CAPÍTULO V

EDUCACIÓN STEM INTEGRADA COMO ESTRATEGIA PARA LA PERMANENCIA ESTUDIANTIL EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

Sandra Barragán

Doctora en Modelado para la Política y la Gestión Pública. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Correo electrónico: sandra.barragan@utadeo.edu.co. ORCID <http://orcid.org/0000-0001-6503-4445>.

Favio Cala

Doctor en filosofía. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Correo electrónico: favio.cala@utadeo.edu.co. ORCID <http://orcid.org/0000-0001-8953-9034>.

Resumen

La deserción estudiantil en las Instituciones de Educación Superior colombianas es un fenómeno resistente a las políticas públicas y privadas. En los últimos años se ha intensificado alcanzando la segunda tasa más alta en América Latina. Para mejorar la capacidad institucional en la gestión de la permanencia estudiantil, en este trabajo se analiza la contribución de la educación STEM integrada a través de la modelación matemática al mejoramiento de la calidad académica y al incremento del nivel de logro académico de los estudiantes. Este mejoramiento se constituye en un eje importante del modelo gubernamental para morigerar las causas asociadas al determinante académico. Particularmente, se enfatiza en la metodología de enseñanza basada en estilos de aprendizaje mediante la educación STEM integrada, puesto que permite desarrollar competencias en los estudiantes, así como fortalecer la práctica educativa. Para ilustrar el enfoque analizado, se presentan dos ejemplos de la modelación matemática aplicados al contexto de los dominios cognitivos del Álgebra Lineal y del Cálculo Vectorial enmarcados en el *habitus* institucional de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Adicionalmente, se muestran ítems diseñados para evaluar el nivel de logro académico de los estudiantes, dada la importancia de alinear los objetivos de formación, las actividades de clase y la evaluación. El proceso de evaluación y seguimiento de la metodología se encuentra en progreso. Se han adelantado observaciones y mediciones que revelan aspectos positivos de esta implementación. Se concluyó que la adopción de la modelación matemática facilita el desarrollo de las competencias de los estudiantes en los sentidos educativo y laboral, al mismo tiempo que fortalece la práctica educativa al fomentar la actualización de las habilidades docentes y de investigación de los profesores.

Palabras clave: deserción estudiantil, educación STEM integrada, graduación oportuna, matemáticas.

INTEGRATED STEM EDUCATION AS A STRATEGY FOR STUDENT PERMANENCE IN HIGHER EDUCATION

Abstract

Student dropout in Higher Education Institutions is a phenomenon resistant to public and private policies, but the situation has dramatically intensified over recent years. The Colombian dropout rate is the second highest in Latin America. To improve the institutional capacity in the management of student permanence, this chapter analyses the contribution of integrated STEM education using mathematical modelling for the improvement of academic quality and student academic level. This improvement is an important component of the government model. In this chapter, the teaching methodology based on learning styles is emphasised. To illustrate the approach analysed, two examples of mathematical modelling in the context of Linear Algebra and Vector Calculus cognitive domains are displayed. These examples are framed in the institutional habitus of the Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Also, closed-ended questions designed to assess students' level of knowledge are shown given the importance of aligning training objectives, class activities and assessment. Although the process of monitoring and evaluation of the methodology is in progress, observations and measurements revealed positive aspects of this implementation. Among these, it was concluded that the adoption of mathematical modelling facilitates the development of students' competencies in the educational and work senses, simultaneously strengthening the educational practice by encouraging the updating of the teaching and research skills of teachers.

Keywords: integrated STEM education, mathematics, student dropout, timely graduation.

Proyecto de investigación: Una aproximación a la retención estudiantil en la educación superior colombiana desde una perspectiva de modelación.

Introducción

En abril de 2019, Santos y Cajiao, (2019) expusieron 8 razones por las que las matrículas a nivel universitario se redujeron entre un 10% y 20% en Colombia. En lo que es modificable por las Instituciones de Educación Superior (IES), se puede mencionar que a los jóvenes la forma tradicional de adquirir conocimientos ya no les resulta atractiva, más aún, considerando todas las formas de acceso al conocimiento que encuentran en internet, adicionalmente, ya no se interesan en procesos de formación de 4 años que no los hacen competitivos en el campo laboral; mismos que además los hace sentir incapaces (Santos y Cajiao, 2019). El adjetivo «brutal» empleado por estos autores, para referirse a esta baja de matrículas no es algo desprevénido y en todas las IES colombianas se ha experimentado.

Ante este panorama, el objetivo del presente capítulo es explorar la modelación matemática como una alternativa de la educación STEM integrada en su calidad de enfoque interdisciplinario que permite el mejoramiento de la calidad académica, el incremento del

nivel de logro académico de los estudiantes y de las habilidades docentes en las IES, lo que favorece la permanencia estudiantil y la graduación oportuna.

Fundamentación teórica

La educación STEM

El significado del acrónimo STEM es “*Science, Technology, Engineering and Mathematics*” (en español, a veces se refieren a educación CTIM como acrónimo de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas). La educación STEM es un enfoque para el aprendizaje en el que se logra la aproximación a conceptos académicos con grados de dificultad considerables desde la ciencia, la tecnología, las matemáticas, la ingeniería y las experiencias propias de los estudiantes (TKI, 2019; Vásquez, 2014; Tsupros, Kohler, y Hallinen, 2008; Holmlund, Lesseig, y Slavitt, 2018).

Así, la educación STEM implica:

1) la conciencia de los roles de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas en la sociedad moderna; 2) la familiarización con algunos conceptos en cada una de las áreas; y 3) un nivel básico en el dominio de las aplicaciones, es decir, la habilidad crítica para evaluar la ciencia o la ingeniería en un nuevo contexto, resolver problemas de tecnologías comunes y desempeñarse en situaciones básicas de matemáticas para la vida diaria” (National Academy of Engineering and National Research Council, 2014, p. 34).

Adicionalmente, Kelley y Knowles (2016), definen la educación STEM integrada como “enseñar el contenido STEM de dos o más de estos dominios STEM, sujetos a las prácticas STEM dentro de un contexto auténtico con el fin de conectar estos temas para mejorar el aprendizaje de los estudiantes” (p.3), es decir, este enfoque proporciona una aproximación combinada que conecta todas o algunas de las asignaturas STEM a través de un contexto relevante para los estudiantes y que posibilita aprender los contenidos programáticos. Igualmente, Stholmann, Moore y Roehrig (2012), indican que desde esta perspectiva se promueve en el estudiante el uso de alto nivel de pensamiento crítico, de habilidades para solución de problemas y se incrementa la apropiación del conocimiento. Las características de esta novedosa aproximación al conocimiento hacen que el proceso de aprendizaje les resulte a los estudiantes significativo y provechoso en los contextos en los que se desenvuelven.

En otras palabras, abordar situaciones problema reales en ciencias que conlleven a retos en términos tecnológicos, simbólicos o matemáticos potencia habilidades como la negociación, la comunicación, la percepción y el trabajo en equipo (*Power skills*). Como se verá en la sección de ejemplos estas habilidades se impulsan mediante la discusión plenaria y el razonamiento individual. Adicionalmente, el trabajo integrado implica incorporar los dominios conceptuales de varias áreas de la matemática permitiendo la construcción de un argumento envolvente que debe ser: 1) elaborado (individual o colectivamente); 2) contextualizado en el problema original; 3) expuesto; y 4) sostenido frente a los demás participantes. Todo esto contribuye a la formación integral de los estudiantes y les puede

proporcionar un nivel de estímulo suficiente para afianzarse en los cursos y en la misma IES. Propiciar experiencias educativas mediadas por la Educación STEM puede aumentar el compromiso de un estudiante con sus propias metas con la calidad esperada y en el tiempo previsto para las actividades académicas dentro de un plan de estudios.

