicar las competencias.

Tabla 4
Valores de R^2 de los modelos (N = 687)

Modelo No	Variable dependiente	Variables independientes	R^2 corregida	F	Gl	Significado ($\alpha=0,05$)
1	FC1 -Abstraer-analizar-sintetizar	FK1, FK2, FK3, FK4	0,71	426,30	4	$p < 0,001$
2	FC2 -Aplicar conocimientos en la práctica	FK1, FK2, FK3, FK4	0,64	308,69	4	$p < 0,001$
3	FC3 -Identificar-plantear-resolver problemas	FK1, FK2, FK3, FK4	0,55	213,05	4	$p < 0,001$
4	FC3 -Identificar-plantear-resolver problemas	FC1, FC2	0,26	122,86	2	$p < 0,001$
5	FC1 -Abstraer-analizar-sintetizar	FC2	0,24	213,25	1	$p < 0,001$

Fuente: Los autores

Tabla 5
Orden de importancia de las variables independientes (N = 687)

Modelo	Variable Dependiente	Variable Independiente	Coefficiente β_i estandarizados	Significado ($\alpha = 0,05$)	Orden de Importancia
M1	FC1	FK1	0,44	$p < 0,001$	1
		FK4	0,37	$p < 0,001$	2
		FK2	0,21	$p < 0,001$	3
		FK3	0,18	$p < 0,001$	4
M2	FC2	FK1	0,46	$p < 0,001$	1
		FK3	0,29	$p < 0,001$	2
		FK2	0,21	$p < 0,001$	3
		FK4	0,19	$p < 0,001$	4
M3	FC3	FK1	0,37	$p < 0,001$	1
		FK3	0,36	$p < 0,001$	2
		FK2	0,23	$p < 0,001$	3
		FK4	0,10	$p = 0,001$	4
M4	FC3	FC2	0,31	$p < 0,001$	1
		FC1	0,29	$p < 0,001$	2
M5	FC1	FC2	0,49	$p < 0,001$	-

Fuente: Los autores

Una vez evaluado el grado de variación explicada por cada modelo, el análisis del grado de influencia de cada dominio sobre la competencia de cada modelo, mostró los siguientes resultados (ver Tabla 5).

El modelo 1 muestra que los resultados de la competencia “*Abstraer-analizar-sintetizar (FC1)*” son influenciados de manera notable por los resultados del dominio conceptual “*Campos (FK1)*” (β_i : 0,44), mientras que el dominio “*Sistema de partículas (FK3)*” no tiene mucha incidencia como factor de explicación (β_i : 0,18). El modelo 2 muestra que la competencia “*Aplicar conocimientos en la práctica (FC2)*” es influenciada de manera predominante por el dominio “*Campos (FK1)*” (β_i : 0,46), mientras que el dominio “*Medición y modelos experimentales (FK4)*” tiene baja incidencia (β_i : 0,19). El modelo 3 muestra que la competencia “*Identificar-plantear-resolver problemas (FC3)*” es influenciada en mayor proporción por el dominio “*Campos (FK1)*” (β_i : 0,37), mientras que el dominio “*Medición y modelos experimentales (FK4)*” no tiene mucha incidencia como factor de explicación (β_i : 0,10). En términos generales, los temas sobre “*Campos*” fueron los que mostraron mayor grado de influencia en los resultados de las competencias, mientras que los temas sobre “*Medición y modelos experimentales*” mostraron el menor grado de influencia en los resultados de las competencias.

3.2. Influencia del programa en el desempeño académico

Los diferentes programas de ingeniería que están bajo la coordinación de la FIFM de la UIS, mostraron los siguientes promedios en los dominios y competencias del área de física. En la Fig. 1 se observa que el programa de Ingeniería Mecánica presentó los mejores desempeños en casi todos los dominios excepto en el dominio “Ondas (FK2)”, donde la Escuela de Ingeniería Electrónica mostró el mejor desempeño. Igualmente se observa que el programa de Ingeniería Mecánica presentó los mejores promedios en todas las competencias.

