

Tutoría entre pares como estrategia para la formación de ingenieros: desafíos y nudos críticos

Raúl Antonio Bustos-González

Facultad de Educación, Universidad de Tarapacá, Arica, Chile, rbgonzalez@uta.cl

Resumen— En un gran número de universidades surgen los programas de apoyo a estudiantes de reciente ingreso, a través de tutores pares. La tarea del tutor consiste en estimular las capacidades y procesos de pensamiento, de toma de decisiones y de resolución de problemas del estudiante. El presente trabajo explora la percepción que el estudiante de reciente ingreso a la carrera de ingeniería tiene de la labor del tutor en asignaturas de ciencias básicas. Se determina que los estudiantes tienden a reaccionar ante el concepto de tutoría, pidiendo una clase expositiva y generalizada, en que se entreguen las instrucciones o estrategias para la resolución de problemas. El estudiante tiene la impresión que mientras más “materia” alcance a ver estará mejor preparado para la evaluación, demostrando problemas al asumir el protagonismo de su aprendizaje. Se evidencia que cualquier iniciativa en este sentido debe involucrar un contrato didáctico.

Palabras clave— nivelación, tutores; contrato didáctico; educación; rol del estudiante.

Recibido para revisar Noviembre 16 de 2017, aceptado Marzo 6 de 2018, versión final Marzo 20 de 2018

Peer mentoring as a strategy for the training of engineers: critical challenges and knots

Abstract— In a large number of universities, support programs for newly admitted students arise through peer tutors. The task of the tutor is to stimulate the abilities and processes of thinking, making decisions and solving student problems. The present work explores the perception that the student of recent entrance to the engineering career has of the work of the tutor in basic science subjects. It is determined that students tend to react to the concept of tutoring, asking for an expository and generalized class, in which instructions or strategies for solving problems are delivered. The student has the impression that the more “subject” he reaches, the better he will be prepared for the evaluation, demonstrating problems by assuming the protagonism of his learning. It is evident that any initiative in this sense must involve a didactic contract.

Keywords: leveling; tutors; teaching contract; education; the role of the student.

1. Introducción

Hoy sabemos que la interrelación entre los estudiantes es un camino eficaz de construcción de aprendizajes, que permite alcanzar objetivos con rapidez y profundidad. En virtud de lo anterior, la tutoría entre pares “... surge como una oportunidad de transmisión y adquisición horizontal del conocimiento, fomentando el trabajo autónomo de los estudiantes y ayudándoles a adquirir competencias que les serán útiles para afrontar diversos problemas a lo largo de sus vidas”. [1]

En el III Simposio Iberoamericano de Docencia Universitaria, realizado en la Universidad de Deusto, se señalaron algunas de las ventajas de un sistema tutorial en la Educación Superior:

Tiene unas funciones informativas, formativas y de orientación valiosas para los estudiantes y se la considera un indicador de calidad. Puede incidir en la prevención de retrasos y de abandonos de los itinerarios académicos [que ahora se contabilizan en los procesos de evaluación institucional] y además colabora en crear una mejor imagen pública de la universidad. [2]

Según Burgos [3], dentro de los sistemas de acompañamiento hay una tipología diversa, lo que representa, a su vez, la variedad de dinámicas y necesidades que surgen en el contexto universitario.

Gabriela de la Cruz [4] plantea que la tutoría se puede definir por sus atributos característicos, como la relación entre un experto y un aprendiz, el que sea una estrategia de prevención y apoyo y que se traduzca en un esfuerzo cooperativo que involucra muchas otras acciones. Por su parte, en el programa de tutorías de la Universidad Quintana Roo [5] se le señala como una actividad flexible, oportuna y permanente, tendiente a motivar al estudiante a ser protagonista de su formación.

En diversos trabajos se cuestiona al concepto primario de tutoría, orientado fundamentalmente a resolver dudas de la asignatura, para dar lugar a una concepción más amplia de carácter orientador, que incluye además de la vida académica, expectativas sobre la vida profesional; es decir, con una concepción más integral. En España también los lineamientos oficiales han contribuido a orientar la función del acompañamiento:

Sólo en algunas universidades privadas, que comienzan a surgir a raíz de la nueva Ley de Reforma Universitaria, empiezan a proponerse las tutorías como una mejora para sus alumnos. La Universidad San Pablo CEU, que fue la primera universidad privada homologada en España y que empieza su andadura en 1993, establece las tutorías como un derecho y un deber para los alumnos. [6]

Como citar este artículo: Bustos-González, R.A., Tutoría entre pares como estrategia para la formación de ingenieros: desafíos y nudos críticos. Educación en Ingeniería, 13(26), pp. 4-10, Julio, 2018.

Aunque hay avances en torno a la práctica tutorial en la educación superior, se reconoce que los resultados obtenidos son aun desiguales e incluso, deficitarios [7].

Hernández y Vásquez, en el documento *Formación de tutores: una experiencia*, dan cuenta del trabajo realizado por la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la Universidad Nacional Autónoma de México [8]. Dentro de las conclusiones más destacadas señalan la necesidad de un cambio de actitud hacia el trabajo colaborativo entre pares, y la necesidad de que el tutor reflexione en torno a su práctica, generando un espacio de discusión sobre su labor donde se recuperan ideas, y opiniones diversas en un ambiente de tolerancia y respeto, en el que la crítica permita enriquecer la práctica.

La tarea del tutor, entonces, consiste en estimular las capacidades y procesos de pensamiento, de toma de decisiones y de resolución de problemas [9].

De acuerdo a lo anterior es que el objetivo del presente trabajo es explorar la percepción que el estudiante de reciente ingreso a la carrera de ingeniería tiene de la labor del tutor y los potenciales desafíos que emerjan en la implementación de un programa de este tipo. Es así que se identificará la manera en que el estudiante espera se desarrolle la tutoría entre pares, revelando sus expectativas, que deben ser consideradas en pro del éxito de su labor.

Al respecto, es necesario acentuar que la tutoría entre pares, como variante de la formación tutorial en educación superior, se diferencia de la tutoría tradicional efectuada por los docentes, en que esta última es esporádica y apunta a la resolución de preguntas, aclaración de dudas, información puntual académica o profesional. Por lo tanto se centra en dificultades de contenido o de algún elemento del programa, básicamente de contenido académico. En cambio, la tutoría entre pares es permanente y centrada en necesidades de adquisición de habilidades de estudio, información académica, y orientación sobre itinerarios, entre otros temas de interés del estudiante. [10]

A partir de lo descrito, el presente artículo expone los referentes teóricos que orientan las actuales prácticas docentes aplicadas en la educación superior, particularmente lo referido a la formación entre pares y tutorías estudiantiles, para luego reseñar su implementación en la formación de ingenieros de la universidad en que se desarrolló el estudio. Posteriormente se describe la estrategia aplicada para identificar la representación de los estudiantes nóveles ante estas prácticas, cuyo resultado nos muestra que los hábitos estudiantiles y prácticas tradicionales dificultan la adecuada recepción de las innovaciones señaladas al obstaculizar que el estudiante asuma el protagonismo de su aprendizaje.