El abandono escolar en Educación Superior en Colombia

Aunque el fenómeno del abandono escolar no es reciente, en el último par de años se ha agudizado. Como antecedente en las políticas públicas se puede mencionar que en 2009 el Ministerio de Educación Nacional (MEN) en su libro *Deserción estudiantil en la educación superior colombiana. Metodología de seguimiento, diagnóstico y elementos para su prevención* (Ministerio de Educación Nacional, 2009), indicó que un estudiante de una IES es desertor cuando no tiene actividad académica durante dos semestres académicos consecutivos. En las mediciones más recientes se encontró que en noviembre de 2018, el Banco Mundial concluyó que en América Latina Colombia tiene la segunda mayor tasa de deserción, con un 42%, en la Educación Superior después de Bolivia, con 48%, (Casas, 2018). Por otra parte, para el primer semestre de 2016, Colombia tuvo 952.988 estudiantes nuevos, mientras que para la misma época de 2017 tuvo 912.468 lo que representa una reducción de 4,25 puntos porcentuales (Sistema Nacional de Información de la Educación Superior, 2018).

Para el año 2015, el MEN, por medio del Viceministerio de la Educación Superior, promulgó la *Guía para la implementación del modelo de gestión de permanencia y graduación estudiantil en Instituciones de educación superior*. Aquí, el MEN aclara que la permanencia estudiantil es un atributo de las instituciones, ya que es “la iniciativa permanente de las IES para generar estrategias de fortalecimiento de la capacidad institucional, que contribuyan a disminuir las tasas de deserción estudiantil” (Ministerio de Educación Nacional, 2015, p. 196). Para robustecer los programas para la permanencia y la graduación oportuna (PYGO), cada IES debe ocuparse de 8 componentes: 1) Posición y formalización; 2) Cultura de la información; 3) Mejoramiento de la calidad académica; 4) Trabajo conjunto con las instituciones de educación media; 5) Programas de apoyo a estudiantes; 6) Compromiso con el núcleo familiar; 7) Gestión de recursos y 8) Trabajo colaborativo (Ministerio de Educación Nacional, 2015).

La Guía presenta una caja de 37 herramientas distribuidas en los 8 componentes. Dichas herramientas promueven el diseño, seguimiento y evaluación de políticas institucionales, estrategias y acciones para los PYGO. En la tercera componente denominada Mejoramiento de la Calidad Académica se encuentra la Herramienta 13 denominada “Metodología basada en estilos de aprendizaje” (Ministerio de Educación Nacional, 2015). Esta herramienta propende por la identificación de las formas en que los estudiantes de la IES aprenden para generar ayudas didácticas que potencien las competencias de aprendizaje en un ambiente de eficiencia y eficacia apoyado en la cualificación docente (Ministerio de Educación Nacional, 2015).

En ese orden, las cifras de deserción en la educación superior en los niveles nacional e institucional, la dinámica del ausentismo, repitencia, aprobación de los cursos de matemáticas y los requerimientos del MEN, propician la investigación plasmada en este

capítulo. Para alcanzar el objetivo trazado de explorar la modelación matemática en el marco de la educación STEM integrada orientada hacia la permanencia estudiantil y la graduación oportuna, se diseñó el método de investigación que se describe a continuación.

Metodología

Para la investigación completa se tenía que conjugar un análisis exhaustivo del contexto gubernamental en términos de las políticas públicas y los lineamientos para acreditación de alta calidad institucional con ocasión de circunscribir la propuesta a la misión, la visión y sobre todo a las características de la población, en el orden de abordar los conceptos clave de los cursos de matemáticas y de los postulados de la educación STEM y las alternativas en las que se manifiesta. La metodología de la investigación completa constó de 5 fases que a continuación se describen, pero en el alcance de este capítulo solo se encuentran las fases 2, 3 y 4. En suma, la investigación plasmada en este capítulo es proyectiva y su fuente de datos es documental (fases 2 a 4). Las mencionadas fases son:

Fase 1: Analizar las políticas públicas y la literatura técnica relaciona con la deserción y la permanencia estudiantil en la educación superior.

Fase 2: Estudiar la “Metodología basada en estilos de aprendizaje” y la Educación STEM integrada para comprender cómo se pueden armonizar una en función de la otra. El estudio se dio por separado y luego se encauzó a acoplarlas. La “Metodología basada en aprendizajes” no es la metodología de investigación que gobierna este capítulo, este es el nombre dado por el MEN para la herramienta número 13, del tercer componente llamado mejoramiento de la calidad académica de la *Guía para la implementación del modelo de gestión de permanencia y graduación estudiantil en instituciones de educación superior* (Ministerio de Educación Nacional, 2015). La metodología basada en estilos de aprendizajes se describe ampliamente en el apartado destinado a los resultados, pues es un producto de la investigación documental.

Fase 3: Diseñar el material de trabajo en aula en sintonía con la modelación matemática.

Fase 4: Implementar el material en las aulas de clase, material tanto de la modelación matemática como de trabajo cotidiano y sus evaluaciones articuladas.

Fase 5: Estimar la contribución de la modelación matemática a la aprobación y a la fidelización de los estudiantes en los cursos de matemáticas.

Conforme al objetivo de este capítulo, en los resultados se hace énfasis en los hallazgos producto de la segunda, tercera y cuarta fases del método expuesto. La primera y la última fase están en el alcance de este trabajo, esto implica que la estimación de la contribución mediante la aplicación de instrumentos a un grupo de participantes está fuera de los límites de este capítulo (aún se encuentra en ejecución la fase 5), puesto que como se mencionó antes es el objetivo de este escrito es analizar y argumentar la contribución de la educación STEM integrada en la fidelización de los estudiantes de las carreras de ingeniería.

Resultados

En este apartado se presentan los resultados del trabajo de investigación en las fases 2, 3 y 4 del método de investigación que están relacionadas con el estudio documental en función de visibilizar los aspectos de la herramienta del MEN llamada “Metodología basada en estilos de aprendizaje” y la Educación STEM integrada con el fin de acoplarlas hacia la permanencia estudiantil en la educación superior.

Metodología basada en estilos de aprendizaje

Para ampliar la comprensión de la herramienta denominada “Metodología basada en estilos de aprendizaje”, se puede citar a Figueroa *et al.* (2005), quienes definen los estilos de aprendizaje como:

...la forma en que un individuo aprende, y como las personas tienen diferentes estilos de aprendizaje, éstos se reflejan en las diferentes habilidades, intereses, debilidades y fortalezas académicas. Aunque algunos autores usan los términos estilo cognitivo y de aprendizaje en forma indistinta, existe una diferencia entre ambos, El estilo cognitivo se centra en la forma de la actividad cognitiva (por ejemplo: pensar, percibir, recordar), no en su contenido. El estilo de aprendizaje es un constructo más amplio, que incluye estilos cognitivos, afectivos y psicológicos. (p.15).

En ese orden de ideas, cada persona tiene su propia forma de aprender y esta se encuentra mediada por el área de conocimiento a la que quiere acceder. Es por esto por lo que el MEN recomienda la identificación (y el autoconocimiento) de los estilos de aprendizaje de los estudiantes para favorecer el aprendizaje y con esto influir sobre algunas variables académicas que puedan desencadenar el abandono (Ministerio de Educación Nacional, 2015).

Como primera etapa del proceso se encuentra el Diagnóstico de los estilos de aprendizaje en la que tanto la IES y como los mismos estudiantes reconocen en qué tipo de aprendizaje se sienten representados. Particularmente en el ámbito de la Ingeniería, Felder y Silverman (s.f) revelan como clasificación para los estilos de aprendizaje las siguientes categorías: 1) Sensitivos o intuitivos; 2) Visuales o verbales; 3) Inductivos o deductivos; 4) Activos o reflexivos; y 5) Secuenciales o globales. Estas categorías no se excluyen mutuamente.

Actualmente para los estilos de aprendizaje también hay que tomar en cuenta características socioculturales como las de la generación de los *Centennials*. Sobre esta generación, Arango *et al.*, (2019), señalan que:

“La posibilidad de tener internet 24/7 en sus vidas les ha brindado la capacidad de conocer y aprender de cualquier tema que sea de su interés. Esto ha permitido que su relacionamiento con el mundo y las tendencias globales sea cada vez mayor, pues están siempre hiperconectados. La educación y el aprendizaje varían, y se capitalizan alrededor de plataformas que se adaptan a sus necesidades”. (p. 27).

Otro rasgo distintivo de los *Centennials* es que la educación formal no los convence y la están reevaluando basados en los trabajos no convencionales en los que están interesados (Arango *et al.*, 2019).