Todos los supuestos asumidos para el modelo lineal general de medidas repetidas fueron revisados y comprobados: la prueba de Box (M de Box = 161,94; $p = 0,15$); la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene ($p > 0,05$), la cual se cumplió para todos los dominios y competencias excepto para el dominio “Campos (FK1)” ($p < 0,05$); y la prueba de Mauchly que indicó ajustar la prueba de efectos ($p < 0,05$). La evaluación del efecto de interacción resultó estadísticamente significativa $F(24,7; 3.363) = 4,24$; $p < 0,05$. Este resultado indica que hay evidencia estadística suficiente para afirmar que, en el área de física de la prueba EXIM, los programas de ingeniería generan influencia en los dominios y las competencias, es decir, en el desempeño de los estudiantes. La Fig. 1 muestra cómo el programa de Ingeniería Mecánica muestra que sus estudiantes tienen un desempeño superior a los otros programas. Los demás programas no mostraron evidencia estadística suficiente para diferenciarse entre ellos. El Anexo 1 muestra un resumen estadístico básico de cada dominio y competencia, diferenciado por programa de ingeniería.

La Figura 1 indica además, que los estudiantes de los programas de ingeniería de la FIFM, diferentes al de Ingeniería Mecánica, tienen un desempeño similar. Se puede observar que Ingeniería Electrónica muestra un desempeño de sus estudiantes relativamente superior dentro de este grupo de programas, mientras que Ingeniería Civil muestra un desempeño de sus estudiantes relativamente inferior dentro de este grupo de programas. Hay programas de ingeniería que muestran un desempeño marcado en ciertos dominios. Por ejemplo, el programa de Ingeniería Electrónica muestra mejores resultados de sus estudiantes en los dominios

“Campos (FK1)” y “Ondas (FK2)”, mientras que el programa de Ingeniería Industrial muestra mejores resultados de sus estudiantes en el dominio “Sistema de Partículas (FK3)” y el programa de Ingeniería de Sistemas muestra mejores resultados en el dominio “Medición experimental (FK4).”

4. Discusión

4.1. Influencia de los dominios conceptuales en las competencias

Los resultados obtenidos sugieren que el conocimiento en física reflejado a través de sus dominios influye o explica en la mayor proporción el desempeño en la competencia “Abstraer-analizar-sintetizar”, y en la menor proporción, el desempeño en la competencia “Identificar-plantear-resolver problemas.” El conocimiento sobre temas relacionados con “Campos” -campo gravitacional, eléctrico, magnético y electromagnético, influye o explica en mayor proporción el desempeño en las competencias académicas. Es decir que, con los estudiantes de la FIFM de la UIS, la enseñanza de la física les desarrolla notablemente la habilidad de abstracción y síntesis a través de los temas de campo gravitacional, eléctrico, magnético, electromagnético y leyes de Newton, principalmente.

Por otro lado, los resultados muestran que los estudiantes tienen un bajo desempeño en la competencia “Identificar-plantear-resolver problemas.”. Llama la atención que los temas de Medición experimental mostraron los más bajos niveles de influencia sobre la competencia de resolver problemas, contrario a lo que se puede suponer, ya que temas relacionados modelos experimentales facilitarían el desarrollo de la competencia para resolver problemas. Estos resultados van en la misma dirección de otros estudios donde se muestra que estudiantes del ciclo básico de ingeniería en sus cursos de física demuestran más habilidad para aplicar procedimientos matemáticos que para usar el método científico en la resolución de problemas [11].