2. Análisis teórico

Por tradición, la enseñanza secundaria, de la que provienen los estudiantes que ingresan a primer año de ingeniería, se ha desenvuelto en clases que generalmente siguen una metodología expositiva. Durante la clase, el profesor expone el tema del día por medio de una disertación que se complementa con ejercicios. Esta metodología de enseñanza, de acuerdo a lo expuesto en algunas investigaciones, aparentemente se despreocupa por la comprensión y reflexión de los contenidos, de parte de los estudiantes:

Las estrategias metodológicas de los profesores no difieren sustancialmente, usando mucho la clase frontal pasiva y de poca participación. Las evaluaciones que se realizan en general promueven sólo el procesamiento superficial de la información en los alumnos. [...] En general se puede concluir que ni las estrategias metodológicas, ni la forma de evaluar de los profesores promueven en el alumno el procesamiento profundo de la información [11].

Esta situación, se distancia de las propuestas constructivistas asociadas a las condiciones de aprendizaje de los estudiantes, que parten de la premisa que los alumnos aprenden sólo lo que reconocen útil y a partir de sus conocimientos previos. Así, lo que se pretende es que el docente entregue las herramientas a los estudiantes, para que autorregulen su aprendizaje.

Por otro lado, si se asume que todos los estudiantes aprenden de distintas formas y velocidades, se debería tender a sustituir las clases expositivas por sesiones de discusión en que se analicen casos y se busque solución a problemas concretos en que se aplique los aprendizajes necesarios. [12]

El principio inspirador de este paradigma asume la importancia del rol de la experiencia en el aprendizaje. Por lo tanto, se entiende que el desarrollo de competencias cognitivas surge como necesidad misma de la acción acometida. De esta manera, se promueve el desarrollo de la meta cognición, es decir, la reflexión consciente de las operaciones intelectuales que entran en juego en el acto de aprender.

Esto representa un cambio de paradigma, donde el foco de atención ilumina al estudiante como protagonista pleno de su proceso educativo. Para los estudiantes acostumbrados al modelo tradicional de enseñanza donde lo característico es la mera comunicación entre emisor [maestro] y receptor [estudiante], el cambio representa un desafío y por lo tanto, es común encontrar incomodidades.

En este contexto, la interacción entre los estudiantes se presenta como un medio eficaz de construcción de conocimientos, permitiendo la adquisición de múltiples habilidades, que de otra forma, se habrían aprendido más lentamente o con mayor dificultad.

Cada estudiante desarrolla un estilo personal de trabajo. En las sesiones de tutoría se comparte los propios pensamientos en el grupo, se obtienen otras ideas y se clarifica las propias y así se promueve el beneficio mutuo [13].

La estructura de una sesión de tutoría exige que el punto de partida sea la presentación de un problema, cuya solución permita alcanzar objetivos de aprendizaje a través de vías metodológicas decididas por el grupo y no impuestas por el tutor.

Como es evidente, en este caso los “problemas” son excusas para que el estudiante logre distinguir necesidades de aprendizaje. Los problemas deberían presentar la información de forma progresiva y al mismo tiempo aumentar en complejidad a fin de estimular el razonamiento.

Lo usual es que los estudiantes al enfrentarse al problema, lleguen a un plan de resolución, luego de una lluvia de ideas. Es en ese proceso, que los estudiantes evalúan sus conocimientos y perciben las necesidades de aprendizaje para ejecutar el plan de acción. El hacer un listado de los mecanismos de explicación

y de las áreas de aprendizaje identificadas es de gran ayuda para hacer el plan de aprendizaje.

En este contexto, el tutor par actúa como facilitador del aprendizaje. El rol del tutor es estimular la discusión. Los tutores no son las fuentes de información que permita solucionar el problema. El tutor facilita el proceso de aprendizaje a través de preguntas que apuntan a provocar la reflexión y la discusión entre los estudiantes. El tutor debe desafiar el pensamiento e ideas de los estudiantes. La pregunta más común de un tutor es “¿Por qué?”. Los estudiantes deben cuestionarse a ellos mismos y no depender del tutor para este desafío. Mediante los cuestionamientos entre sí, ellos analizan y discuten la información relacionada con el problema y los principios y conceptos que el conocimiento ilustra.

Se pueden identificar una serie de referentes teóricos que sustentan la labor tutorial en el sentido acá propuesto, entre los que podemos mencionar los aportes de Bandura [14] y lo que denominó aprendizaje por modelamiento, destacada en su Teoría Cognitivo Social y los aportes de Vigotsky y de su Teoría Socio Histórica que hace énfasis en el significado de la relación novato y experto. [15] A continuación detallamos algo más de estos aportes.

Una de las funciones de los tutores es actuar como modelos. En el aprendizaje por modelamiento se hace referencia a los cambios [conductuales, cognoscitivos o afectivos] que una persona puede sufrir al actuar tal como lo ha visto en otro ser humano.

En cuanto a los aportes fundamentales de Vigotsky, estos aparecen al afirmar que el desarrollo de los procesos psicológicos superiores radica en la participación del aprendiz en actividades compartidas con otros [Zona de Desarrollo Próximo [ZDP]]. Así, la interacción social se convierte en motor del desarrollo, adjudicando relevancia al contexto social en que se desarrolla el aprendizaje.

La ZDP es la distancia entre el nivel de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema [Zona de desarrollo real o actual ZDR] y el nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía de una persona experta o en colaboración con otro compañero más capaz. [16] Por esta razón, el aprendizaje se desarrolla más fácilmente en situaciones colectivas.

De allí se derivaría que lo que hoy se realiza con la asistencia o con el auxilio de una persona más experta, en un futuro se realizará sin necesidad de tal asistencia y el individuo buscará nuevos retos. Tal autonomía en el desempeño se obtiene, paradójicamente, como producto de la asistencia o auxilio, lo que conforma una relación entre enseñanza/aprendizaje y desarrollo. La ayuda ofrecida por el sujeto con mayor dominio debe reunir una serie de características, entre ellas que el aprendizaje debe operar sobre los niveles superiores de la ZDP, es decir sobre aquellos logros del desarrollo todavía en adquisición y sólo desplegados en colaboración con otros. De esta manera, el desarrollo cognitivo se entiende como el producto de la socialización del sujeto en el medio. Si bien es cierto, en esta dualidad, el punto de partida se da por

condiciones interpsicológicas, luego éstas son asumidas por el sujeto como intrapsicológicas.

De esta manera, para Vigotsky, el conocimiento no es un objeto que se pasa de uno a otro, sino que es algo que se construye mediante operaciones y habilidades cognoscitivas que se inducen en la interacción social.