Bajo estas consideraciones de los estilos de aprendizaje, se puede iniciar la segunda etapa que corresponde al desarrollo de competencias en los estudiantes. Esta etapa agrupa lo que tiene que ver con el diseño de guías de trabajo y ayudas didácticas para favorecer las competencias de aprendizaje en las áreas de conocimiento de interés, que en el caso del presente trabajo están en las asignaturas de matemáticas de la fundamentación básica para las carreras de ingeniería y se reflejan en el diseño por secciones de los ejemplos y los ítems para evaluación.

La tercera etapa, involucra el fortalecimiento de las habilidades de docencia en los profesores universitarios que tienen a su cargo las mencionadas asignaturas ya que en ellas concretan sus prácticas educativas. La práctica docente es una mixtura de la experiencia, las estrategias pedagógicas y didácticas, la metodología asociada, la concertación con colegas, el diagnóstico de los estilos de aprendizaje y las directrices de la IES plasmadas en el Modelo Pedagógico Institucional y el Proyecto Educativo Institucional. En este capítulo se muestran los ejemplos de condensación de estas habilidades de docencia para orientar las actividades, por lo cual en cada sección de los ejemplos se incluyen comentarios, observaciones e instrucciones para ubicar y encauzar las discusiones de las situaciones problemas.

Enseguida, la cuarta etapa de Implementación de la metodología, se enfila a hacer eficiente y eficaz el proceso de enseñanza y aprendizaje (Ministerio de Educación Nacional, 2015). Los ejemplos expuestos en este capítulo se detallan en puntos específicos de los contenidos programáticos de Álgebra Lineal y Cálculo Vectorial para Ingeniería, en los que hay que dar cuenta de contenidos con tiempos apretados. Al reflexionar sobre la segunda, tercera y cuarta etapas, surgió la pregunta de investigación alrededor de la cual gravita el presente escrito y que fue abordada teórica y prácticamente en el contexto institucional de la UTADEO: ¿cómo puede contribuir la educación STEM a la enseñanza basada en estilos de aprendizaje para disminuir el abandono escolar por causas académicas?

La quinta y última etapa, se refiere al seguimiento y a la evaluación de la iniciativa institucional para la verificación de su incidencia en el nivel de logro académico de los estudiantes.

El proceso de implementación de la herramienta Metodología basada en aprendizajes se muestra en la figura 1. El objetivo del presente escrito es analizar y argumentar la contribución de la educación STEM integrada en la fidelización de los estudiantes de las carreras de ingeniería, circunscrita a las etapas 2, 3 y 4 que se resaltan en la figura continuación.

Figura 1. Implementación de la herramienta Metodología basada en aprendizajes.

Fuente: elaboración propia adaptada de (Ministerio de Educación Nacional, 2015).

Con el propósito de avanzar en el análisis, en la sección siguiente se describen los principios de la educación STEM y su vínculo en las tres etapas de la Metodología basada en aprendizajes.

Educación STEM integrada dirigida a la permanencia estudiantil

En virtud de que la educación STEM es una combinación del currículo y de la pedagogía con la que se acercan los contenidos (Margot y Kettler, 2019), se adaptarán las características y propiedades de este enfoque para el aprendizaje, en cada una de las tres etapas de implementación de la Metodología basada en aprendizajes resaltadas de la figura 1. El Desarrollo de competencias se propicia mediante situaciones problema que tienen objetivos de información y formación específicos (incorpora la actividad del profesor y del estudiante); el fortalecimiento de la práctica educativa se encuentra en el ámbito del profesor haciendo que su experiencia en didáctica y pedagogía se fortalezcan con los desafíos que le implica este enfoque; y la implementación de la metodología que es la puesta en el aula del currículo y la pedagogía en el esquema de este enfoque interdisciplinario (Tsupros *et al.*, 2008) o transdisciplinario (Vásquez, 2014) de la educación STEM integrada. En este apartado se incorpora la educación STEM integrada a la Metodología basada en aprendizajes del MEN que favorece el aprendizaje y la enseñanza, elevando el nivel de logro académico de los estudiantes, mejorando la práctica educativa y por tanto fomentando la persistencia de los estudiantes en la educación superior.

Desarrollo de competencias

En términos generales, las competencias que se pretenden desarrollar en el proceso de enseñanza – aprendizaje en la educación superior tienen dos posibles orígenes: uno en educación y otro en el entorno laboral. En el primer caso, Bogoya (2007), afirma que el enfoque por competencias en educación superior implica flexibilizar la forma de seleccionar, adecuar y actuar el saber en contexto, y en el caso de las competencias laborales,

la Organización Internacional del Trabajo (OIT) ha definido la competencia profesional como “la idoneidad para realizar una tarea o desempeñar un puesto de trabajo eficazmente por poseer las calificaciones requeridas para ello”, (International Labour Organisation, 1986, p. 13).

La relación entre las competencias desarrolladas cuando la persona está inmersa en el sistema educativo y cuando está en el sistema productivo son fundamentales. Así lo muestra el trabajo de Shinde y Kaynak (2016), cuyo objetivo fue analizar, modelar y simular políticas públicas para mejorar la calidad del sistema educativo turco y su relación con el sector productivo. El estudio concluyó que las habilidades y conocimientos obtenidos en la Universidad y las escuelas vocacionales no satisfacían las necesidades de la industria y por tanto los estudiantes no encontraban atractiva la graduación y el desenlace era el abandono escolar (Shinde y Kaynak, 2016). En adición, Vásquez (2014), relata la experiencia pedagógica del Reino Unido cuyo propósito consistió en aumentar las competencias STEM de los estudiantes que posteriormente se verían reflejadas en las habilidades que los trabajadores requieren en el mercado laboral. Este propósito estaba ligado a otro que era coadyuvar a la competitividad global y al liderazgo en investigación y desarrollo en ciencia del Reino Unido (Vásquez, 2014).

En el mismo sentido de la articulación entre las competencias que se adquieren en la educación y las laborales, Kelley y Knowles (2016), aseguran que la clave para un aprendizaje genuino en ciencias es aprender en un contexto relevante y transferir el conocimiento científico a situaciones auténticas. Las situaciones artificiales no dan lugar a debate, ni análisis que hagan que los participantes usen su experiencia previa tanto en las ciencias como en su vida cotidiana. Si bien algunos de los conceptos en matemáticas son difícilmente llevados hacia lo concreto, es deseable que en lo posible se contextualicen los contenidos programáticos de los cursos y esto se haga formal en el currículo y en su implementación (Margot y Kettler, 2019).

Fortalecimiento de la práctica educativa

Con base en la convergencia de la actividad académica en investigación y la docencia, se espera que un profesor universitario esté en niveles muy altos de formación académica, del estado del arte en su disciplina y de la pedagogía (Bogoya, 2012), de modo que pueda desempeñar su práctica educativa combinando la investigación, la docencia presencial y no presencial y la extensión social como lo demandan las actividades misionales de las IES. La labor pedagógica alrededor de la educación STEM integrada se presenta como un reto en la formación permanente de los profesores en los tres aspectos mencionados.

En cuanto a las habilidades de docencia, Kelley y Knowles (2016), aseguran que para desempeñarse efectivamente en la educación STEM integrada, los profesores deben participar activamente en la investigación científica en su propia disciplina, porque la dinámica de esta práctica pedagógica y los estudiantes con las destrezas y pensamiento computacional así lo exigen permanentemente. Se requiere la exploración permanente de cuestionamientos y preguntas en el estado del arte del área de trabajo mediante la formulación de proyectos de investigación formativa o en semilleros de investigación.

El segundo aspecto relacionado también con la actualización de los profesores en el estado del arte disciplinar y en pedagogía está relacionado con el uso de la tecnología considerada, en el sentido amplio de un proceso cuyas actividades involucran concebir, construir y usar objetos, conocimiento e iniciativas (Kelley y Knowles, 2016). La tecnología en la dirección disciplinar, en matemáticas como es el caso tratado en este capítulo consiste en emplear software especializado, aplicativos o dispositivos que faciliten la elaboración de gráficas, el sondeo de hipótesis y la representación de escenarios para la simulación. Así mismo, la tecnología en pedagogía involucra el uso de aulas virtuales y de objetos virtuales de aprendizaje que faciliten la evaluación y el seguimiento al trabajo extraclase de los estudiantes, además de plataformas para el reporte de calificaciones o planeación de actividades. En los dos casos, el disciplinar y el pedagógico, el profesor debe conocer con solvencia esta tecnología para aprovechar su potencial y para ayudar a sobrepasar los posibles obstáculos de funcionamiento que se puedan presentar en la ejecución de rutinas en el aula de clase.