El estudio corrobora los resultados encontrados en contextos diferentes al de educación en ingeniería, pero relacionados con el aprendizaje de la física, donde se sugiere la existencia de una relación de dependencia entre el contenido (dominio conceptual) y el nivel cognitivo (competencia) desarrollado por los estudiantes. La forma de enseñar sobre cómo usar el conocimiento influye en el desarrollo de las competencias académicas del estudiante. Algunos autores sugieren crear espacios de enseñanza donde el conocimiento y la habilidad se vuelvan objetivos de la enseñanza. No solo basta adquirir el marco conceptual, sino, desarrollar las competencias para pensar y razonar sobre estos conceptos y cómo usarlos en nuestras actividades cotidianas [12]. Por su parte [13] encontró que el tipo de conocimiento (o forma en que el conocimiento es enseñado) influye sobre la habilidad para resolver problemas. El conocimiento declarativo, la enseñanza de simples hechos y leyes, le permite a los estudiantes de los primeros niveles de educación universitaria identificar estos conceptos (leyes físicas) en un problema y luego relacionarlos. Hay estudiantes que pueden describir la estructura conceptual de la disciplina muy bien sin desarrollar con el mismo éxito la capacidad para resolver problemas, tal como sucede ocasionalmente con la enseñanza de la física, donde a veces puede suceder que esté más orientada a la estructura conceptual (las leyes) que al desarrollo de una

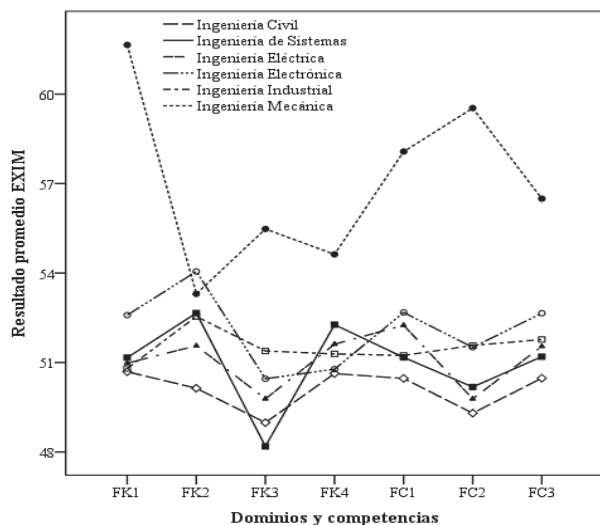


Figura 1. Valores promedio de los dominios y competencias en física por programa.

Fuente: Los autores

competencia específica. [14] encontró que aplicando estrategias de enseñanza problémica con fundamento en interpretar situaciones, establecer condiciones y plantear hipótesis mejora el desempeño de los estudiantes de ingeniería en el área de la física.

A partir de los resultados de este estudio, sería interesante comprobar si la naturaleza de los temas evaluados desarrolla ciertas competencias de manera específica, es decir, si los temas relacionados con el campo gravitacional, eléctrico, magnético y electromagnético desarrollan con mayor incidencia la competencia de abstraer y sintetizar. En este sentido, autores afirman que la calidad del conocimiento sobre cierto dominio conceptual influye en el desempeño en esa área de conocimiento. [15] encontró que estudiantes de los primeros niveles de la educación universitaria responden a las características generales de un problema, mientras que aquellos estudiantes con mayor nivel de conocimiento, responden a estructuras más complejas del problema. Los estudiantes de los primeros niveles pueden tener dificultad al analizar problemas basados en sus conocimientos básicos sobre conceptos y leyes (ej. Campo gravitacional, campo magnético, campo eléctrico, etc.), mientras que los estudiantes de niveles más avanzados contarán con cierta ventaja al analizar el problema

basado en conceptos más complejos (ej. Conservación de la energía). Estos hallazgos explican en cierta medida, por qué los dominios conceptuales evaluados en este estudio influyen más en la competencia de abstraer, y no tanto, en la de resolver problemas.