Bruner enriquece la perspectiva vigotskiana con el concepto de andamiaje, entendido como la situación de interacción entre dos personas, una más experimentada en un dominio y el otro menos experto, donde se tiende a lograr que este último se apropie gradualmente del saber experto. Es decir, que la actividad se inicia con un mayor control por parte de la persona más experta que colabora, pero a su vez, va delegando gradualmente la actividad en el más novato. El andamiaje se caracteriza por ser ajustable, de acuerdo con el nivel de competencia del sujeto menos experto y de los progresos que se produzcan y temporal, ya que se debe retirar paulatinamente según los avances del novato, otorgándole mayor autonomía en su desempeño. [17]

Aunque Vigotsky estudió primordialmente las interacciones niño-adulto, existe paralelismo en la relación novato – experto que se da en la tutoría. El tutor es el experto, que puede construir andamios para el aprendizaje del tutorado [novato] favoreciendo su formación académica.

En las primeras etapas, la guía es mayor, por ejemplo el tutor da explicaciones sobre conceptos particulares, muestra estrategias, planificación en los procesos, modelos en la recolección de información, etc. [nivel inter-psicológico], hasta que paulatinamente el tutorado con mayor autonomía y dominio de lo aprendido es capaz de realizar dichas actividades solo, reformulando y trascendiendo creativamente las enseñanzas de su tutor.

En el último decenio se ha tendido a denominar este tipo de educación como “educación dialógica”, paradigma que se considera aún en plena formación y que más bien agrupa experiencias que se identifiquen por antonomasia en frente de la educación “no dialógica” en que el estudiante es solo un oyente y la interacción comunicativa con el docente es pasiva y de mera recepción de conocimientos.

Lo hasta acá descrito se puede revisar a la luz de la formación de ingenieros, la que tradicionalmente se ha convertido en una problemática que enfrenta los actuales modelos de docencia y los perfiles de ingreso de los estudiantes a estas carreras.

La sistematización de información cualitativa proveniente de la observación y experiencia de docentes de los primeros años de ingeniería de la Universidad en la que se desarrolló el estudio, así como los resultados de la evaluación realizada a los alumnos que ingresan a primer año, permiten asumir la presencia de vulnerabilidad en el ámbito del desarrollo psico-afectivo de los alumnos, que se traduce en baja autoestima y déficits en sus habilidades de autorregulación. [18]

Adicionalmente a esta situación de desventaja académica y psicosocial, un elevado porcentaje de los estudiantes presenta una situación económica desfavorecida.²

² El 79 % de los estudiantes matriculados en la Universidad en estudio el año 2014, se encuentra entre los tres primeros quintiles. Las carreras de la Universidad de Tarapacá que

presentan un mayor porcentaje de estudiantes pertenecientes a los tres primeros quintiles son Ingeniería en Sistemas de Información y Control de Gestión [75%], Ingeniería Civil y

Por otro lado, en la universidad en estudio, el 75% de las asignaturas críticas [aquellas con un porcentaje de reprobación mayor a 30% en los últimos tres años] corresponde a asignaturas de ciencias básicas, particularmente disciplinas matemáticas [Cálculo, Álgebra, entre otras].³

Los antecedentes anteriores son la base fundamental para establecer una nueva propuesta, que contempla el desarrollo e implementación de un plan de acompañamiento para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Experiencias similares en el ámbito de las ingenierías, con la intervención de tutores-pares, se han ejecutado en otros países en pro de mejorar la retención de los estudiantes en primer año, reducir la prolongada duración real de las carreras y aumentar la tasa de graduación [19].

Para el caso de la Universidad en estudio, se diseñó un semestre introductorio, que considere la formación de las competencias de entrada a las asignaturas de ciencias básicas. No obstante, estas asignaturas introductorias, se transformaron a su vez en asignaturas críticas, por su porcentaje de reprobación.

Este plan de nivelación, consideró, además la intervención de estudiantes de cursos superiores, en el rol de tutores pares, los que debieran cumplir las siguientes funciones:

1. Orientar al estudiante en sus necesidades administrativas y funcionales, dirigiendo a las instancias adecuadas sus inquietudes.
2. Apoyar en la adaptación e incorporación a la vida universitaria.
3. Colaborar y potenciar el aprendizaje autónomo y colaborativo en el estudiante.

Es justamente este último punto el que ha significado un mayor desafío en la relación estudiante-tutor.

3. Metodología

Para este trabajo, se optó por una metodología cualitativa, en vista de enfrentar el problema desde el paradigma de la complejidad y poder dar cuenta a la multiplicidad de variables que interactúan en el fenómeno [20].

Si bien la perspectiva cualitativa no siempre ha sido considerada adecuada por parte de la comunidad científica [21], se adhiere a quienes afirman que este tipo de investigación ha generado las condiciones necesarias para lograr la comprensión contextualizada de los fenómenos educativos [22].

Es precisamente esta importancia dada al contexto real donde se producen los fenómenos educativos, la que lleva a que se proponga una aproximación etnográfica a nuestro objeto de estudio. Este enfoque permitirá ver la realidad como una construcción que solo es factible de comprender a partir de los significados asignados por los sujetos que la han construido [23].

Otra ventaja del enfoque propuesto se encuentra en el reconocimiento de la capacidad de acción de los sujetos [24]. Así, lo normal en la investigación cualitativa es que el diseño del estudio evolucione a lo largo del proyecto. Este elemento distintivo de la investigación cualitativa obedece a la aspiración

de representar la realidad y los diversos puntos de vista de los participantes de la misma, los que están fuera de nuestro alcance al inicio de la investigación [25].

Taft [26] plantea que para generalizar de un caso individual a otros es necesario alcanzar una comprensión detallada de los eventos respecto a su contexto para poder extender interpretaciones a otros contextos. Esta contextualización es lo que permite hacer comparaciones [27].

En este sentido, y partiendo de la premisa que el acto educativo por naturaleza es único e irrepetible, y por ende obedece a los patrones conductuales identificados en su contexto, se propone la perspectiva etnográfica como la más pertinente para enfrentar los objetivos de esta investigación. [28].

Esta perspectiva, si bien no tiene como objetivo excluyente alcanzar cierto grado de generalización, tiene la ventaja de su potencial heurístico en la contribución al conocimiento de un fenómeno, entendido éste como la posibilidad de establecer nuevas relaciones y factores no atendidos anteriormente respecto al estudio, a través de la interpretación, que hagan necesario un replanteamiento del fenómeno estudiado [29]. Así, se podría ofrecer nuevos datos, miradas y perspectivas que contribuyan a la mejora de la realidad educativa [30].

En resumen, los elementos claves de la investigación etnográfica [31] que sobresalen en la investigación emprendida son:

- La importancia otorgada a los relatos de las perspectivas de los participantes;
- La participación en una espiral de recopilación de evidencias, planteamiento de hipótesis y puesta a prueba de la teoría -que conduce a una mayor recopilación de evidencias: se mantiene a lo largo del proceso de investigación; y
- El enfoque en un caso particular, que se aborda en profundidad, para generar conocimiento.

En consecuencia de lo anterior, la investigación incorpora una diversidad de técnicas de información, como la encuesta, el grupo focal y la entrevista semi estructurada, con el objeto de poder lograr una doble aproximación – la del investigador y la de los participantes [32]. Por otro lado, el uso de las técnicas utilizadas, nos permitirá la triangulación de los datos obtenidos para otorgar la confiabilidad requerida por el estudio.

