

Avances en la implementación de un modelo en Competencias para la enseñanza y el aprendizaje de Ciencias Básicas en Ingeniería

Advances in the implementation of a model in Competencies for the teaching and learning of Basic Sciences in engineering

¹William Becerra Salamanca, ¹Norma Constanza Sarmiento Benavides, ²Luz Denny Romero Mejia, ³Ana Patricia Martínez-González

¹ *Departamento de Matemáticas, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia*

² *Departamento de Física, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia*

³ *Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia*

william.becerra@unimilitar.edu.co

norma.sarmiento@unimilitar.edu.co

luz.romero@unimilitar.edu.co

apmartinezg@unal.edu.co

Resumen— Los enfoques por competencias son objeto de continua discusión en el ámbito universitario y hasta la fecha no se ha logrado un consenso sobre el particular. En Colombia, el Ministerio de Educación Nacional estableció que los currículos deben estar orientados por competencias. En ese sentido, un grupo de profesores de Ciencias Básicas de la UMNG, en el marco de un proyecto de investigación presenta una propuesta de implementación de un modelo basado en Competencias, específicamente dirigido a mejorar la enseñanza de las ciencias básicas para lograr que los estudiantes adquieran un aprendizaje más eficaz. En este artículo, se presentan las características esenciales de la propuesta, se muestran los instrumentos empleados durante la Prueba Piloto, se describen las dificultades encontradas en el proceso y se proponen alternativas para afinar futuras aproximaciones entendiendo que la discusión sobre las Competencias es compleja y sigue abierta.

Palabras clave— Enseñanza de las Ciencias. Desarrollo de Competencias. Dominios Conceptuales. Rúbricas

Abstract— Competency-based approaches are the subject of ongoing discussion at the university level and, to date, no consensus has been reached on the subject. In Colombia, the Ministry of National Education established that curricula should be oriented by competencies. In this sense, a group of Basic Sciences professors of the UMNG, within the framework of a research project presents a proposal for the implementation of a competency-based model, specifically aimed at improving the teaching of basic sciences to ensure that students acquire more effective learning. In this article, the essential characteristics of the proposal are presented, the instruments used during the Pilot Test are shown, the difficulties encountered in the process are described and alternatives are proposed to fine-tune future

approaches understanding that the discussion on the Competences is complex and follows open

Key Word — Teaching and Learning of Science, Competence development, Conceptual Domains, Rubrics

I. INTRODUCCIÓN

Desde hace cerca de quince años se viene hablando en Colombia de educar por Competencias en concordancia con una tendencia universal surgida en Europa y formalizada con la creación del Espacio Europeo de Educación Superior (2001), en respuesta al desafío planteado en la Declaración de Bolonia (1999). En América Latina surgió el Proyecto Alfa Tuning que rápidamente llegó a consolidarse como una metodología reconocida internacionalmente y ha orientado políticas y acciones educativas en diferentes países teniendo como meta la búsqueda de consensos sobre la forma de entender los títulos y los procesos formativos desde el punto de vista de las competencias [1].

En el ámbito universitario y particularmente entre los docentes, la aparición de nuevos términos y metáforas que pretenden denominar de formas aparentemente nuevas lo que ya se conoce hace mucho tiempo, es entendible que cause escepticismo e incluso resistencia [2]. Puede afirmarse, que el medio universitario constituye el lugar donde los pasos dados en la lógica de implementar programas de formación en

competencias son más lentos y más dubitativos [3]. Los nuevos términos y la caracterización de procesos conocidos con sofisticados lenguajes parecieran ser la manifestación de una intención de quienes ostentan el poder para poner la educación al servicio de intereses particulares en aras de la productividad y la eficiencia. En virtud de lo anterior, antes de adoptar estos nuevos enfoques es conveniente efectuar una reflexión acerca de la pertinencia o no de su aplicación.

Es importante tener en cuenta que La Ley General de Educación en Colombia (1994) en lo relativo a los fines de la educación, establece como principios esenciales entre otros, los siguientes:

Capacidad para adquirir y generar conocimientos, acceso a los bienes y valores de la cultura y desarrollo de la capacidad crítica, reflexiva y analítica.

Las competencias científicas y los proyectos educativos enfocados para desarrollarlas en los estudiantes contribuyen de manera directa a garantizar que estos fines de la educación se logren para así tener una sociedad más equilibrada y justa en la cual los ciudadanos analicen con criterio la información que se les presenta y puedan tomar mejores decisiones sobre su futuro. [4].

Este artículo presenta una mirada crítica y propositiva sobre la implementación de un modelo en competencias para la enseñanza de las ciencias en programas de pregrado en ingeniería. Para tal efecto, se adoptan las tres Competencias Genéricas propuestas por el ICFES en el Módulo de Razonamiento Cuantitativo 2015-I [5] y se diseña e implementa en la práctica una prueba piloto con un grupo de estudiantes de segundo semestre de ingeniería en la UMNG. Se seleccionaron y agruparon los Contenidos en Dominios Conceptuales y para uno de ellos, en este caso *Medición y Modelos*, se desarrollaron actividades específicas durante el semestre y se diseñaron las rúbricas para evaluar el desempeño de los estudiantes durante las mismas.

II. LA INVESTIGACIÓN

A. Antecedentes y Justificación

En la UMNG se han realizado muchos esfuerzos por implementar un enfoque en Competencias, en respuesta a las exigencias de la sociedad actual y de los lineamientos del MEN. Tanto desde el punto de vista institucional a nivel general como a nivel de Facultades y programas los avances han quedado registrados en documentos institucionales y en los planes de estudio, pero en la práctica no se ha logrado consolidar de forma consistente una dinámica sostenible y coherente de formación por competencias. De igual forma ha sucedido en muchas universidades del país pues los cambios que un propósito de esta magnitud exige implican reformas estructurales y curriculares de gran magnitud que comprometen a toda la comunidad académica.