Se debe agregar que la educación STEM integrada facilita el fortalecimiento y renovación de las habilidades de docencia a causa del modelo mental que presupone puesto que conceptualiza el aprendizaje como una actividad que se surte de su contexto y de la dinámica social en la que se da. En otras palabras, la interacción entre las personas involucradas en el proceso de enseñanza-aprendizaje beneficia a todos los participantes porque intercambian preguntas, experiencias, prácticas, conocimiento (Levine y Marcus, 2010), y en consecuencia obliga a los profesores y a los estudiantes a estar en permanente actividad académica. Más aún, los profesores que orienten su labor docente hacia este enfoque tienen un enorme reto que los compromete a conocer no solo su disciplina sino la de los otros para diseñar situaciones problema que permitan a los estudiantes transitar entre los dominios conceptuales y cognitivos de las asignaturas STEM (Margot y Kettler, 2019).

Los dominios cognitivos estipulados en el diseño de las pruebas internacionales *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS) son: 1) reconocimiento; 2) aplicación; y 3) razonamiento (Mullis, Martin, Ruddock, O'Sullivan, y Preuschoff, 2009). Es decir, que los objetivos, las situaciones problema a tratar y la evaluación deben estar delineados y proyectados en los contenidos apropiados para el curso y debe ir a potenciar alguno de los dominios cognitivos mencionados. Como aclaración se puede decir que para un curso de Álgebra Lineal que tiene como uno de sus dominios conceptuales a los sistemas de ecuaciones lineales hay que idear aproximaciones básicas como el reconocimiento de lo que es una solución de un sistema, otras para que se pueda aplicar los métodos de solución considerando la eficiencia de los algoritmos y otras para que pueda reflexionar y argumentar sobre las ecuaciones, sobre el sistema y su uso en contexto (el primer ejemplo presentado en este capítulo ilustra lo expuesto).

Implementación de la metodología

La base para la pedagogía STEM es la enseñanza a través del diseño de procesos ingenieriles para integrar las asignaturas mediante una aproximación basada en proyectos, problemas, estudio de casos y modelación que requieren que el estudiante aplique los contenidos aprendidos para resolver problemas (Margot y Kettler, 2019; Vásquez, 2014) en

diferentes entornos. Moore *et al.* (2014), diseñaron el esquema que se presenta en la figura 2 y que recomiendan para asegurar la calidad en la implementación de la educación STEM. Siguiendo este esquema se presentan las secciones en las que se han dividido las situaciones problema de los ejemplos y su estudio.

Figura 2. Esquema para asegurar la calidad de la educación STEM.

Fuente: elaboración propia (2019), adaptado de (Moore *et al.*, 2014).

En este capítulo se propone que la implementación de la educación STEM integrada se haga en su forma de modelación adaptada a la cotidianidad de las clases de matemáticas de la formación básica en ingeniería. Conviene subrayar que Blanchard, Devaney y Hall, (1998), en un sentido básico, afirman que el objetivo de la modelación no es producir una copia exacta del objeto «real» sino más bien representar algunas características de la cosa real. Esta afirmación es ratificada por Vattimo (2010), cuando expresa que la verdad es siempre un hecho interpretativo y por tanto el criterio supremo en el cual es posible inspirarse. Un modelo no es la correspondencia puntual del enunciado respecto de las cosas, sino el consenso sobre los presupuestos de los que se parte para valorar dicha correspondencia (Vattimo, 2010).

La modelación como la materialización de la educación STEM integrada es una oportunidad de apuntalar a los estudiantes en el conocimiento y en el sistema educativo. El estímulo o la motivación pueden fundarse en el estudio de situaciones problema que requieren atención y cuya solución debe ser abordada desde perspectivas multidisciplinarias que permitan la comprensión del problema a resolver. La discusión informada, la representación simbólica que se ajuste lo más posible a tal situación, la elección de un método apropiado de cálculo de la solución cuantitativa y la expresión de una solución adecuada al contexto pueden ofrecer una forma novedosa de acercarse a las matemáticas suavizando la posible aversión hacia las mismas.

Para ejemplificar la modelación en los cursos de matemáticas adaptando el esquema de la figura 2, en el siguiente apartado se explican con detalle dos situaciones problema en las condiciones y *habitus* institucional de la UTADEO: contenido programático, caracterización de la población estudiantil, número de créditos de las asignaturas, bibliografía básica, texto guía, intensidad horaria semanal y semestral, modalidad de impartición, programas a los que se les presta el servicio académico e infraestructura disponible.

La modelación matemática en la educación STEM integrada: ejemplos de implementación para el trabajo en aula

En los contenidos programáticos estándar de los cursos de Álgebra Lineal y Cálculo vectorial para currículos de ingeniería se tratan dominios conceptuales como los sistemas de ecuaciones lineales y la optimización (aplicación de los extremos de funciones de varias variables), respectivamente. Los ejemplos de trabajo académico en el ámbito de la educación STEM integrada se formularon apuntando a que los estudiantes se empoderen en su propio aprendizaje (Margot y Kettler, 2019), para lo cual se desarrollaron con base en el esquema de la figura 2. Las instrucciones y comentarios que se han hecho en el aula de clase se incluyen en *itálica* para distinguirlos del desarrollo y/o conclusiones del trabajo en aula.

El ejemplo 1, refiere al dominio conceptual de los sistemas de ecuaciones lineales y en el dominio cognitivo de la aplicación según la estructura de los tres dominios cognitivos. En concordancia, el ejemplo se puede ubicar en un nivel de complejidad alto.

Ejemplo 1

Una plancha rectangular tiene flujo de calor a través de ella misma, ya que tiene aislamiento por arriba y por abajo. En los bordes tiene una temperatura constante, pero es diferente en cada borde. Las temperaturas en los puntos interiores de la placa se pueden estimar, promediando las temperaturas de los cuatro puntos circunvecinos. Para la placa de la figura 3, estime T_i con $i = 1, 2, 3, \dots, 8$, las temperaturas en los puntos interiores de la placa igualmente espaciados. Problema adaptado de Kolman (Kolman y Hill, 2013, pág. 70).

Figura 3. Placa rectangular con puntos internos de calor.

Fuente: elaboración propia adaptado de (Kolman y Hill, 2013). Imagen gratuita de <https://es.freeimages.com>.

Para el trabajo en este contexto STEM, se dividió el análisis en 8 secciones, dado que como se recomienda en Barragán, Bogoya, Contento, y Ocaña, (2014), es importante seccionar la aproximación a la solución, teniendo en cuenta que cada parte tiene un grado de complejidad mayor que la anterior (Barragán *et al.*, 2014):

Primera sección: en esta sección se invita a los estudiantes a parafrasear la situación y a discutirla con sus compañeros (corresponde al trabajo en equipo y centrado en el estudiante como en la figura 2). Entre otras cosas, se indaga si conocen la palabra circunvecinos, cuando esto no ocurre se les insta a buscarla y a señalar a sus compañeros ubicados en puntos circunvecinos. En esta sección se aprende de los errores de interpretación y lectura, los estudiantes evidencian el léxico contraído. Se espera que se expresen verbalmente y por escrito en el siguiente sentido: se entiende en la figura 3, que las temperaturas en los bordes de la placa no cambian y que se deben estimar las temperaturas en los puntos interiores. Lo cual no supone poner un termómetro en cada punto y hacer la medición (en ocasiones, se han buscado los significados de las instrucciones: estimar, calcular, conjeturar, aproximar para entender lo que realmente propone la situación problema). Estimar implica entonces usar la regla de cálculo que se sugiere en el enunciado que requiere promediar los puntos circunvecinos, esto es, la temperatura a estimar en el punto es sumar las temperaturas de los puntos que se encuentran al oeste, al norte, al este y al sur dividida en 4. No en 8, aunque sean 8 puntos para estimar.