En términos concretos, se encuesta a 402 estudiantes de ingeniería de reciente ingreso [75% de la admisión de alumnos nuevos de dichas carreras el año 2013] que hayan participado como tutorados en el programa de tutorías, las que permitieron conocer la percepción que los estudiantes tutorados tienen de la labor de sus tutores, por un lado, y por otro, a partir del análisis del resultado de las mismas encuestas, se obtuvo la información que permitió diseñar las temáticas que guiaron un posterior grupo focal con 12 estudiantes que asistieron al menos al 50% de las sesiones de tutoría. Este número de estudiantes obedece a los tamaños recomendados por la literatura para el desarrollo de los grupos focales. La Encuesta se dividió en tres apartados: Competencias del Tutor, Desempeño del Tutor y Autoevaluación. La misma encuesta permitía en su parte final, el registro de opiniones y observaciones de parte de los tutorados.

Ejecución ingreso común [71,6%], Tecnología Médica Laboratorio Clínico [66, 6%] y Trabajo Social [66,6%].

3 Datos proporcionados por el Departamento de Análisis, estudios y calidad, 2015.

Por su parte, se desarrollaron dos grupos focales, que fueron guiados inicialmente por tres preguntas: ¿Reconocen un perfil diferenciador en los alumnos tutores? ¿Qué competencias destacan de sus tutores? ¿Les ha sido útil participar en las tutorías? En términos simples, los apartados de la encuesta y las preguntas iniciales de los grupos focales asumen la forma de categorías deductivas. Sin embargo, la naturaleza misma del método permite la emergencia de otras temáticas relevantes para los participantes. Finalmente, de los 12 participantes en los grupos focales, se entrevistó 5 de acuerdo al principio de saturación de datos, a fin de profundizar en las categorías identificadas en el grupo focal, lo que se describirá con más detalles en los resultados. Los estudiantes seleccionados en esta etapa emergieron de quienes asistieron a más del 60% de las sesiones de tutoría.

A partir de la recolección de datos, se desarrolla una aproximación a sus relatos que Moscoso llamó “micro campos” [33] que serían conexiones estructurales entre distintas perspectivas en torno a temáticas comunes, lo que se entiende teniendo en vista las posiciones y trayectorias sociales, así como las relaciones mutuas de los sujetos considerados en el estudio. En este punto es necesaria la reducción de los datos lo que se realizó por separación en unidades, es decir, se realizó un análisis por fragmentación de la información en singularidades, lo que se conoce como categorización. La categorización se realizó atendiendo a criterios temáticos porque permite más variedad de categorías y, por ende de información valiosa.

Posteriormente estos datos se codificaron para permitir una descripción y comprensión más profunda del objeto de estudio. Es preciso subrayar que en esta etapa se utilizaron codificaciones abiertas, con la emergencia de categorías ampliadas, redefinidas y modificadas, de acuerdo a lo que la misma investigación arrojaba.

Posteriormente, se empleó el análisis de contenido, porque se ajusta a los propósitos de la investigación, a fin de estudiar, analizar y profundizar en las comunicaciones de manera sistemática, clarificando la información obtenida y permitiendo aportar la creatividad y originalidad del investigador.

Para poder manejarlas con comodidad como “expresiones-objeto”, el análisis de expresiones orales se realizó a partir de transcripciones escritas de las mismas. Por ello, se trabajó sobre textos, apoyándose en matrices de doble entrada —en cuyas celdas se registró la información verbal por filas [temas] y columnas [Fuente]. Los instrumentos se aplicaron en fases sucesivas, y la obtención de datos fue simultánea con el análisis y valoración de los mismos.

4. Resultados

La metodología empleada nos permitió reconocer las expectativas que los estudiantes tienen del apoyo a recibir, de parte de un estudiante de cursos superiores. En términos generales, se enfrentan al tutor, esperando un “pequeño instructor” al estilo tradicional.⁴

En la primera etapa de la recogida de información, en base a la aplicación de una encuesta, se puede señalar que, si bien en términos cuantitativos el 91 % de los estudiantes encuestados calificó la labor de los tutores como “Excelente” y “Buena”, al profundizar en el análisis de contenido a través del grupo focal, hay paridad entre los comentarios “positivos” y “negativos” en torno a la labor de los tutores. Esta situación es esperable teniendo en cuenta que los estudiantes en general son más proclives a describir voluntariamente elementos que piensan deben mejorar, más que señalar refuerzos positivos.

De acuerdo a los comentarios que los estudiantes registraron en dichas encuestas, podemos concluir que la labor del tutor que la Universidad en estudio está implementando posee mayores complejidades que la labor tradicional del ayudante, e incluso que la misma labor de tutor que en otras instituciones de Educación terciaria se han experimentado. Podríamos señalar que en términos formales, el tutor de la Universidad de Tarapacá sintetiza la labor de apoyo académico del “ayudante” tradicional con la labor de guía y acompañamiento del tutor convencional.

Por otro lado, en términos cualitativos, el rol de tutor académicamente privilegia el trabajo colaborativo y el desarrollo de las competencias individuales de cada estudiante. Estas dos situaciones son tal vez las que han sido más difíciles de asimilar por los estudiantes.

Las categorías emergentes, resultantes del análisis de la información recogida en la segunda etapa de la investigación [grupos focales] son las siguientes:

- a) Necesidades del tutorado: Requerimientos identificados por los estudiantes de reciente ingreso, que debieran ser respondidos por el tutor.
- b) Aprendizaje Individual: Trabajo asumido por el estudiante tutorado individualmente
- c) Aprendizaje colectivo: Trabajo en grupo desarrollado por los estudiantes tutorados.
- d) Uso del Tiempo: Aprovechamiento del recurso tiempo en beneficio de las necesidades de los tutorados.
- e) Didáctica: Capacidad del tutor de planificar y ejecutar la sesión de tutoría, de acuerdo a las necesidades de los tutorados.

Estas categorías surgen de la libertad y amplitud con que se interpreta el proceso, para poder así, dar cuenta de fenómenos que inicialmente se puedan escapar de la mirada del investigador.

Otro elemento más interesante es que en la categoría “Didáctica”, los comentarios negativos más que duplican los positivos. Los principales aspectos señalados en este apartado como negativos, hacen alusión al trabajo colaborativo, al desarrollo de competencias individuales y a la labor de guía del aprendizaje autónomo ejercido por el tutor. Algunos ejemplos son:

- ✓ “Tomar en cuenta las dudas de los alumnos. Ojalá de forma general, ya que a veces varios alumnos tienen la misma pregunta” [I.PC, 18].

⁴ Con el concepto de pequeño instructor, se hace alusión a que se reconoce en el tutor a un instructor más joven y con menos atribuciones que el docente titular, pero que cumple una función similar.