En concordancia con esa dinámica y pensando en que todos los esfuerzos convergen hacia el mismo fin, en Convocatoria Interna de 2015 se aprobó el proyecto CIAS 2049 con vigencia de febrero de 2016 a abril de 2017 con el título *Propuesta de un modelo en Competencias para la enseñanza de las ciencias en la UMNG y diseño de un módulo de aplicación*, llevado a cabo por un grupo interdisciplinario conformado por profesores de matemáticas, física y química. El presente artículo se relaciona estrechamente con el proyecto en una reflexión que pretende aportar elementos a la discusión y orientar futuras prácticas.

El trabajo investigativo en el terreno de las Competencias no se asume de manera neutral, este grupo de trabajo está a favor de las reformas enfocadas al desarrollo de competencias asumiendo los peligros y complejidad que los críticos advierten y teniendo como premisa la idea de aportar en ese debate de forma constructiva dando algunos pasos hacia una implementación efectiva y con base en la experiencia de haber trabajado durante muchos años en la enseñanza de las ciencias en un sistema basados en contenidos disciplinares.

Ante la multiplicidad de definiciones e interpretaciones del término competencia que han producido discursos a favor y en contra, en los últimos años se percibe una menor resistencia y ya hay evidencias en las cuales la praxis ha superado al discurso. Ya se presentan acercamientos y acuerdos tácitos de tal forma que el mapa actual es un poco más claro [4]. La polisemia o aparente falta de precisión, se ha convertido en una ventaja por cuanto ha generado un espacio de reflexión académica muy interesante.

Aunque no hay una definición clara y unánime de competencia, tampoco conviene quedarse contemplando esa sucesión de aproximaciones en apariencia divergentes. Para los propósitos que orientan el presente artículo hemos decidido adoptar una definición que a nuestro juicio reúne los elementos sobre los cuales pretendemos llevar a la práctica una intención formativa desde la arista de las ciencias básicas para los programas de ingeniería y corresponde su autoría al sociólogo e investigador suizo Philippe Perrenoud: “*capacidad de acción eficaz frente a un conjunto de situaciones, que uno logra dominar porque dispone, a la vez de los conocimientos necesarios y de la capacidad de movilizarlos positivamente en un tiempo oportuno, para identificar y resolver verdaderos problemas*” [6].

En el mismo sentido se orienta la definición de competencia que propone Jacques Tardiff en los siguientes términos: “una competencia es un saber actuar complejo que se apoya sobre la movilización y utilización eficaces de una variedad de recursos”. Es, en consecuencia, un saber actuar flexible y adaptable a diferentes contextos que requiere una movilización selectiva de recursos. Uno de estos recursos es el conocimiento que, aunque es esencial, no es el único. Las competencias son de un carácter más heurístico que algorítmico [7].

Si se concibe la enseñanza como transmisión de conocimientos que ejercita esencialmente la memoria, las ciencias podrían

reducirse a datos, fórmulas, teoremas, principios y leyes sin conexión, operados a través de procedimientos mecánicos distantes de la realidad. Para que el estudiante pueda establecer conexiones, la brecha entre lo que aprendió en la universidad y los problemas reales, es cada vez mayor. Es posible que sus propios profesores también tengan dificultades para hacerlo.

Teniendo en cuenta que se trata en el fondo de proyectos educativos que apuntan a la formación del ser humano, la discusión no puede quedarse específicamente en el campo de la adquisición de Competencias Científicas, es importante considerar todas las dimensiones de la persona que para el caso de la UMNG se entrelazan en sus fundamentos sagrados: Ciencia, Patria y Familia en una mirada integradora con horizontes transdisciplinarios en donde la ciencia está al servicio del desarrollo del ser humano [8].

En cuanto a las competencias científicas en este contexto se hace referencia a las que sería deseable desarrollar en todos los ciudadanos y particularmente en los estudiantes de programas de pregrado en ingeniería. Ellos requieren apropiarse de ciertos saberes elaborados, conocer el lenguaje en el cual se formulan y, en general, establecer relaciones con el mundo a través de las ciencias. La formación profesional constituye un importante escenario de aproximación a esos dominios pues no basta con poseer los conocimientos, hay que saber cómo emplearlos de manera eficaz y oportuna para afrontar situaciones complejas y resolver problemas.

B. Debate en torno a los enfoques por competencias

Haciendo un balance entre las ventajas y desventajas de los enfoques por competencias, en concepto de los autores del presente artículo, los beneficios a futuro y el impacto esperado a mediano y largo plazo son mucho más significativos que las desventajas o problemas derivados de su aplicación. Específicamente, si se entiende el término competencia en el sentido de ser competente en relación con aptitud e idoneidad y no en el de competir, o de ganarle a los demás [9]. Aunque en el fondo se busca que el estudiante llegue a ser un profesional competente, desde el punto de vista educativo, le apuntamos a una formación que privilegie la comprensión antes que la adquisición de destrezas operativas rutinarias. Dicha comprensión debe estar fundamentada en los Saberes, de ninguna manera se trata de dar la espalda a los contenidos disciplinares, la idea es abordarlos desde otra perspectiva que aporte sentido y pertinencia [10].

Entre los críticos más reconocidos de las competencias en educación se encuentra Ronald Barnett, él afirma que el interés en las competencias tiene un carácter más práctico que epistemológico especialmente porque lo que cuenta en el mundo pragmático de los mercados de trabajo y en las políticas educativas del estado es la decisión de aumentar la capacidad productiva y se descuida un aspecto tan importante como es la comprensión sin tener en cuenta que ésta se relaciona con la verdad mientras que la competencia se queda en la eficacia. Reconoce que en el pasado se han construido los aprendizajes a partir de la asimilación y reproducción de datos que han sido

presentados a los estudiantes, y no son ellos los culpables cuando adoptan estrategias de aprendizaje basadas en repetir pues eso es lo que han observado en quienes son sus modelos y, además, de esta forma es que son evaluados. Sin embargo, la dinámica de la sociedad se fundamenta en el cambio. La comprensión puede estar presente, aunque no se demuestre, pero la competencia no. Comprender significa adoptar una postura crítica al respecto, no tiene sentido afirmar que un estudiante comprende una teoría si solamente es capaz de repetir las formulaciones de ésta. La comprensión real sobre un tema o concepto es evidente cuando se es capaz de resolver situaciones que impliquen su uso.