4.2. Influencia de los programas en el desempeño académico

El estudio mostró evidencia estadística suficiente para afirmar que los dominios y competencias interactúan con los programas de ingeniería generando un efecto de influencia sobre el desempeño de los estudiantes en las pruebas. Los resultados muestran el predominio del programa de Ingeniería Mecánica en el desempeño de la mayoría de los dominios y competencias, excepto en el dominio conceptual *Ondas*, donde el programa de Ingeniería Electrónica mostró el mejor desempeño. Los otros programas de ingeniería de la FIFM, diferentes al de Ingeniería Mecánica, mostraron que sus estudiantes tienen un desempeño similar, siendo el programa de Ingeniería Civil el de menor nivel de desempeño, aunque no hay evidencia estadística para sugerir diferencia de desempeño entre este grupo de programas.

Anexo 1

Estadísticas básicas de las competencias evaluadas en Física (N=687)

Dominio/ Competencia	Programa	Media	DS	Mínimo	Máximo	Asimetría	Curtosis
FK1 Campos	Ing. Civil	50,7	9,8	31	80	0,208	-0,116
	Ing. de Sistemas	51,2	10,4	32	80	0,464	-0,082
	Ing. Eléctrica	51,0	10,1	32	84	0,727	0,43
	Ing. Electrónica	52,6	11,1	31	85	0,42	-0,179
	Ing. Industrial	50,8	10,2	32	79	0,371	-0,216
FK2 Ondas	Ing. Mecánica	61,7	13,5	32	89	-0,130	-0,718
	Ing. Civil	50,1	11,6	31	79	0,437	-0,436
	Ing. de Sistemas	52,7	11,5	31	79	0,204	-0,762
	Ing. Eléctrica	51,6	11,9	32	79	0,466	-0,563
	Ing. Electrónica	54,1	10,8	31	79	0,111	-0,546
FK3 Sistemas de partículas	Ing. Industrial	52,5	10,8	33	75	-0,128	-0,819
	Ing. Mecánica	53,3	11,0	33	77	0,018	-0,760
	Ing. Civil	49,0	9,7	26	68	-0,039	-0,447
	Ing. de Sistemas	48,2	8,7	32	66	0,049	-0,776
	Ing. Eléctrica	49,8	9,8	32	79	0,129	-0,251
FK4 Medición experimental	Ing. Electrónica	50,5	9,9	20	75	-0,053	0,039
	Ing. Industrial	51,4	8,9	32	69	-0,17	-0,687
	Ing. Mecánica	55,5	10,0	32	76	-0,224	-0,816
	Ing. Civil	50,6	8,9	32	71	-0,03	-0,683
	Ing. de Sistemas	52,3	10,2	29	77	0,114	-0,168
FC1 Abstracción y Síntesis	Ing. Eléctrica	51,6	9,9	35	71	-0,179	-0,819
	Ing. Electrónica	50,8	9,7	29	69	-0,286	-0,801
	Ing. Industrial	51,3	10,7	29	74	-0,038	-0,833
	Ing. Mecánica	54,6	10,0	35	83	-0,057	-0,188
	Ing. Civil	50,5	9,4	31	74	0,067	-0,649
FC2 Aplicación de Conocimientos	Ing. de Sistemas	51,2	11,0	29	82	0,194	-0,273
	Ing. Eléctrica	52,3	9,8	35	82	0,453	0,242
	Ing. Electrónica	52,7	10,7	29	74	-0,123	-0,738
	Ing. Industrial	51,2	9,8	29	81	0,152	-0,119
	Ing. Mecánica	58,1	10,6	29	81	-0,253	-0,313
FC3 Solución de Problemas	Ing. Civil	49,3	11,0	26	84	0,425	0,152
	Ing. de Sistemas	50,2	10,0	30	74	0,318	-0,56
	Ing. Eléctrica	49,8	10,6	30	89	0,755	0,998
	Ing. Electrónica	51,5	9,9	31	74	0,043	-0,73
	Ing. Industrial	51,6	10,3	30	77	0,108	-0,366
FC3 Solución de Problemas	Ing. Mecánica	59,5	11,8	30	83	-0,49	-0,099
	Ing. Civil	50,5	10,8	29	79	0,329	-0,546
	Ing. de Sistemas	51,2	9,9	29	81	0,123	0,148
	Ing. Eléctrica	51,5	11,1	29	78	0,276	-0,526
	Ing. Electrónica	52,7	9,6	30	72	0,023	-0,492
FC3 Solución de Problemas	Ing. Industrial	51,8	9,9	30	72	0,018	-0,546
	Ing. Mecánica	56,5	11,8	32	85	0,076	-0,38