- ✓ “Cuando se le hace una consulta al tutor, intenta que uno resuelva el problema y al final no resuelve las dudas” [II, 18]
- ✓ “Que no deje tantas dudas.”[I.PC, 19]
- ✓ “Se podrían explicar más ejercicios en la pizarra para que todo aprendan por igual”. [IEE,19]
- ✓ “Deberían incentivar al curso a realizar ejercicios en la pizarra para aprender colectivamente”. [I.PC, 19]

De la revisión de los comentarios emitidos por los estudiantes participantes en los grupos focales, se obtuvo los conceptos guías a ser profundizados en las entrevistas semi-estructuradas, donde se pudo identificar el ideal de sesión de trabajo que los estudiantes tienen integrado en sus mentes:

- ✓ “Los tutores deberían realizar algunos ejercicios complicados sobre el taller, y así no tener que repetir el mismo ejercicio banco por banco. Debería orientar mejor a sus alumnos, no con preguntas.”[A.M.]
- ✓ “El tutor debiera tener planificadas las clases dependiendo de nuestras carencias colectivas y no enfocarse en carencias particulares.” [O.F.]
- ✓ “En los talleres los jóvenes se encargan de resolver las guías y generan dudas para consultarlas con el tutor, en lugar de eso, el tutor podría realizar ejercicios de gran dificultad, explicando los procedimientos que se deben tomar en cada caso”.[H.R.]

Así, los estudiantes de reciente ingreso a las carreras incorporadas en este trabajo, piden una clase expositiva, generalizada, en que se entreguen las instrucciones o estrategias para la resolución de problemas. Cualquier actividad que escape a este formato desconcertará al estudiante. Por esta razón, los estudiantes tienden a reaccionar ante el nuevo concepto de tutoría. Además aparece como argumento de los estudiantes que esta manera “tradicional” de concebir el apoyo de un par de cursos superiores tiene la ventaja de “optimizar tiempo”. El estudiante tiene la impresión que mientras más “materia” alcance a ver estará mejor preparado para la evaluación.

5. Propuesta: el contrato didáctico

En vista de este contexto no siempre favorable, el tutor-par debe asegurarse que los estudiantes tengan claro su rol. Sin embargo, ningún cambio podrá ser exitoso sin el explícito acuerdo de quienes participan en el proceso. Adquiere entonces importancia fundamental el “Contrato didáctico”.

Todo proceso de enseñanza-aprendizaje parte de un “contrato” entre sus protagonistas. El “contrato didáctico” busca que las normas implícitas se hagan explícitas. Es así que los participantes del acto educativo de forma explícita intercambian sus opiniones, comentan sus necesidades, y deciden en colaboración la forma de llevar a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje y lo reflejan [idealmente] por escrito.

Entre las ventajas del uso de contratos didácticos, en situaciones de innovación pedagógica podemos señalar: [34]

- **Relevancia.** Cuando los estudiantes identifican sus propias necesidades, las actividades son más relevantes para ellos.
- **Autonomía.** Se permite elegir qué y cómo aprender.
- **Equidad.** Asume la diversidad presente en las aulas.

Para usar el contrato de aprendizaje, es necesario responder a las siguientes preguntas:

¿Qué busco con el contrato didáctico? ¿Qué aprender? ¿Cómo aprender? ¿Cómo demostrar que se ha aprendido? ¿Que “evidencias” demostrarán que se han alcanzado los objetivos de aprendizaje? , entre otras, las que por otro lado, debieran estar presente en toda planificación educativa. Así, los contratos didácticos pueden ser utilizados para lograr objetivos. [35]

6. Conclusiones

Los resultados del presente trabajo permiten percibir en los estudiantes, como parte integrante del modelo tradicional, y que obviamente promueve su sobrevivencia, la resistencia al cambio, ante iniciativas tendientes a modificar la tradicional relación de aprendizaje en ciencias básicas.

Se expone la imagen que el estudiante de primer año de ingeniería tiene de la labor tutorial, particularmente en la formación de las ciencias básicas, y destaca su demanda por una clase tradicional, expositiva y colectiva, en que el tutor-par responda a sus dudas y no, que oriente para la auto gestión del aprendizaje.

Este hecho permite identificar una serie de desafíos y nudos críticos, entre los que podemos mencionar:

- a) La presencia de un criterio temporal de aprendizaje de contenidos de parte de los estudiantes, que se traduce en la idea que el tiempo debe emplearse tratando más contenidos, en desmedro de una profundización selectiva de tópicos relevantes.
- b) Una valoración superior al trabajo homogéneo, sin importar las individualidades, optando por la formación “uniforme” de parte de los estudiantes.
- c) Preponderancia de la “respuesta” o entrega de la información de parte de un “instructor”, en desmedro de un acompañamiento que fomente la búsqueda individual de la solución a la situación problemática planteada.

Lo expuesto permite percibir que, en el contexto estudiado, los nuevos desafíos que impone la mejora de los logros de aprendizaje en ciencias básicas llevan implícitos dificultades propias del cambio cultural institucional que se requiere.

Es probable que algunos elementos descritos puedan presentar cierta correspondencia en otros contextos, en que la búsqueda permanente de mejora en los resultados del rendimiento de los estudiantes, sea un tema de reflexión. El principal elemento a considerar en este sentido es la cada vez más evidente y profunda apertura de la educación superior a nuevos grupos tradicionalmente marginados de estas instancias, y que muchas veces evidencian cierta vulnerabilidad académica que puede conspirar con su éxito como estudiantes.

En este caso, a la dificultad propia que significa la enseñanza de las ciencias básicas, la modificación de las prácticas docentes y de los alumnos “tutores” , se agrega el cambio de expectativas , rol y protagonismo que el aprendizaje requiere del estudiante . La actividad docente y la labor del tutor son factores que aparecen relativamente sencillos de modificar si los comparamos a los hábitos mentales de los estudiantes –especialmente de cursos iniciales- que pretenden que el conocimiento se les inyecte “mágicamente” desde la figura de una clase magistral homogénea.

Es así, que sin un eficiente contrato didáctico que establezca los requerimientos y roles de cada participante en el acto educativo, las aspiraciones de lograr acción y protagonismo de parte del estudiante seguirá chocando con la resistencia del mismo.

De la misma manera, solo así podrá relativizar la percepción temporal del estudiante en que sitúa la necesidad de “pasar más materia en menos tiempo” como prioritario, por sobre la búsqueda de un aprendizaje profundo y consolidado que permita dar pasos seguros en los aprendizajes posteriores.

Estas dificultades obligan a quienes asumen el compromiso de educar no solo las competencias técnicas y disciplinarias que tradicionalmente han sido exigibles en docentes y ayudantes. Si no que, además debe estar imbuido de una profunda vocación, que a la larga llevarán a la diferenciación efectiva del rol que el estudiante debe asumir ante el desafío de su formación en el siglo XXI.