Segunda sección: se pide a los estudiantes iniciar el paso del lenguaje verbal al lenguaje simbólico mediante la definición de las incógnitas presentes en el modelo. Esta definición se hace lo más técnica posible, luego de varios intentos. Se logra evidenciar que: en el enunciado se sugiere explícitamente usar T_i donde $i = 1, 2, 3, \dots, 8$. Lo que quiere decir que hay una incógnita por cada uno de los 8 puntos de calor y que estos se nombran con T_1, T_2 y así sucesivamente hasta T_8 . Las temperaturas están medidas en grados centígrados porque los bordes de la placa tienen marcada esta unidad,

T_i := Temperatura estimada en el punto de calor i donde $i = 1, 2, 3, \dots, 8$ (en grados centígrados).

Tercera sección: se propicia la discusión en grupos o en plenaria sobre las cláusulas, restricciones o limitaciones de la situación. Es importante el direccionamiento para que las actividades no divaguen sin concluir. Se espera concluir que: solo existe una limitación y consiste en promediar la temperatura de los puntos circunvecinos para encontrar las que nos preguntan. La figura 3, muestra 8 puntos interiores, entonces debemos encontrar 8 expresiones, una por cada punto. Concretamente, el promedio de las temperaturas en los puntos circunvecinos es:

$$\text{Para } T_1 \quad T_1 = \frac{70+0+T_2+T_5}{4}$$

$$\text{Para } T_2 \quad T_2 = \frac{70+T_1+T_6+T_3}{4}$$

$$\text{Para } T_3 \quad T_3 = \frac{70+T_2+T_4+T_7}{4}$$

$$\text{Para } T_4 \quad T_4 = \frac{70+T_3+25+T_8}{4}$$

$$\text{Para } T_5 \quad T_5 = \frac{T_1+0+T_6+85}{4}$$

$$\text{Para } T_6 \quad T_6 = \frac{T_2 + T_5 + T_7 + 85}{4}$$

$$\text{Para } T_7 \quad T_7 = \frac{T_3 + T_6 + T_8 + 85}{4}$$

$$\text{Para } T_8 \quad T_8 = \frac{T_4 + T_7 + 25 + 85}{4}$$

Cuarta sección: aquí se pide a los estudiantes reflexionar sobre los posibles valores que pueden asumir las incógnitas definidas y que se relacionan con condiciones técnicas que deben satisfacer (por ejemplo, si fueran número de personas, no podrían ser negativos, ni fraccionarios puros). Con base en las experiencias propias de los estudiantes, se esperan expresiones como: las temperaturas pueden ser números negativos o 0 (cero), si la sensación térmica es de frío y positivos en otro caso. Además, en casos de fiebre hemos visto en el termómetro digital, temperaturas de $38,4^\circ$ o similares. Así;

T_i son irrestrictas donde $i = 1, 2, 3, \dots, 8$

Quinta sección: se analiza el objeto matemático obtenido para identificarlo (en vista de que el planteamiento de la segunda sección aún no se encuentra de forma estándar) y decidir qué tipo de acción de cálculo se seleccionará de forma que el método a ejecutar o el algoritmo sea eficiente y eficaz. Este análisis está mediado por las herramientas tecnológicas disponibles. Es decir, como es un sistema de 8 ecuaciones lineales con 8 incógnitas, la solución manual queda descartada, en su lugar, es recomendable usar el criterio matemático para juzgar la respuesta de una calculadora online o del software disponible al ejecutar un algoritmo eficiente como la eliminación de Gauss-Jordan.

El sistema de 8 ecuaciones lineales con 8 incógnitas que modela la situación de la placa asadora eléctrica es:

$$\begin{cases} 4T_1 - T_2 - T_5 = 70 \\ -T_1 + 4T_2 - T_3 - T_6 = 70 \\ -T_2 + 4T_3 - T_4 - T_7 = 70 \\ -T_3 + 4T_4 - T_8 = 95 \\ -T_1 + 4T_5 - T_6 = 85 \\ -T_2 - T_5 + 4T_6 - T_7 = 85 \\ -T_3 - T_6 + 4T_7 - T_8 = 85 \\ -T_4 - T_7 + 4T_8 = 110 \end{cases}$$

Sexta sección: en este momento sí se pide hacer los cálculos necesarios para ello, se sugiere una calculadora online que ya se ha probado y que funciona correctamente. En los enlaces para ampliar la experiencia se sugiere su uso. Curiosamente, en los cursos con estudiantes de ingeniería, más que en los cursos en los que hay estudiantes de ciencias

económico-administrativas, se percibe siempre un afán por hacer operaciones matemáticas y muchas, por lo que hay que insistir que es importante, pero que solo es un paso en el ejercicio de la modelación matemática y la solución de problemas.

$$\left(\begin{array}{cccccccc|c} 4 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 70 \\ -1 & 4 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 70 \\ 0 & -1 & 4 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 70 \\ 0 & 0 & -1 & 4 & 0 & 0 & 0 & -1 & 95 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 4 & -1 & 0 & 0 & 85 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & -1 & 4 & -1 & 0 & 85 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & -1 & 4 & -1 & 85 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & -1 & 4 & 110 \end{array} \right)$$

Usando la calculadora online desde los teléfonos celulares se obtuvo la matriz escalonada reducida de la figura 4.

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	b
1	1	0	0	0	0	0	0	0	44.980861244019139
2	0	1	0	0	0	0	0	0	60.99521531100478459
3	0	0	1	0	0	0	0	0	63.26794258373205744
4	0	0	0	1	0	0	0	0	54.071770334928229659
5	0	0	0	0	1	0	0	0	48.92822966507177025
6	0	0	0	0	0	1	0	0	65.7320574162679425
7	0	0	0	0	0	0	1	0	68.004784688995215295
8	0	0	0	0	0	0	0	1	58.019138755980861239

Figura 4. Matriz escalonada reducida para placa caliente.

Fuente: elaboración propia (2019) adaptado de <https://matrix.resish.com/es>.

De esta salida, debemos entender que:

$$T_1 = 44,9^\circ, T_2 = 60,9^\circ, T_3 = 63,2^\circ, T_4 = 54,0^\circ,$$

$$T_5 = 48,9^\circ, T_6 = 65,7^\circ, T_7 = 68,0^\circ, T_8 = 58,0^\circ$$

Séptima sección: ahora que los estudiantes encontraron los valores cuantitativos, se pide verificar que estos satisfacen las ecuaciones formuladas en el sistema y las condiciones técnicas. Se insiste en que la 8-upla debe ser solución de todas las ecuaciones simultáneamente, no obstante, la validación se distribuye entre los integrantes del grupo. Los estudiantes verifican al menos dos ecuaciones cada uno. Se espera llegar a observaciones como: todos los valores encontrados son aceptados porque satisfacen las ecuaciones y además tienen interpretación como temperaturas.

Octava sección: en esta sección se invita a verbalizar las soluciones puesto que los resultados de las operaciones deben ser interpretados y contextualizados en el problema. Por lo que, es deseable que se escriban expresiones como: las temperaturas estimadas en los puntos interiores a la placa caliente son:

$$T_1 = 44,9^\circ, T_2 = 60,9^\circ, T_3 = 63,2^\circ, T_4 = 54,0^\circ, \\ T_5 = 48,9^\circ, T_6 = 65,7^\circ, T_7 = 68,0^\circ, T_8 = 58,0^\circ,$$

en donde, por ejemplo, $T_3 = 63,2^\circ$ quiere decir que la temperatura en el tercer punto interior es $63,2^\circ$.

La metodología basada en el enfoque de la educación STEM integrada, propició en el ejemplo 1, la exploración en grupo y la aplicación de la definición y algoritmos de solución de los sistemas de ecuaciones desde una situación de ciencias naturales que involucra un objeto que el estudiante conoce y que puede ver en fotografías (clases situadas en contextos atractivos y motivantes como en la figura 2). La situación problema que facilita la modelación no es artificial y se relaciona con escenarios familiares como: la cocina y el uso del termómetro. En la experiencia de aula, se han recibido apreciaciones favorables que se ven escritas en la evaluación que los estudiantes hacen de la labor docente, a la vez que se ha disminuido el ausentismo a las clases. Todo el curso de Álgebra Lineal del Departamento de Ciencias Básicas y Modelado de la UTADEO, se ha desarrollado con esta metodología por cerca de un año apoyado en un libro de texto propio que se encuentra en proceso editorial (Barragán, Melo, y Aya, 2019). Los estudiantes han valorado positivamente la forma en que se trabajan los contenidos y la participación que ellos tienen en la búsqueda de la solución.