Fuente: Los autores

A nivel de programa de estudio, aunque no se encontró evidencia estadística para asumir diferencia de desempeño entre competencias, llama la atención que en Ingeniería Mecánica la competencia con mayor desempeño fue “*Aplicar conocimientos en la práctica*”, contrario a los resultados de los demás programas, en los cuales la competencia con mayor desempeño fue “*Abstraer-analizar-sintetizar*.” La estructura del plan curricular en la fundamentación básica de la física de cada programa de ingeniería, pareciera que promoviera una habilidad de procesamiento del conocimiento adquirido para abordar la física. El programa de Ingeniería Mecánica de la FIFM de la UIS, hasta el quinto semestre, tiene establecido 3 cursos de física, al igual que los otros programas de ingeniería. La diferencia radica en que, hasta el quinto semestre, el programa de Ingeniería Mecánica tiene establecido en su plan curricular 4 cursos de física aplicada, al igual que los programas de Ingeniería Civil y Eléctrica, mientras que los programas de Ingeniería de Sistemas, Industrial y Electrónica tienen establecidos en su planes curriculares entre 1 y 2 cursos de física aplicada.

5. Conclusión

El presente estudio muestra evidencia para sugerir que en la enseñanza de la física del ciclo básico de los programas de ingeniería de la FIFM de la UIS predomina el desarrollo de la competencia “*Abstraer-analizar-sintetizar*” más que el desarrollo de las competencias de “*Aplicar conocimientos en la práctica*” e “*Identificar-plantear-resolver problemas*”. El dominio que mostró mayor influencia sobre las competencias fue “*Campos*.” En otras palabras se puede afirmar que la enseñanza de la física a estudiantes de la FIFM de la UIS promueve notablemente el desarrollo de la habilidad de abstracción y síntesis a través de los temas de campo gravitacional, eléctrico, magnético, electromagnético y leyes de Newton, principalmente.

Por otro lado, hay indicios que muestran la influencia que las disciplinas, sus programas de estudio y sus dominios conceptuales, ejercen sobre las competencias en física de los estudiantes de ingeniería de la FIFM de la UIS. Los resultados indican que los diseños curriculares en los programas de ingeniería, durante el ciclo básico, promocionan la enseñanza de la física predominantemente con el pensamiento de la mecánica newtoniana, y posiblemente por ello, los estudiantes de ingeniería mecánica muestran un desempeño relativo mejor que los estudiantes de las otras ingenierías.

Referencias

- [1] American Society of Civil Engineers., The vision for civil engineering in 2025, based on the summit on the future of civil engineering 2025, In American Society of Civil Engineers, June 21-22, 2006. [En línea]. Disponible en: http://www.ril.fi/media/files/vaikkuttaminen/e1_2007_asce_the-vision-for-civil-engineering-2025.pdf
- [2] Silva, E., Educación en ingeniería frente a los acuerdos del libre comercio, Revista de Ingeniería, [En línea]. 24, pp. 115-116, 2006. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1210/121014222019.pdf>