Referencias

- [1] García, M., Gaya, M. y Velasco, P., Mentoría entre iguales: alumnos que comparten experiencias y aprendizaje. Actas XVI Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática Madrid. España, [en línea]. 120 P. [Fecha de Consulta 31 de Mayo 2011]. Disponible en: http://www.jenui2010.usc.es/actas_divididas/a15.pdf.
- [2] Guillamón, C., Quinquer, D., Gairín, J., Feixas, M. y Franch, J., Acciones tutoriales para la Universidad. III Simposio Iberoamericano de Docencia Universitaria. Universidad de Deusto. España. 2004.
- [3] Burgos, M., Una experiencia en consejería: elaboración y puesta en marcha del programa de orientación universitaria en la Universidad de los Andes. Memorias del Primer Congreso internacional de tutores y consejeros en la Educación Superior. Bogotá, Colombia. 2004, 39 P.
- [4] De la Cruz, G., Evaluación de la tutoría: características y funciones del tutor desde las expectativas de los aspirantes a ingresar al posgrado. México: Universidad Autónoma de México, 2003.
- [5] Moreno, T., Creación de una propuesta institucional de tutorías para la enseñanza superior: el caso de la Universidad de Quintana Roo. Revista Electrónica de Educación, [en línea]. (125), pp. 91-115. [Fecha de Consulta: 18 de Enero de 2012]. Disponible en: <http://publicaciones.anui.es/revista/125/4/1/es/creacion-de-una-propuesta-institucional-de-tutorias-para-la-ensenanza>.
- [6] Fernández, G. y Escribano, M., Las tutorías en la formación académica y humana de los alumnos de la Universidad San Pablo. CEU UPCT. [en línea]. 2005. [Fecha de Consulta 12 de Mayo de 2012]. Disponible en: <http://metodos.upct.es/asepuma/comunicaciones/completas/605.pdf>:16.
- [7] Gairín, J. [coord.], Feixas, M., Guillamón, C., Quinquer, D. y Muñoz, J., Elementos para la elaboración y desarrollo de planes de acción tutorial en la Universidad. Vice-rectoría de Formación e Innovación Educativa, Área de innovación Educativa. Universidad de Vigo. España. 2009.
- [8] Hernández, J. y Vázquez, J., Formación de tutores: una experiencia. [en línea]. Biblioteca Digital. [Fecha de Consulta: 1 de Abril de 2012]. Disponible en: <http://bibliotecadigital.conevyt.org.mx/coleccion/documentos/somece2002/Grupo4/Hernandez1.pdf>
- [9] Castaño, E., Blanco, A. y Asensio, E., Competencias para la tutoría: experiencia de formación con profesores universitarios. Revista de Docencia Universitaria. 10 [2], pp. 193-210. 2012.
- [10] Gairín, J.; Feixas, M.; Muñoz, J.; Guillamón, C. La Tutoría personalizada en la Universidad: un estudio de caso. Revista de Orientación Educativa, 24(45), pp. 35-57, 2010.
- [11] Matamala, R., Las estrategias metodológicas utilizadas por el profesor de matemática en la enseñanza media y su relación con el desarrollo de habilidades intelectuales de orden superior en sus alumnos y alumnas. Tesis de Maestría. Universidad de Chile, Chile. 2005.
- [12] Serrano, M., Solarte, N., Pérez, D. y Pérez-Ruiz, A., La investigación como estrategia pedagógica del proceso de aprendizaje para ingeniería civil. Revista Educación, 35(2), pp. 13-31, 2011.
- [13] Branda, L., El aprendizaje basado en problemas y las tutorías. Carrera de Medicina, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. 2001.
- [14] Bandura, A. y Walters, R., Aprendizaje social y desarrollo de la personalidad. [7ª ed.] Alianza Editorial, España, 1983.
- [15] Vygotsky, L., Pensamiento y lenguaje. Ed. Paidós, Madrid, 1978.
- [16] De la Cruz, G., Evaluación de la tutoría: características y funciones del tutor desde las expectativas de los aspirantes a ingresar al posgrado. Universidad Autónoma de México, México, 2003, 23 P.
- [17] Wood, D., Bruner, J.S. and Ross, G., The role of tutoring in problem solving. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 17, pp. 89-100, 1976.
- [18] Informe Diagnóstico CIDEU- 2014, carreras de ingeniería. Área de seguimiento y apoyo al estudiante, Centro de Innovación y desarrollo de la docencia, Universidad de Tarapacá, Chile.
- [19] Ambroggio, G., Ducant, E., Forestello, R., Guzmán, C., Mangeaud, A., Mareño, M., Micolini, O., Solinas, M., Vargas, M. y Velasco, M., Tutorías para ingresantes: experiencias en la UNC. Compilado por María Elena Duarte. – 1ª ed. - Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba. Argentina, 2013.
- [20] Morin, E., El pensamiento complejo, Gedisa, Madrid, España, 1995.
- [21] Aguirre, A. (coord.). Etnografía. Metodología cualitativa en la investigación sociocultural. Marcombo, Barcelona, España, 1995.
- [22] Hymes, D., ¿Qué es la etnografía?, en: Velasco, H., García, F.G. y Díaz-de Rada, A., (eds.), Lecturas de antropología para educadores. Trotta, Madrid, 1993, pp.175-192.
- [23] Pérez, G., Corrientes de investigación educativa. La etnometodología: aplicación a la educación cívico-social. En: López-Barajas Zayas, E. y Montoya-Sáenz, J. (eds.) La Investigación etnográfica, fundamentos y técnicas, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, España, 1994.
- [24] Feito, R., Odio la escuela. Una revisión de trabajos etnográficos en sociología de la educación. Revista Política y Sociedad, 24, pp. 33-44, 1997.
- [25] Martín-Crespo, M.A. y Salamanca, A., El muestreo en la investigación cualitativa. En: Nure Investigación, [en línea]. 27, 2007. [Fecha de Consulta: 22 de abril de 2012]. Disponible en: http://www.nureinvestigacion.es/ficheros_administrador/f_metodologica/fmetodologica_27.pdf.
- [26] Taft, R., Ethnographic research methods. In Keeves, J.P., (Ed). Educational research, methodology, and measurement. An international handbook. Pergamon Press, Oxford, Inglaterra, 1988, pp. 71-75.
- [27] Ogbu, J., Etnografía escolar. una aproximación a nivel múltiple. En: Díaz-de Rada, A., Velasco, H. y García-Castaño, F., (eds.), Lecturas de antropología para educadores, Trotta, Madrid, 1993, pp. 145-174.
- [28] Jackson, P., La vida en las aulas, Morata, Madrid, 2001.
- [29] Leiva, J., Educación y conflicto en escuelas interculturales: valores y concepciones pedagógicas del profesorado sobre convivencia y diversidad cultural, Revista Educación y Diversidad, 3, pp. 107-149, 2009.
- [30] Serra, C., Etnografía escolar, etnografía de la educación. Revista de Educación, 334, pp. 165-176, 2004.
- [31] Hernández, F., Martínez, S. y Montané, A., Micro etnografías y discontinuidad en una investigación sobre aprender a ser docente. En: Cárcamo, H. (Ed). Making of... Construcciones etnográficas en educación, 2014, pp. 65-71
- [32] Caballero, Z., Aulas de colores y sueños: la cotidianeidad en las escuelas multiculturales. Ediciones Octaedro, Barcelona, España, 2001.
- [33] Moscoso, M., Acerca del enfoque (auto) biográfico aplicado a la investigación con niños y niñas. En: Cárcamo H., (Ed), Making of... Construcciones etnográficas en educación, 2014.
- [34] Anderson, G., Bould, D. y Sampson, J., Learning contracts. A practical guide, Kogan Page, London, 1996.
- [35] Saz, M.I., Fundamentación y desarrollo de un modelo formativo de aprendizaje autónomo. I Jornadas de Innovación Docente, Tecnologías de la Información y la Comunicación e Investigación Educativa en la Universidad de Zaragoza. Bloque I Innovación Docente. Zaragoza. España, 2006.