Ejemplo 2

El ejemplo 2, surgió de la inquietud pedagógica sobre ejercicios que usualmente aparecen propuestos en los libros de Cálculo de Varias Variables. En el libro de Larson y Edwards (2010), que es muy usado en Colombia en los cursos de Cálculo Vectorial se puede leer que:

“Un contratista de mejorías caseras está pintando las paredes y el techo de una habitación rectangular. El volumen de la habitación es de 668,25 pies cúbicos. El costo de pintura de pared es de \$0,06 por pie cuadrado y el costo de pintura de techo es de \$0.11 por pie cuadrado. Encontrar las dimensiones de la habitación que den por resultado un mínimo costo para la pintura ¿cuál es el mínimo costo por la pintura?” (p. 966).

Este ejercicio luce como una aplicación para calcular el mínimo costo para pintar la habitación, sin embargo, cuando se discute y se intenta plantear el modelo, es difícil

explicar por qué no se considera el espacio para una puerta o para ventanas. Para conseguir la respuesta que trae el libro en las soluciones a los ejercicios, debe pensarse en la habitación como una caja cerrada en la que hay que cavar un hoyo y entrar por un túnel. Esta circunstancia va en contravía de las clases situadas en contextos atractivos y motivantes que aparecen en el esquema de la figura 2 y que fomenta la calidad de la educación STEM integrada. En consecuencia, aquí se halla una oportunidad para implementar este enfoque y captar el interés y la disposición a asistir a las clases, atenuando la inasistencia y la reprobación. Los estudiantes valoran positivamente la relación que se pueda establecer con el entorno y con otros contextos.

De modo que, el ejemplo 2, se encuentra en el dominio conceptual de la optimización de funciones de varias variables y en el dominio cognitivo de la aplicación (Mullis *et al.*, 2009) porque se emplea la teoría de los extremos de funciones de varias variables. Así que el ejemplo 2, se reconoce como de un nivel de complejidad intermedio porque hace uso del método de mínimos cuadrados (Larson y Edwards, 2010).

La compra y venta de viviendas están condicionadas por el estrato socioeconómico en el que se encuentran ubicados los inmuebles, qué tanto espacio disponible tiene (área) y las mejoras o acabados internos que se le hayan hecho. Analice la relación entre precio y área con base en la tabla 1, que contiene los precios en miles de COP, de las viviendas en Bogotá y las áreas en m^2 . ¿Cuánto puede costar una vivienda que tenga un área de $130 m^2$? Por otra parte, con un presupuesto de \$75'000.000 ¿cuál sería el área de la vivienda que se podría adquirir? Problema adaptado de González (2018, pág. 146).

Tabla 1. Área y precio de viviendas en estrato 3 en Bogotá.

Área (m^2)	41	62	75	79	96	105	112	122	128	138	140	161	172
Precio (miles de COP)	20.800	35.900	46.600	55.000	59.200	60.000	74.600	64.700	88.300	86.700	120.000	112.300	111.000

Fuente: adaptado de (González, 2018, pág. 146).

Primera sección: La discusión inicial del problema se guía hacia la búsqueda de información sobre el contexto mencionado en sitios web relacionados con la compra y venta de vivienda¹⁵, en la que se involucran categorías como la tenencia de la vivienda (arriendo, compra de nuevo y usado), tipo de inmueble (casa, apartamento, oficina, bodega y otros) y ubicación del predio (ciudad, zona o barrio). La situación descrita en el enunciado ubica a los estudiantes en una situación que conocen, que pueden comentar y emitir algunas hipótesis (ver figura 2).

¹⁵ <https://www.fincaraiz.com.co/finca-raiz> y <https://www.metrocuadrado.com/>

Algunos de los aspectos discutidos fueron: el área de una vivienda casi nunca se puede modificar y por eso es una cantidad o un valor fijo y el precio sí puede cambiar, entre otras cosas, por las adecuaciones que se hagan a la vivienda, por las obras públicas que impliquen su valorización o por cambios en la percepción de seguridad. En consecuencia, el precio de la vivienda es la variable dependiente y el área la variable independiente. Se realizó la figura 5, con el ánimo de tener una impresión visual de los datos de la tabla 1. El diagrama de dispersión se elaboró mediante EXCEL de la suite de Microsoft Office.

Figura 5. Diagrama de dispersión de situación precio y área de vivienda.

Fuente: elaboración propia (2019).

Segunda sección: con base en la discusión del problema. Las variables quedaron definidas así:

a := área de la vivienda (medida en metros cuadrados)

p := precio de la vivienda (medido en miles de pesos colombianos)

a es la variable independiente y p es la variable dependiente.

Tercera sección: para encontrar la relación funcional que involucra las variables de la segunda sección, con base en la figura 5, se pidió obtener la recta de aproximación por mínimos cuadrados con ayuda de EXCEL (en ocasiones se usa Geogebra Classic 5.0® para lograr lo mismo). De modo que se llega a una expresión como la siguiente:

$$p = 744,58a - 10031$$

Cuarta sección: se insta a los estudiantes a revisar las condiciones técnicas que deben satisfacer las variables para que los valores tengan sentido e interpretación dentro del modelo. La discusión se orienta hasta llegar a observaciones como:

a y p deben ser números positivos porque corresponden a una medida de superficie y a un precio. Solo se pueden hacer consideraciones dentro del intervalo que se cubre en la tabla 1, lo cual implica que no se pueden hacer pronósticos. Así,

$$41 \leq a \leq 172 \text{ y } 20800 \leq p \leq 110000$$

Quinta sección: al examinar el objeto matemático se identifican sus características y se pide que se elaboren descripciones sobre él, considerando que la instrucción en el enunciado es amplia y dice «analice». Se anotan observaciones basadas en experiencias de cursos anteriores como Precálculo, en el que se estudia la ecuación de la recta en el plano, y de Estadística Descriptiva y Probabilidad, en donde se trabaja la recta de regresión. Se recogen algunas observaciones como: la ecuación corresponde a una recta y su gráfica se presenta en la figura 6. La pendiente de la recta es 744,58 y la ordenada al origen es -10031.

Figura 6. Recta de aproximación por mínimos cuadrados de situación precio y área de vivienda.

Fuente: elaboración propia (2019).

Sexta sección: con las observaciones de la quinta sección, se indaga por interpretaciones específicas dentro del contexto. Con esto se dirige la discusión hacia:

Por cada metro cuadrado en que se incrementa el área de la vivienda, el precio también se incrementa y en 744.580 pesos colombianos. Con mayor elaboración se llega a: $m = 744,58 \text{ miles de pesos}/m^2$ y representa la razón de cambio del precio con respecto al área.

Además, para $a = 130m^2$, p tiene un valor estimado de:

$$p = 744,58 \times 130 - 10031 = 86764,4.$$

Y, para $p = 75000$, $75000 = 744,58a - 10031$ con lo que $a = 114,19$.

Séptima sección: en esta sección se indaga por la validez de los valores cuantitativos encontrados en el contexto. Es importante insistir en el conocimiento técnico y en las imágenes mentales que tuvieron los estudiantes en la discusión del problema. Así que, cuando se hizo el diagrama de dispersión de la figura 5, se esperaba una ecuación de una recta creciente, es decir, con pendiente positiva.

Octava sección: finalmente, la verbalización del análisis queda: las viviendas que tienen precios altos se relacionan con áreas grandes y las viviendas con precios bajos con áreas pequeñas. Adicionalmente, una vivienda de $130m^2$ tiene un valor estimado de \$86'764.400 y con un presupuesto de \$75'000.000 es posible comprar una vivienda de $114,19m^2$.

El ejemplo 2, particularmente se centró en la actividad del estudiante y en el trabajo en grupo puesto que la relación entre el precio de la vivienda y el área representó un contexto de fácil interpretación, pero que requería el conocimiento del método de mínimos cuadrados. Así, el ejemplo satisfizo el esquema de la figura 2, para asegurar la calidad de la educación STEM.