Compartimos con Barnett la propuesta de promover una capacitación práctica de múltiples perspectivas que privilegie la sensibilidad respecto de los demás, el captar valores en conflicto, apreciar estéticamente las cosas y preocuparnos por el entorno; en últimas una formación más humanística que práctica [11].

Gimeno Sacristán (2009) por su parte, invita a mantener una actitud vigilante sobre lo que está sucediendo con las políticas educativas pues no es moderno simplemente lo que parece reciente o novedoso, sino lo que perdura y transforma la vida y la realidad. Si cambiamos frecuentemente de lenguaje siguiendo cada nueva tendencia que aparezca en el panorama de la educación, no estamos mostrando nuestra flexibilidad ni nuestra capacidad de adaptación sino una volatilidad peligrosa e incluso cierta forma de sumisión.

El concepto de competencia no es del todo claro porque acumula significados de tradiciones diversas y hay muy pocas experiencias de la forma como puede llevarse a la práctica, es importante documentar las experiencias que sobre la marcha vayan surgiendo [2]. Precisamente esa es la intención del proyecto que soporta este artículo, entendiendo que la educación es un proceso dinámico, que los logros no son estados terminales definitivos que se ajustan a los objetivos. Las competencias no pueden entenderse como algo que se tiene o no se tiene, representan estados en proceso de evolución.

C. Marco Teórico

Los referentes teóricos para la investigación son esencialmente los siguientes:

Los documentos e informes del Proyecto Alfa Tuning, la teoría general de Competencias derivada de los trabajos de Philippe Perrenoud y Jacques Tardif y los debates sobre el tema orientados especialmente por Ronald Barnett y Gimeno Sacristán.

También constituyen importantes referencias para este trabajo los documentos del ICFES relacionados con las Pruebas Saber Pro en los módulos de Razonamiento Cuantitativo. Igualmente fueron consideradas las experiencias de Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería ACOFI con las pruebas EXIM en lo relacionado con los Dominios

Conceptuales. Los trabajos de Sergio Tobón [12] para la implementación de competencias en la educación superior, son un punto de referencia muy importante.

Por otra parte, la teoría cognitiva de Gerard Vergnaud es la principal referencia para definir los Dominios Conceptuales por cuanto da especial importancia a la comprensión de los objetos matemáticos y de los conceptos científicos. En ese sentido, se considera un *concepto* como una terna de la forma (S,I,R) donde S es el conjunto de situaciones que le dan sentido al, I es un conjunto de invariantes y propiedades del concepto y R es un conjunto de representaciones simbólicas que se usan para referirse a los Invariantes del concepto y para abordar las situaciones que le dan sentido. Específicamente, la definición de Vergnaud para Campo Conceptual es la siguiente:

“Conjunto informal y heterogéneo de problemas, situaciones, conceptos, estructuras, contenidos y operaciones del pensamiento, conectados unos a otros y, probablemente, entrelazados durante el proceso de adquisición” [6].

En el entorno de un modelo en Competencias, la movilización de saberes hacia la interpretación de situaciones y la Solución de Problemas, no puede implementarse a partir de conceptos o temas aislados. Como lo señala Tobón, éstos deben agruparse en Dominios cuyo tratamiento requiere de conceptos y procedimientos afines [12].

Por otra parte, desde el punto de vista cognitivo un referente casi obligado es la Taxonomía de Bloom pues a pesar de haber surgido en su primera versión por allá en la década de los 50 del siglo pasado, ha sido objeto de varias actualizaciones manteniendo su vigencia como una de las principales teorías para comprender los procesos que se llevan a cabo en la mente del ser humano. Establece una clasificación de objetivos educativos en los dominios cognitivo, afectivo y sicomotor. Específicamente en el dominio cognitivo, se basa en la idea de que las operaciones cognitivas pueden clasificarse en seis niveles de complejidad creciente. No es simplemente una clasificación, es un intento de ordenar jerárquicamente los procesos que se llevan a cabo en la mente del ser humano que proporciona adicionalmente un marco para definir tareas de evaluación y formular objetivos [13]. En el contexto de las competencias es prudente contextualizar y reorientar las acciones, pero el aporte de Bloom es notable máxime si se tiene en cuenta que siempre se interesó por fomentar el desarrollo de los procesos mentales superiores.

Muchos académicos están de acuerdo en que la educación debe contribuir para que las personas puedan resolver tareas mentales complejas antes que reproducir el conocimiento acumulado. Una buena definición de competencias clave debe comprender la movilización de destrezas prácticas y cognitivas, la creatividad y los valores. “cada competencia reposa sobre una combinación de habilidades prácticas y cognitivas, motivación, valores, actitudes y emociones que pueden ser movilizados conjuntamente para actuar de manera eficaz” [14].

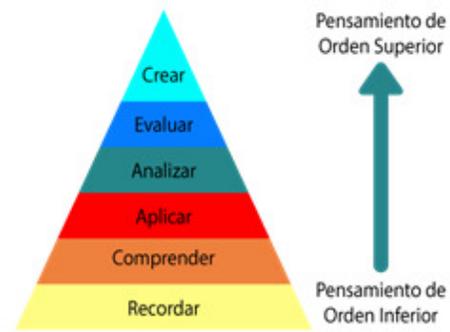


Fig. 1 Taxonomía de Bloom.

D. Metodología

1. Descripción

El proyecto CIAS 2049 es una investigación de carácter cualitativo consistente en la elaboración de una propuesta para la enseñanza de las ciencias, y una Prueba Piloto que se realizó durante un semestre académico, mediante una intervención en el aula. La información se obtuvo a partir de la observación de las sesiones de clase y el análisis de la producción escrita de los estudiantes en sesiones de trabajo específicamente diseñadas con un enfoque en competencias y con los instrumentos propios del modelo.

La mencionada investigación tuvo una duración de un año y dos meses en cumplimiento de una convocatoria interna de la UMNG. Se realizó una revisión bibliográfica para conocer el estado del arte y definir los referentes teóricos más representativos, se asumieron las Competencias Genéricas definidas por el Icfes para el Razonamiento Cuantitativo, por cuanto se consideró que implican la comprensión y la aplicación de procedimientos y conceptos genéricos de las ciencias básicas, que permiten al profesional asumir posiciones críticas y tomar decisiones fundamentadas en las ciencias básicas. Las Competencias son: Interpretación y Representación, Formulación y Ejecución y Argumentación.