R. Bustos-González; es profesor de historia y geografía titulado en la Universidad de Tarapacá de Chile en el año 1995, MSc. en Integración Subregional de la Universidad Arturo Prat de Chile en el año 2003, Dr. en Educación y Cultura en América Latina de la Universidad de Artes y Ciencias Sociales de Chile en el año 2010 y Dr. en Educación de la Universitat Autònoma de Barcelona, España en el año 2016. Actualmente se desempeña como académico del Departamento de Educación de la Universidad de Tarapacá, Arica, Chile. Sus intereses investigativos se encuentran en innovación docente, interculturalidad e historia de la educación. Dirección Postal: Pedro Lira 2059, Villa Pomerape, Arica –Chile. Dirección electrónica: rbgonzalez@academicos.uta.cl Teléfono: 56 58 2 205191 orcid.org/0000-0002-2363-1919

Agentes inteligentes y Modelo VARK, proponen estrategias de aprendizaje según la manera en que asimila un individuo

Lucy Nohemy Medina-Velandia & Luis Alexis Plazas-Gómez

Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Fundación Universitaria Los Libertadores, Bogotá, Colombia. lunome@gmail.com, laplazag.@libertadores.edu.co

Resumen— Este artículo presenta los resultados de la investigación obtenidos a través de la Inteligencia Artificial, específicamente los Agentes Inteligentes, que toman las decisiones adecuadas, de manera que dependiendo del estilo predominante cómo una persona aprende, propone la estrategia apropiada para aprovechar su aprendizaje autónomamente. Esta investigación se basó en la aplicación del modelo VARK a través de Agentes Inteligentes en los estudiantes que inscribieron la materia Programación Estructurada, debido a que los alumnos cuando trataban de solucionar problemas para crear soluciones informáticas, se les dificultaba, lo que arrojaba una mortalidad de más del 60% del curso. Algunos resultados obtenidos, muestran que los estudiantes participantes en su mayoría eran visuales o auditivos, y que algunas de las estrategias escogidas por el sistema para cada individuo fueron: lecturas, material audiovisual, mapas conceptuales e infografías, para facilitarles el aprendizaje y utilizar mejor sus habilidades. Para elaborar el proyecto, se utilizó la técnica de investigación cuantitativa y la encuesta cerrada directa.

Palabras Clave— agentes inteligentes; estilos de aprendizaje; estrategias de aprendizaje.

Intelligent agent and VARK Model, propose learning strategies according to how they assimilate an individual

Recibido para revisar Octubre 19 de 2017, aceptado Enero 29 de 2018, versión final Febrero 26 de 2018

Abstract— This article presents the results of research obtained through the use of Artificial Intelligence, specifically Intelligent Agents that automatically propose appropriate strategies to take advantage of the predominant learning style of a person to improve their autonomous learning abilities. This investigation was based on the application of the VARK model to a sample of students who registered for the class “Structured Programming”. The task of solving the problems and generating the appropriate computational based tools initially proved difficult for the students (over 60% of the students were failing the course). The Artificial Intelligence identified that the majority of the participating students responded best to visual or auditory aids, and that the appropriate strategies chosen by the system for each individual were: reading, audiovisual material, concept maps and infographics. The project utilized quantitative research techniques and was evaluated using direct closed surveys.

Keywords— intelligent agents; learning styles; learning strategies.

1. Introducción

Los autores de este artículo parten de dos frases que encierran la esencia de la educación del ser humano: [1]: “Enseñar exige seguridad, capacidad profesional y generosidad”, “Enseñar no es transferir conocimiento, sino crear

las posibilidades para su propia producción o construcción”. Palabras sabias que permiten al maestro ser el profesional que se requiere para desempeñar con honestidad su trabajo; pero, bajo estas circunstancias se necesita conocer a quién va a dirigir en su educación. Es así, que las distintas formas en que aprende un ser humano pueden definirse a través de los *estilos de aprendizaje*, término que ha sido bastante indagado por eruditos en materias educativas. Como ejemplo, [2] los define: “Los estilos son las inteligencias puestas a trabajar en tareas y contextos determinados” o como lo afirma Dunn y Dunn, en el escrito Identifying Individual Learning Styles [3] “la manera en que los estímulos básicos afectan la habilidad de una persona para absorber y retener la información”. Tareas complejas que deben ser metodológicamente planeadas y bien dirigidas, por un docente dentro del aula de clase, para lograr los objetivos tanto del profesor como del estudiante.

Son varios los problemas que se presentan cuando un maestro enseña a otro individuo, es así, que en este escrito interesan los problemas de aprendizaje, pues no es fácil que un maestro detecte solo con el contacto, cómo profundizan sus alumnos, y aún menos, que todos ellos dentro del aula se mantengan concentrados completamente con lo que el profesor comparte; habrá algunos que conserven su atención y comprendan los conceptos con mayor facilidad, pero otros, no. Por lo anterior, esos discentes no avanzan en su conocimiento y desertan de las instituciones educativas, sobre todo, los que se encuentran en la educación superior.

Debido a la problemática presentada en la mayor parte de educandos y a la deserción que por los motivos expuestos se presenta, en esta investigación se realizó un software que utiliza agentes inteligentes, los cuales, primero, detectan el estilo de aprendizaje de cada uno de los estudiantes del aula de clase y de acuerdo a este diagnóstico, escoge la estrategia didáctica adecuada, la cual el software aplica de forma individual, sobre el mismo tema tratado en el momento.

El desarrollo de este escrito, a grandes rasgos es el siguiente: se considera una parte teórica que centra la investigación, luego se indica cómo se realizó el trabajo, a continuación, se hace el análisis de los resultados y finalmente las conclusiones a que los autores llegaron.

Como citar este artículo: Medina-Velandia, L.N. and Plazas-Gómez, L.A., Agentes inteligentes y Modelo VARK, proponen estrategias de aprendizaje según la manera en que asimila un individuo. Educación en Ingeniería, 13(26), pp. 11-19, Julio, 2018.

2. Marco teórico

2.1. Marco referencial

El tema de *estilos de aprendizaje* ha sido difundido e investigado por muchos autores, que van desde 1907, cuando la doctora María Montessori [4] inventó un método propio llamado Montessori, creado a partir de la creencia de que los estudiantes comprendían un tema a partir de la experiencia y de sus acciones, y no simplemente, por medio de pruebas con opciones múltiples.