El siguiente aspecto por tratar con el ánimo de incidir sobre la persistencia de los estudiantes en los cursos es el de alinear los objetivos de clase, las actividades desarrolladas y la evaluación. El poder de la educación STEM integrada ha sido reconocido (Tsouros, Kohler, y Hallinen, 2008), pero ella no puede actuar aislada en el trabajo presencial y en los trabajos o tareas, la evaluación debe articularse con las actividades que se propongan a los estudiantes. Para apuntar hacia la coherencia, en el siguiente apartado se presentan ejemplos de algunos de los ítems cerrados, en la forma de las evaluaciones gubernamentales estandarizadas, diseñados para las evaluaciones escritas.

Alineación de la evaluación con la metodología de educación STEM integrada

La evaluación se ha concebido en sentido amplio de identificar las debilidades y fortalezas en el estudio de los temas. Esta identificación la hacen tanto el profesor como el estudiante para reconocer el avance en el proceso de aprendizaje y el punto en la escala que orienta hacia el cumplimiento de los objetivos de formación.

Para evaluar el nivel de logro académico de los estudiantes cuyo trabajo se desarrolla como en los ejemplos propuestos, se diseñaron ítems abiertos y cerrados. Los ítems abiertos llevan las mismas secciones que se ejemplificaron y por eso en este apartado no se vinculan prototipos de ellos. La elaboración de ítems cerrados implica otro tipo de esfuerzo en la práctica docente, porque deben ajustarse a ciertos patrones de elaboración y valoración (Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación Superior ICFES, 2009), (OECD, 2004), (Barragán *et al.*, 2014). Los ítems están propuestos para que evoquen aplicaciones usuales en otros ámbitos de la matemática, requiriendo algunos cálculos, no excesivos dado que deben marcar la respuesta correcta y argumentar. La valoración requiere una justificación contundente acorde al enunciado dado que son evaluaciones formativas y sumativas.

Es posible lograr un equilibrio en las pruebas y evaluaciones, dependiendo el alcance y la profundidad de estas empleando ítems cerrados de selección múltiple con única

respuesta y de selección múltiple con múltiple respuesta, así como preguntas abiertas para procedimientos completos. En seguida se presentan dos ítems preparados para evaluar el dominio conceptual de sistemas de ecuaciones lineales.

El primer ítem es cerrado de selección múltiple con múltiple respuesta dado que el estudiante debe seleccionar dos reactivos (opciones de respuesta). Este ítem se considera de complejidad intermedia.

Para la siguiente pregunta considere que:

Si 1 y 2 son correctas marque A

Si 2 y 3 son correctas marque B

Si 3 y 4 son correctas marque C

Si 2 y 4 son correctas marque D

Si 1 y 3 son correctas marque E

Los valores de A y B que permiten descomponer la fracción $\frac{3}{2x^2+x-3} = \frac{A}{2x+3} + \frac{B}{x-1}$ son:

1. $A = \frac{6}{5}$

2. $B = \frac{3}{5}$

3. $A = -\frac{6}{5}$

4. $B = \frac{1}{5}$

Clave: B

El segundo ítem es cerrado de selección múltiple con única respuesta y fue diseñado en un nivel de complejidad alto.

El polinomio cuadrático $p(x) = ax^2 + bx + c$ que interpola los puntos $(0, -1)$, $(1, 2)$ y $(2, 3)$ es:

A. $p(x) = -4x^2 + 7x - 1$

B. $p(x) = x^2 + 2x + 3$

C. $p(x) = 2x^2 + x$

D. $p(x) = -x^2 + 4x - 1$

Clave: D

En el caso del dominio conceptual relacionado con los extremos de funciones en varias variables, se puede citar un ítem cerrado de selección múltiple con única respuesta y de complejidad intermedia. Problema adaptado de Stewart (2002).

En el proceso de construcción de una caja de cartón sin tapa y con base rectangular se cuenta con una pieza de cartón de 20 m^2 . Con el fin de construir una caja con las especificaciones dadas y que tenga volumen máximo es posible afirmar que una expresión algebraica que representa la situación expuesta es:

A. $V(a, h, l) = 2ah + 2lh + al$ donde $ahl = 20$.

B. $V(a, h) = \frac{20ah - a^2h^2}{2h + a}$ donde $a, h > 0$.

C. $V(a, h, l) = ahl$ donde $a + h + l = 20$.

D. $V(a, h) = 20$ donde $2ah + 2lh + al = 12$.

Clave: B

Discusión sobre los resultados de implementación de la metodología

Considerando la última etapa de la figura 1, denominada, el sistema de seguimiento y evaluación, se han dispuesto espacios académicos para la retroalimentación de la implementación de la metodología, estos espacios vinculan a profesores y estudiantes. Con profesores se han efectuado grupos de discusión sobre ejes temáticos específicos que atañen al desarrollo de contenidos y al uso del libro guía, mientras que con estudiantes se diseñaron y aplicaron tres instrumentos para indagar sobre la apreciación de la metodología y sobre el autorreconocimiento de su desempeño. Los resultados que se tienen en la implementación de la educación STEM integrada a través de la modelación matemática aún son parciales. Se han hecho dos exploraciones iniciales, una cuantitativa y otra cualitativa. En la exploración cuantitativa se puede mencionar que los porcentajes de aprobación de los cursos han aumentado, mientras que la pérdida por fallas se ha contraído. Y en la cualitativa, se han recopilado apreciaciones de estudiantes y profesores. Se observó una aceptación de la metodología y la valoración positiva de las actividades. Es de anotar que algunos de los estudiantes consideran que hay un mayor grado de dificultad en el tratamiento de los temas, dado que no se encuentran separados como en compartimientos, sino que se abordan transversalmente y al parecer no encuentran las fronteras divisorias entre asignaturas como lo esperan. En otras palabras, un ítem como el de fracciones parciales que se presentó arriba, los estudiantes lo perciben como perteneciente al curso de Cálculo Integral (aunque no se le pide que integre la función racional) y no como una aplicación de los sistemas de dos ecuaciones lineales con dos incógnitas.

Conclusiones

La deserción estudiantil en la educación superior colombiana es un fenómeno que se presenta por la combinación múltiples variables y que en los últimos años ha agravado

las tasas de deserción. Las IES tanto públicas como privadas han experimentado esta disminución de los estudiantes activos en conjugación con la baja en el número de aspirantes y el número de nuevos ingresos.

En atención a la política pública y al modelo gubernamental para la permanencia estudiantil y la graduación oportuna, se encuentra que la educación STEM integrada puede contribuir en aspectos relacionados con la Mejora de la Calidad Académica, en el sentido de una de las componentes del modelo gubernamental. Esta mejora pasa por la Herramienta denominada Metodología basada en estilos de aprendizajes que puede ser llevada a cabo mediante la adopción del enfoque interdisciplinario o transdisciplinario de la educación STEM integrada.

En las asignaturas de matemáticas de los programas académicos de Ingeniería es posible vincular la modelación matemática con las consideraciones propias de la institución basadas en las características de su población, sus objetivos de formación e información y la infraestructura disponible.

La adopción de la modelación matemática como materialización de la educación STEM integrada facilita el desarrollo de las competencias de los estudiantes en los sentidos educativo y laboral, simultáneamente fortalece la práctica educativa al fomentar la actualización de las habilidades docentes y de investigación de los profesores. El desarrollo de competencias y el fortalecimiento de la práctica educativa son etapas importantes en la Metodología basada en estilos de aprendizaje que se propone como una oportunidad para potenciar el aprendizaje y disminuir el abandono escolar por variables asociadas al determinante académico.

El trabajo académico presencial y no presencial fundamentado en la modelación matemática debe estar alineado con los objetivos de formación, los contenidos programáticos y la evaluación de los estudiantes tanto como de carácter formativo como sumativo. En consecuencia, los ítems formulados en las diferentes evaluaciones deben estar en consonancia con la modelación.