- [3] Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería., Capítulo 1. Características Generales del EXIM, 2010. [En línea]. Disponible en: <http://www.acofi.edu.co/portal/documentos/Capitulo%201.pdf>
- [4] Ministerio de Educación Nacional., Decreto Número 1781 de 2003. [En línea]. Disponible en: http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-86039_archivo_pdf.pdf
- [5] Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería., Resultados Generales EXIM, 2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.acofi.edu.co/wp-content/uploads/2015/03/Resultados-nacionales-aplicaci%C3%B3n-EXIM-2014.pdf>
- [6] Valencia-Giraldo, A., Mejía-Vélez, L.F., Restrepo-González, G., Parra-Mesa, C.M. Muñoz-Ortiz, L.D. y Ochoa-Ángel, J., Primer año en ingeniería: Más allá del rendimiento académico. Revista Educación en Ingeniería, [En línea]. 2(4), pp. 55-68, 2007. Disponible en: <http://www.educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/53/44>
- [7] Mejía-Aguilar, G., Arenas A.L. y Sierra, D., Influencia de los dominios conceptuales en las competencias académicas: Área de matemáticas para ingenierías. Revista Educación en Ingeniería, [En línea]. 9(18), pp. 74-88, 2014. Disponible en: <http://www.educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/419/211>
- [8] Preradovicy, L.S. and Kosic-Jeremic, S. Student achievement in the university entrance examination and the effects of preparation classes – A case study of civil engineering students. Tehnicki Vjesnik-Technical Gazette, 22(3), pp. 785-791, 2015. DOI: 10.17559/TV-20140513114019
- [9] Ministerio de Educación Nacional (MEN), Resolución 2773 de 2003 sobre la calidad para los programas de formación profesional de pregrado en ingeniería. 2003. [En línea]. Disponible en: http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-86417_Archivo_pdf
- [10] Rodríguez, O.R., La evaluación objetiva en ingeniería. Aportes en procesos de evaluación y mejora curricular. World Engineering Education Forum WEEF. Cartagena, Colombia, ACOFI, 2013, pp. 1-8. [En línea]. Disponible en: <http://www.acofipapers.org/index.php/acofipapers/2013/paper/viewFile/367/186>
- [11] Mihret-Zewdie, Z. An investigation of students' approaches to problem solving in physics courses. International Journal of Chemical and Natural Science, [En línea]. 2(1), pp. 77-89, 2014. Disponible en: <http://ijcns.aizeonpublishers.net/content/2014/1/ijcns77-89.pdf>
- [12] Glaser, R., Education and thinking: The role of knowledge. Learning Research and Development Center, University of Pittsburgh, 1985.
- [13] Friege, G. and Lind, G.G., Types and qualities of knowledge and their relations to problem solving in physics. International Journal of Science and Mathematics Education, 4(3), pp. 437-465, 2006. DOI: 10.1007/s10763-005-9013-8
- [14] León-Tejada, P., La enseñanza problémica y las competencias básicas como alternativa para la resolución de problemas de física. Revista Colombiana de Física, 39(2), pp. 657-660, 2007.
- [15] Chi, M.T.H., Glaser, R. and Rees, E., Expertise in problem solving. Learning Research and Development Center, University of Pittsburgh, 1981.

G. Mejía-Aguilar, recibió el título de Ing. Civil en 1989 de la Universidad del Cauca, Colombia, el título de MSc. en Ingeniería de la Construcción en 2003 de la Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia y el título de Dr. en Ingeniería de la Construcción en 2013 de la Universidad de Alabama, Estados Unidos. Actualmente es profesor asociado y coordinador de posgrados de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. Sus temas de investigación incluyen: educación en ingeniería planeación estratégica, sistemas de control y gestión de proyectos. ORCID: 0000-0002-3829-7730

D.M. Franco-Duran, recibió el título de Ing. Civil en 2013 de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, en donde actualmente es estudiante de Maestría en Ingeniería Civil con énfasis en gestión de la construcción. Trabaja como asistente de investigación en el grupo de investigación en estructuras y materiales de construcción. Sus intereses de investigación son: sistemas de control, medidas de desempeño, incertidumbre y gestión de proyectos. ORCID: 0000-0001-8523-9309