Se definieron niveles de adquisición de las mencionadas competencias, de forma tal que los avances hacia procesos cognitivos de mayor complejidad, están en concordancia con los que se registran en la Taxonomía de Bloom [13].

La Tabla 1, muestra las Competencias Genéricas definidas y los niveles de desarrollo de las mismas en una adaptación que es resultado del trabajo del grupo.

Posteriormente, se realizó un estudio de los contenidos de las asignaturas correspondientes a las Ciencias Básicas que convergen en segundo semestre de Ingeniería en la UMNG con el propósito de organizarlos en Dominios Conceptuales. Las asignaturas son: Cálculo Diferencial, Álgebra Lineal, Física Mecánica con su respectivo laboratorio y Química. Para la mencionada distribución se tuvieron en cuenta los dominios propuestos por el ICFES y los que utiliza ACOFI en las pruebas

EXIM. Los Dominios que finalmente se consideraron son los siguientes:

En Física: Movimiento e interacciones, Leyes de conservación y Medición y Modelos.

En Matemáticas: Variación y Cambio, Espacio, forma y estructuras, Aleatorio y Medición y Modelos.

En Química: Materia y Energía.

En la Tabla 2, a manera de ejemplo, se muestran los contenidos del Dominio Medición y Modelos para las tres asignaturas del área de Física, mientras que en la Tabla 3 se observa el Dominio Transversal Medición y Modelos y sus correspondientes contenidos en las asignaturas del área de Matemáticas.

2. Prueba Piloto

La intervención en el aula se llevó a cabo durante el primer semestre de 2016 con un grupo de 16 estudiantes de segundo semestre de Ingeniería Civil en desarrollo de un curso de Laboratorio de Física orientado por uno de los investigadores. El curso se desarrolló normalmente cumpliendo con los contenidos programáticos oficiales, pero destinando especial atención y brindando el tiempo requerido para las tres sesiones en que se realizaron las actividades específicas del proyecto. Se eligió el Dominio Transversal Medición y Modelos por incluir temas muy importantes que pueden tratarse desde las diferentes disciplinas.

Las actividades fueron diseñadas teniendo en cuenta la interrelación entre las diferentes ciencias y las necesidades de los estudiantes de Ingeniería en su formación básica, según el

perfil del egresado de Ingeniería de la UMNG. Para evaluar el desempeño de los estudiantes fue diseñada una rúbrica que se ajustara al dominio transversal y a los niveles de competencia que se registran en la Tabla 1. Cabe anotar que durante las sesiones de clase correspondientes a las actividades, participaron al menos dos profesores de diferente área para organizar y observar el trabajo de los estudiantes.

Para las Rúbricas se utilizó el modelo que se muestra en el siguiente esquema y que fue implementado en la práctica por la Universidad de Barcelona [15].

Dimensiones	Indicadores	Descriptorios por Nivel			
		1	2	3	4
D1	I1				
	I2				
D2	I1				
	I2				
	I3				

A continuación, se encuentran las tablas 1, 2 y 3 referenciadas con anterioridad.

NIVELES	INTERPRETACIÓN Y REPRESENTACIÓN	FORMULACIÓN Y EJECUCIÓN	ARGUMENTACIÓN
	Desempeños que Evalúan	Desempeños que Evalúan	Desempeños que Evalúan
PRIMER NIVEL	Identifica variables, conceptos, leyes, teorías y estructuras matemáticas e información relevante en un texto.	Comprende y relaciona conceptos, modelos y representaciones.	Deduce información que le permite plantear hipótesis, conjeturas o posibles explicaciones, de una o más situaciones problema.
SEGUNDO NIVEL	Muestra información presente en uno o más textos empleando tablas, diagramas o gráficos.	Organiza información presente en una situación problema y establece estrategias para su resolución.	Formula y compara métodos de solución de problemas, comprobando o rechazando la hipótesis planteada, teniendo en cuenta diversos criterios o perspectivas y aplicando conocimientos externos.
TERCER NIVEL	Interpreta información representada en gráficas, diagramas o tablas, mediante herramientas conceptuales, matemáticas y/o estadísticas.	Analiza y evalúa estrategias para abordar y resolver situaciones problema, relacionando modelos o teorías científicas.	Discute los resultados obtenidos a partir de los diferentes métodos empleados para la solución de problemas.
CUARTO NIVEL	Compara información representada en gráficas, diagramas y/o tablas, provenientes de diferentes fuentes de información, con su sentido o significado dentro del contexto de una situación.	Resuelve problemas usando herramientas conceptuales, matemáticas y/o estadísticas; probando diferentes alternativas para la solución de la misma.	Argumenta a favor o en contra de un procedimiento para resolver un problema dado, dentro de unos criterios establecidos.

Tabla 1. Competencias Genéricas y niveles de desarrollo

Dominio Conceptual	Física Mecánica	Calor y Ondas	Electricidad y Magnetismo
MEDICIÓN Y MODELOS	Sistemas de unidades y conversiones. Teoría de errores. Tablas – representaciones gráficas. Regresiones. Álgebra vectorial. Funciones Diagramas de cuerpo libre.	Sistemas de unidades y conversiones. Teoría de errores. Tablas – representaciones gráficas. Regresiones. Álgebra vectorial. Funciones Diagramas de cuerpo libre.	Sistemas de unidades y conversiones. Teoría de errores. Tablas – representaciones gráficas. Regresiones. Álgebra vectorial. Funciones Diagramas de cuerpo libre.