En la implementación de la metodología en la asignatura de Álgebra Lineal de la UTADCO se ha iniciado el seguimiento y la evaluación, encontrando resultados positivos en el rastreo cuantitativo puesto que se ha incrementado el porcentaje de aprobación y se ha disminuido la pérdida por inasistencia. También se ha hecho un acercamiento cualitativo en el que se han recogido apreciaciones favorables. Aún no hay resultados definitivos.

Enlaces para ampliar la experiencia

Descripción	Enlace
Calculadora online para operaciones entre matrices. Es una calculadora responsive y permite usar matrices hasta de orden 100 x 100.	https://matrix.resish.com/es/gauss-jordanElimination.php

Fuente: elaboración propia (2019).

Referencias bibliográficas

- Arango, C., Camelo, C., Huertas, M., Rodríguez, C., Sánchez, C., Sánchez, V., y Sojo, J. (2019). *Centennials: generación sin etiquetas*. Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano Sancho BBDO.
- Barragán, S., Bogoya, D., Contento, M., y Ocaña, A. (2014). *Una aproximación a la construcción de ítems para pruebas en matemáticas*. Obtenido de http://avalon.utadeo.edu.co/servicios/ebooks/una_aproximacion_a_la_construccion_de_items/.
- Barragán, S., Melo, J., y Aya, O. (2019). *Álgebra Lineal. Modelación, solución de problemas y ejercicios*. Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Blanchard, P., Devaney, R., y Hall, G. (1998). *Ecuaciones Diferenciales*. México: International Thomson Editores.
- Bogoya, D. (2007). Del enfoque de contenidos al enfoque de competencias. *Cátedra Manuel Ancizar. La educación superior: tendencias, debates y retos para el siglo XXI. Sostenibilidad y financiación* (págs. 1-13). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado el 5 de Junio de 2019, de <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=dW5hbC5lZHUuY298ZGFuaWV5Ym9nb3lhfGd4OjZmYzAzMDgzMTQ3YzFmNmU>.
- Bogoya, D. (4 de Junio de 2012). *¿Qué es un buen docente en educación superior y cómo evaluarlo?* Recuperado el 31 de Mayo de 2016, de document sites-Daniel Bogoya: file:///C:/Users/SANDRA/Downloads/Qu%C3%A9%20es%20un%20buen%20docente%20en%20Educaci%C3%B3n%20Superior%20(2012).pdf.
- Casas, P. (6 de Diciembre de 2018). El problema no es solo plata: 42 % de los universitarios deserta. *El Espectador*. Recuperado el 15 de Junio de 2019, de <https://www.elespectador.com/noticias/educacion/el-problema-no-es-solo-plata-42-de-los-universitarios-deserta-articulo-827739>.
- Felder, R., y Silverman, L. (s.f.). Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering Education Journal*, 78(7), 674-681.
- Figuerola, N., Cataldi, Z., Méndez, P., Rendón, J., Costa, G., y Lage, F. (2005). Los estilos de aprendizaje y el desgranamiento universitario en carreras de informática. *JEITICS 2005 - Primeras Jornadas de Educación en Informática y TICS en Argentina*, (págs. 15-19). Buenos Aires. Recuperado el 4 de Junio de 2019, de <http://cs.uns.edu.ar/jeitics2005/Trabajos/pdf/03.pdf>.
- González, L. (2018). *Análisis exploratorio de datos*. Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Holmlund, T., Lesseig, K., y Slavitt, D. (2018). Making sense of “STEM education” in K-12 contexts. *International journal of STEM education*, 5(32), 1-18. doi:<https://doi.org/10.1186/s40594-018-0127-2>.
- Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación Superior ICFES. (16 de Febrero de 2009). *Fundación universitaria Luis Amigó*. Recuperado el 30 de Abril de 2013, de <http://www.funlam.edu.co/uploads/facultadpsicologia/324614.pdf>.

- International Labour Organisation. (1986). *ILO*. Recuperado el 2 de November de 2017, de Vocational training: Glossary of selected terms: http://staging.ilo.org/public/libdoc/ilo/1986/86B09_420_engl.pdf.
- Kelley, T., y Knowles, G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International journal of STEM education*, 3(11), 1-11. doi:10.1186/s40594-016-0046-z.
- Kolman, B., y Hill, D. (2013). *Álgebra Lineal. Fundamentos y Aplicaciones* (Primera ed.). Bogotá: Pearson.
- Larson, R., y Edwards, B. (2010). *Cálculo 2. De varias variables*. México: McGraw-Hill.
- Levine, T., y Marcus, A. (2010). How the structure and focus of teachers' collaborative activities facilitate and constrain teacher learning. *Teaching and Teacher Education*, 26(3), 389-398. doi:10.1016/j.tate.2009.03.001.
- Margot, K., y Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: a systematic literature review. *International Journal of STEM education*, 6(2), 1-16. doi:https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2.
- Ministerio de Educación Nacional. (2009). *Deserción estudiantil en la educación superior colombiana. Metodología de seguimiento, diagnóstico y elementos para su prevención*. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.
- Ministerio de Educación Nacional. (2015). *Guía para la implementación del modelo de gestión de permanencia y graduación estudiantil en instituciones de educación superior*. Recuperado el 22 de Junio de 2017, de http://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-356272_recurso.pdf.
- Moore, T., Stohlmann, M., Wang, H.-H., Tank, K., Glancy, A., y Roehring, G. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM. En S. Purzer, J. Strobel, y M. Cardella, *Engineering in Pre-College Settings: Research into Practice*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Mullis, I., Martin, M., Ruddock, G., O'Sullivan, C., y Preuschoff, C. (2009). *TIMSS 2011 Assessment Frameworks*. Boston: International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA).
- National Academy of Engineering and National Research Council. (2014). *STEM integration in K-12 education: education, status, prospects, and an agenda for researchers*. Washington, DC: The National Academies Press. doi:https://doi.org/10.17226/18612.
- OECD. (2004). *Marcos teóricos de PISA 2003*. Recuperado el 19 de Abril de 2013, de Conocimientos y destrezas en Matemáticas, Lectura, Ciencias y Solución de problemas: <http://www.oecd.org/pisa/39732603.pdf>.
- Santos, R., y Cajiao, F. (8 de Abril de 2019). 8 razones de "brutal" caída en matrículas de universidades, y se dieron cuenta tarde. 84. (R. Semana, Entrevistador) Recuperado el 4 de Junio de 2019, de Pulzo: <https://www.pulzo.com/economia/razones-brutal-caida-matriculas-universidades-PP675191>.

- Shinde, R., y Kaynak, D. (16 de June de 2016). *Analysis of the Turkish Education System: A System Dynamics Approach on Dropouts and De*. Recuperado el 16 de May de 2017, de System dynamics conferences: <http://www.systemdynamics.org/conferences/2016/proceed/papers/P1255.pdf>.
- Sistema Nacional de Información de la Educación Superior. (6 de Abril de 2018). *SNIES*. Recuperado el 2 de Julio de 2019, de <https://www.mineduacion.gov.co/sistemasinfo/Informacion-a-la-mano/212400:Estadisticas>.
- Stewart, J. (2002). *Cálculo Multivariable*. Colombia: Thomson Learning.
- Stohlman, M., Moore, T., y Roehrig, G. (2012). Considerations for tezhing integrated STEM education. *Journal of Pre-college Engineering Education Research*, 2(1), 28-34. doi: 10.5703/1288284314653.
- TKI. (2019). *Enabling, e-learnig teaching*. Obtenido de What is STEM/STEAM?: <http://elearning.tki.org.nz/Teaching/Future-focused-learning/STEM-STEAM>.
- Tsupros, N., Kohler, R., y Hallinen, J. (2008). *STEM Education in Southwestern Pennsylvania*. Pennsylvania. Recuperado el 6 de Junio de 2019, de <https://www.cmu.edu/gelfand/documents/stem-survey-report-cmu-iu1.pdf>.
- Vásquez, A. (2014). Hacia un perfil docente para el desarrollo del pensamiento computacional basado en educación STEM para la média técnica en desarrollo de software. *Tesis de maestría*. Medellín, Colombia. Recuperado el 4 de Junio de 2019, de https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/5139/AlbertoV%C3%A1squezGiraldo_2014.pdf?sequence=2&isAllowed=y.
- Vattimo, G. (2010). *Adiós a la verdad*. Barcelona: Gedisa.