Tabla 2. Dominio Transversal en Física

DOMINIO CONCEPTUAL	MATEMÁTICA BÁSICA	CÁLCULO DIFERENCIAL - ALGEBRA LINEAL	CÁLCULO INTEGRAL	CÁLCULO VECTORIAL	ECUACIONES DIFERENCIALES	PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA
MEDICIÓN Y MODELOS	Modelamientos: Función Lineal, Función Cuadrática, Función Exponencial y Logarítmica	Vectores	Integración	Integrales de Línea		Teoría de Errores
		Derivadas	Cálculo de Área			Tablas de Estadística
		Recta Tangente	Cálculo de Volúmenes			Regresión Lineal
		Razón de Cambio				

Tabla 3. Dominio Transversal en Matemáticas

A continuación, en las Tablas 4 y 5 aparecen las Rúbricas específicos, así como los Indicadores y Descriptores por nivel empleadas. Allí se registran las Dimensiones o temas tanto en Física T4 como en Matemáticas T5.

Dimensiones	Indicadores	1	2	3	4
Unidades	Sistemas de unidades	Presenta dificultades en identificar las unidades de las variables en un determinado contexto.	Identifica algunas unidades básicas en el sistema Internacional de unidades (SI), en algunos contextos.	Identifica las unidades básicas simples y algunas unidades que se derivan de las fundamentales en el sistema inglés y en el SI, de las variables implicadas en la medición y/o en algunos contextos.	Reconoce las unidades básicas simples o unidades que se derivan de las fundamentales en el sistema inglés y en el SI, de las variables implicadas en la medición y/o en diferentes contextos.
	Conversiones	Presenta dificultades para identificar cuándo realizar una determinada conversión.	Realiza algunas conversiones simples con dificultad; identifica algunos factores de equivalencia de unidad básicos.	Realiza conversiones simples y algunas compuestas, reconoce el factor de equivalencia de unidad de las variables en un determinado contexto.	Realiza con destreza conversiones de unidades en diferentes contextos e identifica las unidades de variables nuevas.

Tabla 4. Rúbrica empleada en Física

		DESCRITORES POR NIVEL			
Dimensiones	Indicadores	1	2	3	4
Concepto de función y sus diferentes formas de representación	Caracterización de funciones: definición, condiciones	Identifica las características de una relación pero le cuesta establecer si es función o no. Determina con dificultad el dominio de una función.	Representa funciones con diagramas cartesianos y de flechas. Establece el dominio de una función. A sus gráficas les falta claridad y/o un adecuado manejo de las escalas	Representa en forma clara las funciones gráficamente con adecuado manejo de las escalas. Puede graficar utilizando transformaciones de funciones	Argumenta con base en la teoría y en los conceptos matemáticos relacionados con las funciones. Comunica con claridad sus razonamientos y conclusiones.
	Manejo de tablas de datos y gráficas en el plano cartesiano	Representa funciones sencillas en el plano cartesiano, sustituye correctamente valores en una función dada	Organiza correctamente los datos en tablas y emplea calculadora con destreza y precisión. Presenta sus gráficas de forma estética y clara.	Relaciona las variables y establece conexiones dando explicaciones adecuadas a sus afirmaciones.	Compara diferentes representaciones y argumenta sus afirmaciones referidas a los datos y a las gráficas que presenta

Tabla 5. Rúbrica empleada en Matemáticas

En las siguientes páginas, se describen las Prácticas realizadas durante la Prueba Piloto, y para cada una de ellas se registran observaciones del desempeño de los estudiantes y se analizan los resultados obtenidos.

Práctica 1. Modelo Lineal

Descripción

A partir de una tabla de datos que registra la variación de la presión a diferentes profundidades en el océano, se pide a los estudiantes que representen gráficamente los datos y encuentren la relación funcional entre presión y profundidad por el método de regresión. Para hacerlo, pueden hacer uso de la calculadora o de la aplicación correspondiente en Excel. Finalmente, los estudiantes deben interpretar lo que representa el valor de la pendiente de la recta.

Análisis de los resultados

En relación con la competencia Interpretación y Representación, los estudiantes presentan dificultad para identificar la variable dependiente e independiente, una vez identifican las variables realizan su gráfica sin ninguna dificultad, manejando adecuadamente la escala en el papel. En la segunda competencia formulación y ejecución, que se refiere a la representación funcional entre las variables, se evidencia que 6 (38%) de los 16 estudiantes hallaron los valores de las constantes de la función, pero no entienden cómo escribir la función, porque no tienen claro el concepto de función, adicionalmente, se les dificulta entender que los valores de las constantes de la función usualmente tienen unidades que las identifican.

En relación con la Competencia de Argumentación, 4 estudiantes mencionaron que la pendiente obtenida representa una razón de cambio o un factor de relación entre la presión y la profundidad, pero ninguno relacionó su significado con conceptos físicos.

Estos resultados, dejan en evidencia deficiencias de los estudiantes a nivel de comprensión, aunque desde el punto de vista procedimental, se notan avances a nivel de Formulación y Ejecución que no alcanzan un nivel Argumentativo que vincule la situación con la teoría.

Práctica 2. Densidades

Descripción

Se realizó una práctica relacionada con el dominio transversal de mediciones y modelos, trabajando el concepto de densidad. Se planteó realizar una prueba diagnóstica con los niveles más bajos (1 y 2) en las tres competencias planteadas para los estudiantes de ingeniería.

Las preguntas realizadas fueron las siguientes:

1. ¿Qué entiende por densidad de un material? (**Competencia: Interpretación y representación, primer nivel**)
2. ¿Cuál es la expresión matemática para determinar la densidad de un material? (**Competencia: Interpretación y representación, primer nivel**)
3. ¿Considera usted que es importante conocer la densidad de un material?, explique (**Competencia: Formulación y ejecución, primer nivel**)
4. Explique por lo menos dos formas para determinar experimentalmente la densidad de un material (**Competencia: Argumentación, segundo nivel**).

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 6, allí se observa que la gran mayoría de los estudiantes cuentan con el primer nivel de la competencia de Interpretación y representación que está relacionada con identificar variables, conceptos, leyes, teorías y estructuras matemáticas e información relevante en un texto; ningún estudiante cuenta con el primer nivel de la competencia Formulación y ejecución que está relacionado con comprender y relacionar conceptos, modelos y representaciones; y muy pocos tienen el segundo

nivel de la competencia Argumentación que el estudiante Formula y compara métodos de solución de problemas, comprobando o rechazando la hipótesis planteada, teniendo en cuenta diversos criterios o perspectivas y aplicando conocimientos externos. Esto nos indica que las mayores deficiencias se centran en las competencias de Formulación y ejecución, y Argumentación, encontrando que el estudiante tiene clara la expresión matemática relacionada con la determinación de la densidad de un material, pero que no tiene muy claro como determinarla experimentalmente y como se relaciona el concepto con su aplicación en la vida diaria.

Pregunta No.	Respuestas correctas	Respuestas incorrectas	No contestaron
1	6	9	1
2	13	3	0
3	0	16	0
4	3	13	0

Tabla 6. Resultados obtenidos para la prueba diagnóstico relacionada con la práctica de densidades.

Adicionalmente, se realizó una práctica con el fin de afianzar el concepto, relacionar conocimientos de matemáticas, físicos y químicos, y además, llevar al estudiante a trabajar las competencias donde encontramos deficiencias, como son Formulación y Ejecución, y Argumentación, trabajando varios niveles de estas competencias. En este caso el ejercicio fue realizado en grupos de 4 personas, para que por medio de la discusión pudieran explicar fenómenos observables mediante la experimentación.

El objetivo de la práctica fue Comprender y aplicar el concepto de densidad, explicando con argumentos científicos las situaciones experimentales planteadas, empleando el concepto de densidad y el principio de Arquímedes.

A cada grupo se les entregaron 4 tubos cerrados que contenían una pieza de plástico idéntica y un líquido diferente en cada uno de ellos. Tubo 1 (agua, más denso que el objeto), Tubo 2 (etanol, menos denso que el objeto), Tubo 3 (agua:etanol con mayor proporción de etanol para que la densidad sea menor que la del objeto, Tubo 4 (agua: etanol con mayor proporción de agua para que la densidad es mayor que la del objeto).

Posteriormente, se formularon las siguientes preguntas:

1. Escribir lo que observa en cada uno de los tubos, fijándose en la posición del objeto de plástico dentro del tubo (**Competencia: Argumentación, primer nivel**).
2. Para cada uno de los tubos explique por qué el objeto de plástico se encuentra en la posición observada y qué relación tiene esto con el concepto de densidad (**Competencia: Formulación y Ejecución, tercer nivel**).
3. Ahora tome un tubo a la vez y agítelo cuidadosamente varias veces, déjelo en reposo y observe que sucede con el objeto de

plástico. ¿Qué pasa con la velocidad y la dirección del movimiento del material? Repita el procedimiento con el siguiente tubo. (**Competencia: Argumentación, primer nivel**).

4. Para cada uno de los tubos explique por qué el objeto de plástico tiene esa velocidad y ese movimiento, qué relación encuentra entre el fenómeno y el concepto de densidad o el principio de Arquímedes. (**Competencia: Argumentación, segundo nivel**).

5. Ahora tome el tubo 1 y el tubo 3, agítelos cuidadosamente varias veces, déjelos en reposo y observe que sucede con el objeto de plástico. Explique por qué es diferente la velocidad teniendo en cuenta que las sustancias contenidas en los tubos son diferentes, y el objeto de plástico es el mismo. Relacione sus explicaciones con el concepto de densidad. Haga lo mismo con los tubos 2 y 4 (**Competencia: Argumentación, segundo nivel**).

6. Mencione un ejemplo de la vida cotidiana donde considere usted que se aplica el concepto de densidad. Explique el fenómeno de acuerdo a los conocimientos adquiridos en las actividades realizadas (**Competencia: Formulación y ejecución, segundo nivel**).

7. A continuación encontrará dos situaciones relacionadas con personas que están en el agua.



Situación A



Situación B

¿Por qué en la situación A la persona puede flotar sin necesidad de moverse, mientras que en la situación B necesita estar en movimiento siempre? ¿Cómo se pueden explicar estas situaciones empleando el concepto de densidad y el principio de Arquímedes? (**Competencia: Argumentación, cuarto nivel**).

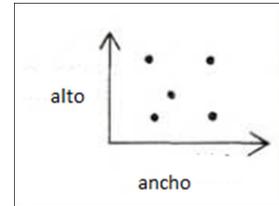
Análisis de resultados

Después de realizar la práctica y analizar los informes entregados por los estudiantes, se puede decir que:

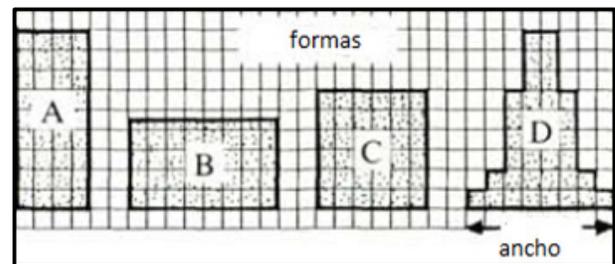
Pregunta	Resultados estudiantes
1	De manera general los estudiantes indican la posición del objeto de plástico respecto a las sustancias en los tubos de manera correcta
2	Al tratar de relacionar lo que están observando con el concepto de densidad, los estudiantes

	empiezan a tener dificultades y solo 2 grupos logran realizar una asociación correcta
3	3 de los 4 grupos explican bien sus observaciones respecto a este punto, sin embargo, 1 de ellos no tiene claro el resultado y es por agitar los tubos muy fuertes, lo cual indica que no siguen instrucciones.
4	Al tratar de relacionar lo que están observando con el concepto de densidad, los estudiantes presentan dificultades y solo 2 grupos logran realizar una asociación correcta. Son los mismos grupos que tienen correcta la respuesta a la pregunta 2.
5	En este caso los 4 grupos tienen respuestas que son correctas y que explican los fenómenos observados. Esto indica que además del trabajo realizado en grupo que va fortaleciendo la competencia de argumentación, la guía de los profesores durante el desarrollo de la práctica hace que ellos puedan integrar su conocimiento y explicar fenómenos con argumentos científicos.
6	Los 4 grupos logran usar ejemplos donde se evidencia este concepto, con mayor o menor claridad en el momento de exponer su idea, pero para este punto tienen clara la relación entre el concepto y el fenómeno.
7	En los 4 grupos se observa que se presentan dificultades para integrar 2 conceptos científicos diferentes que permiten explicar un solo fenómeno y aun cuando tienen claro el concepto de densidad, no saben cómo relacionarlo con el principio de Arquímedes para dar una explicación a los fenómenos descritos. Solo un grupo muestra acercarse un poco a la explicación.

En la primera sección, se presenta un acercamiento al concepto de dependencia entre dos magnitudes en una situación con figuras geométricas de igual área, y con variaciones en el ancho y la altura. EL propósito es avanzar hacia la caracterización de una función mediante el empleo de diferentes formas de representación.



En la gráfica se muestra la relación entre el ancho y el alto de las siguientes figuras



A continuación, se formulan las siguientes preguntas:

1. Marcar cada punto en la siguiente gráfica con las letras A, B, C y D
2. Explicar la forma en que se determinaron las dimensiones de la figura D.
3. Dibujar un diagrama de dispersión que muestre varios rectángulos con un área de 36 unidades cuadradas y describir la tendencia de los puntos que cumplen la condición.
4. Sombrear en un nuevo diagrama la región del plano que corresponde a los rectángulos con área mayor de 36 unidades cuadradas.
5. Si h : altura; $w = ancho$, ¿encontrar la función $h = f(w)$ que caracteriza a los puntos que representan rectángulos de 36 unidades cuadradas de área?
6. Dar ejemplos de otras parejas de magnitudes que se comporten de forma similar

En la segunda parte, a partir de una situación tan cotidiana como el proceso de llenado de una botella, se estudia la variación entre dos magnitudes a partir de la simple observación y luego se incorporan en el análisis conceptos matemáticos como el de pendiente y el de derivada de una función sin hacer explícitamente referencia a ellos [16].

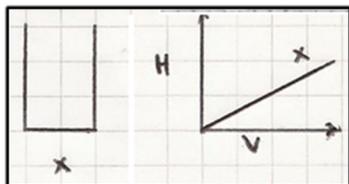
Práctica 3. Funciones

Descripción

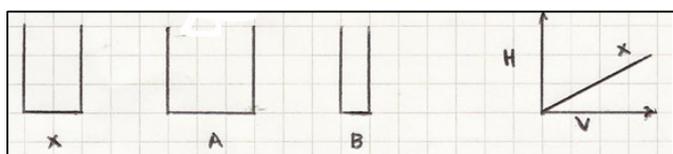
La actividad se diseñó con el propósito de observar la actuación de los estudiantes desde la óptica de un modelo de Competencias que permita caracterizar su desempeño por niveles en concordancia con la rúbrica diseñada para tal efecto. En esencia se trata de una prueba piloto cuyo análisis permita hacia el futuro diseñar actividades de aprendizaje que contribuyan al desarrollo de competencias de los estudiantes de ingeniería en el campo de las ciencias.

El trabajo se divide en dos partes: Formas y Gradientes.

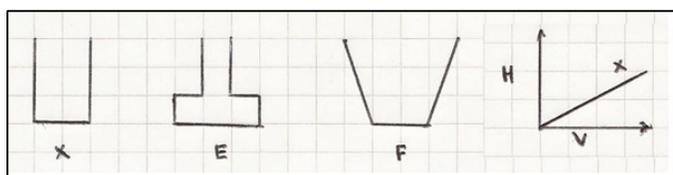
En efecto, para calibrar una botella de manera que pueda ser usada para medir líquidos, es necesario conocer como la altura del líquido (H), depende del volumen (V) del mismo dentro de la botella. La primera gráfica muestra como la altura (H) del líquido en el vaso X varía cuando el agua es vertida continuamente en él.



Ahora se pide representar la relación con diferentes tipos de envases



¿cómo será la gráfica si el envase es de alguna de estas formas? Observemos que de nuevo se toma como referencia el recipiente X.



Fuente: Shell Centre for Mathematical Education TST [15]
Adaptación Libre

Análisis de los resultados

En el siguiente cuadro se muestran las Dimensiones y los Indicadores que se tuvieron en cuenta

Dimensiones	Indicadores
Área de figuras planas	A partir de las gráficas de diferentes figuras, identificar en plano cartesiano pares ordenados que las representen
Concepto de función y sus diferentes formas de representación	Representación cartesiana y analítica de relaciones entre dos magnitudes
Modelos de proporcionalidad inversa	Caracterización del tipo de proporcionalidad que existe entre las dos dimensiones de rectángulos con la misma área.

Magnitudes que varían en forma inversamente proporcional	Generalización de un tipo de relación entre dos variables mostrando otras que se comportan de manera similar
Pendiente de una recta Variación Razón e cambio	Observación a partir de una gráfica Aplicación en situaciones diferentes Explicación de las elecciones que se realizan

En general los estudiantes manejan bien las representaciones en el plano, pero al momento de dar explicaciones, sus respuestas son insuficientes y con escasa referencia a la teoría.

Cuando se piden ejemplos de parejas de magnitudes que se relacionan de forma similar, en la mayoría de los grupos las respuestas son erróneas e incompletas. Por ejemplo, mencionan una sola magnitud.

Sin embargo, por la familiaridad con los rectángulos y con el concepto de área, puede afirmarse que en esta parte de la actividad los estudiantes estarían en su mayoría en el nivel 2 de la Tabla 1 en las dos primeras competencias. En Argumentación, los resultados son deficientes.

En la segunda parte de la actividad, en lo relacionado con Gradientes, los estudiantes en su mayoría mostraron un interés auténtico por resolver las preguntas. En cada uno de los grupos se eligió un relator para explicar la respuesta ante todo el grupo, los aportes de los demás alumnos resultó muy valioso para ir mejorando la calidad de las respuestas. Todo parece indicar que sin la presión de una calificación y ante una situación interesante, se pueden lograr mejores evidencias de los razonamientos de los estudiantes. Es evidente sí, la dificultad que tienen para expresar en forma escrita los argumentos relacionándolos con los conceptos matemáticos; mejorar en ese aspecto, constituye uno de los retos más importantes para la enseñanza de las ciencias.

III. CONCLUSIONES

Más allá de estar o no de moda, los enfoques por competencias tienen muchos elementos importantes que constituyen un avance para afrontar los problemas de la educación en la actualidad, proporcionan una mirada muy interesante para abordar la organización y selección de los temas a estudiar, las actividades a realizar y la forma en que se va a evaluar. Sin embargo, es exagerado atribuirles ventajas más allá de su alcance real [17]. Digamos en principio, que su puesta en marcha es compleja y el tiempo requerido para planear y

evaluar las actividades conducentes a desarrollarlas es significativamente mayor que el empleado en el modelo tradicional. También es importante tener en cuenta que sus efectos sólo pueden verse, como lo afirma Tobón, a mediano e incluso largo plazo [12].

No es conveniente tomar decisiones sobre la formación de nuevas generaciones simplemente por estar a la moda o en respuesta a presiones externas. Sin embargo, tampoco es bueno que ante las nuevas realidades y necesidades de la sociedad, nos apeguemos a viejas tradiciones que si bien han funcionado, pueden ser contrarias a la innovación y distantes del interés de nuestros estudiantes de hoy. Es necesario actuar.

La funcionalidad del aprendizaje y la aplicación de los conocimientos adquiridos en diferentes contextos no es una propuesta original ni exclusiva de los enfoques por competencias, pues ya se había mencionado con mucha anterioridad en las teorías constructivistas del Aprendizaje Significativo. Tal vez lo novedoso sea poner dicha funcionalidad en primer plano y priorizar el aprendizaje [17].

Los cuestionamientos que se hacen sobre la enseñanza tradicional son plenamente justificados fundamentalmente si ésta mantiene su carácter academicista lineal basado en la exposición magistral de parte del profesor y reproducción de los mismos contenidos por parte de los estudiantes en pruebas escritas. Otra gran debilidad del modelo es la escasa referencia que se hace a situaciones y problemas de contexto pues los conocimientos quedan dispersos en la estructura cognitiva del estudiante sin posibilidad de ser usados en forma eficaz.

Las prácticas realizadas con los estudiantes y su posterior análisis a la luz de los enfoques por competencias nos permiten finalmente formular las siguientes conclusiones:

El trabajo colaborativo en grupo con la presencia del profesor es un escenario propicio para el desarrollo de competencias. Todo estudiante necesita expresar sus percepciones en un ambiente tranquilo que le permita discutir para mejorar sus argumentaciones vinculándolas con los conceptos científicos.

Una evaluación bien orientada con base en rúbricas sencillas que den cuenta del proceso que vive el alumno y no se limite a tomar la foto final, puede ser un insumo esencial para lograr mejores prácticas. Es decir, aunque parezca extraño, los cambios pueden darse a partir de la evaluación porque si sabemos qué evidencias esperamos encontrar del desarrollo de competencias, también tendremos mayor claridad sobre las actividades y tareas que debemos proponer a los estudiantes para desarrollarlas.

La idea es trabajar en equipos interdisciplinarios organizando de forma selectiva los temas más importantes de cada área, agruparlos en Dominios Conceptuales [18] y enfocar hacia la Resolución de Problemas los conocimientos que el estudiante adquiere. Dichos problemas en principio serán de baja complejidad o se presentarán como simulación de situaciones

reales que gradualmente irán ganando en complejidad y estarán más cerca de los problemas del mundo real. No todo lo aprendido puede ser inmediatamente aplicado en una situación real, en las clases se van generando aproximaciones de carácter formativo que contribuyen en la formación integral del futuro ingeniero.

REFERENCIAS

- [1] OCDE. Reflexiones y perspectivas de la educación superior en América Latina. Informe final Proyecto Tuning. 2007
- [2] J.Gimeno Sacristán, *Educación por competencias, ¿qué hay de nuevo?*, Madrid: Ediciones Morata, 2009
- [3] Ph. Perrenoud, *Construir competencias desde la escuela*, Santiago: Ediciones Noreste. C. Sáez, 2006
- [4] C.A. Hernández. ¿Qué son las competencias científicas? En Foro Educativo Nacional. 2005
- [5] ICFES. Módulo de Razonamiento Cuantitativo. Saber Pro 2015 -1
- [6] M. Moreira, La teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud, la enseñanza de las ciencias y la investigación en el área, publicado en Investigaciones en Enseñanza de las Ciencias 7 (1), 2002
- [7] J. Tardiff..Desarrollo de un programa por Competencias: De la intención a la puesta e marcha. *Pedagogie collegiale*. Vol. 16, No. 3. 2003
- [8] Referentes pedagógicos y de formación por competencias en la Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, 2017
- [9] Vasco, C. Problemas y desafíos de la evaluación por competencias. Conferencia en Asocolme, 2010. Univerisia 2008
- [10] Ph. Perrenoud. Construir las competencias, ¿es darle la espalda a los saberes?. En Revista U. Revista de Docencia Universitaria, num monograf. II. Recuperado en www.redu.um.es/Red_U/m2. 2008
- [11] R. Barnett. *Los límites de la competencia. El conocimiento, la educación superior y la sociedad*. Barcelona, Gedisa, 2001
- [12] S. Tobón ... [et al], *Competencias, calidad y educación superior*, Bogotá, Cooperativa Editorial Magisterio, 2006
- [13] Bloom, et al. Taxonomía de los objetivos educativos. El dominio cognitivo. Nueva York. David McKay, 1956
- [14] OCDE. La definición y selección de competencias clave- Resumen ejecutivo. (DeSeCo).
- [15] J. Alsina et al. Rúbricas para la evaluación de Competencias. Cuadernos de docencia universitaria. Universidad de Barcelona. 2013
- [16] The Language of Functions and Graphs. Shell Centre for Mathematical Education. University of Nottingham. 1985

- [17]C. Coll. Las competencias en la educación escolar: algo más que una moda y mucho menos que un remedio. En Aula de Innovación Educativa, Núm. 161. Universidad de Barcelona.2007.
- [18]ACOFI. Aspectos generales del Exim. Recuperado de <http://www.acofi.edu.co/programas-de-apoyo/examen-de-ciencias-basicas/>.