De otra parte, en 1956 Benjamín Bloom [5], inventa la taxonomía de Bloom, la cual tiene en cuenta el área de aprendizaje, el cual debe ser conducido por unos objetivos bien planeados, pero el complemento lo dan las herramientas adecuadas de evaluación y las actividades a realizar. Es así que Bloom, clasifica u ordena el aprendizaje en tres campos, el cognitivo, el psicomotriz y el afectivo. En cuanto al cognitivo, está compuesto por la parte intelectual del conocimiento, la aplicación, el análisis, la síntesis y la evaluación. El campo psicomotriz, es clasificado por medio de las destrezas, descritas por medio de la precisión, exactitud, facilidad, economía de tiempo y el esfuerzo de la persona. El campo afectivo, muestra el grado de valor y actitud, y se manifiesta por medio de la respuesta, la valoración y la organización.

También, David Kolb [6] en los años 70, trabajó los estilos de aprendizaje a través de su propio modelo, el cual se basa en la experiencia, en la percepción y el procesamiento, dos de las principales dimensiones del aprendizaje. Cuando se refiere a la percepción, la divide en dos tipos: la experiencia concreta y la conceptualización abstracta, las cuales se convierten en conocimiento al trabajar a través de la reflexión y la realización de acciones, no de la teoría, es decir, de un alumno pragmático.

En síntesis, Kolb identificó cuatro estilos de aprendizaje. Las personas que tienen estilo de aprendizaje convergente, tienen habilidades en abstracción, conceptualización y experimentación activa, es decir, practican sus ideas. Las personas divergentes en cambio, tienen habilidades predominantes en la experiencia concreta y observación reflexiva. De otra parte, las personas con estilo de aprendizaje asimilador, abstraen, conceptualizan, observan de forma reflexiva, comprenden y crean modelos teóricos, no se ocupan demasiado en aplicar o practicar las teorías.

Por último, Kolb considera las personas con estilo de aprendizaje acomodador: aquellas que experimentan de manera concreta y activa, son las que hacen, elaboran, experimentan, ejecutan y practican el enfoque de ensayo y error.

Para robustecer la investigación sobre estilos de aprendizaje, Neil Fleming y Colleen Mills, crean el modelo VARK [7], el cual trabaja cuatro modalidades sensoriales: Visual, Auditiva, textual (lectura/escritura) y Kinestésica. De estos cuatro modos para procesar la información, hay algunos seres humanos que los utilizan todos, pero la gran mayoría tiene una modalidad más desarrollada; de esta forma, pueden mejorar su rendimiento y aprender más fácilmente, pues procesan la información de cualquier forma.

Otros autores han propuesto modelos que describen e identifican los estilos de aprendizaje, por ejemplo, en 1974,

Anthony Grasha y Sheryl Hruska Riechmann, [8] propusieron el modelo llamado *Grasha-Riechmann Student Learning Style Scales*, el cual identifica seis estilos: participativo, elusivo, competitivo, colaborativo, dependiente e independiente. Estos estilos fueron propuestos a partir de tres dimensiones: la actitud que tiene el estudiante respecto del aprendizaje, la perspectiva que posee un estudiante sobre el maestro y los compañeros, la reacción que tiene el individuo en el aula de clase respecto a los procedimientos didácticos.

El modelo de Programación Neurolingüística, es una representación empleada para mejorar el nivel de comunicación entre estudiantes y profesores, utilizando frases y actividades que involucren información visual, auditiva y táctil [9].

El modelo de Felder y Silverman, en Felder y Spurlin [10] se manifiesta porque dos razones específicas, querían estudiar los distintos estilos de aprendizaje en estudiantes de ingeniería y proporcionar a los educadores un método para enseñar que cobijara las necesidades de aprendizaje de sus discípulos. El modelo trabaja cuatro dimensiones del estilo de aprendizaje: las personas sensoriales e intuitivas (cómo perciben el mundo), las visuales y verbales (cómo se percibe la información), las activas y reflexivas (los procesos mentales complejos convierten la información en conocimiento) y por último las secuenciales y globales (personas que se sienten bien con el material que se les muestre, lo ordenan, dominan y aprenden) [11].

En el trabajo realizado por Peña, Marzo, De la Rosa y Fabregart [27], describe la construcción de un sistema multiagente -SMA- denominado Mas-Plang, que ubica al estudiante en un estilo de aprendizaje por medio del cuestionario ILS (el presente proyecto lo hace por medio del modelo VARK y el cuestionario elaborado para caracteriza a un individuo según la forma como aprende), también adoptaron el modelo de Felder y Silverman [28], para modelar el estudio y revisar cómo entiende la información, la recibe, percibe y procesa. De otra parte, los objetivos de los proyectos son distintos, en el Mas-Plang, se espera transformar el entorno educativo virtual de las unidades que soportan la docencia, por medio de un sistema hipermedia adaptativo, entre tanto, el presente proyecto, se encamina a proponer estrategias de aprendizaje, de acuerdo al diagnóstico que el mismo sistema realiza sobre la forma como asimila el individuo. La anterior es solo una de las diferencias entre los dos proyectos.

En la actualidad, los maestros se capacitan en su disciplina, y luego, algunos, utilizan las estrategias para cada uno de los diferentes estilos de aprendizaje dentro del aula, pues por lo común, usan su propio estilo para enseñar. Las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), han contribuido en gran medida a la educación presencial y virtual, ofreciendo software y hardware, que combinado son capaces de apoyar la enseñanza aprendizaje de forma divertida en algunos casos, y que con los distintos métodos aplicados por los autores, exaltan los estilos de aprendizaje, pues día a día, estos toman mayor auge y se van posicionando en el lugar que les corresponde para educar a la juventud. Las TIC, han sido el mayor aliado en el cambio de métodos para la educación, pues por medio de ellas, se enriquece, complementa y transforma la educación; es el caso del empleo de la evaluación en línea, que se realiza dentro de los cursos ofrecidos *on line*, en los entornos de aprendizaje

virtuales o también llamados sistemas de aprendizaje en línea- *Virtual Learning Environments*.

Contribuciones que han entregado también, las redes sociales, por cuanto el individuo escoge qué, cómo y cuándo estudiar o ver un tema de interés. De otra parte, el incremento en el uso de los dispositivos electrónicos en todas las edades, los tableros digitales interactivos, las tabletas, los libros digitales, las aplicaciones educativas, las plataformas de enseñanza digital, las herramientas multimedia y por supuesto, el software específico para actividades online. Todas estas tecnologías han penetrado y cambiado la forma de vivir en la cotidianidad, sobre todo en la forma de educar, pues no se concibe hoy, un aula en la que no se utilicen las nuevas tecnologías para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Los modelos escogidos para ser analizados y escoger el que se aplicaría en el proyecto fueron los siguientes: el de Kolb [6], Dunn y Dunn [3], Modelo de la Programación Neurolingüística de Bandler y Grinder – PNL-VAK [29], modelo 4MAT de Bernice McCarthy [30], el Modelo de Neil Fleming y Collen Mills – VARK [7, 31] y el Modelo de Felder y Silverman [28],

Luego de hacer comparativos con los Modelos e instrumentos escogidos, se tomó la decisión de elegir el Modelo de Fleming y Mills denominado, VARK; debido a que da un valor agregado al tener como elemento principal la evaluación de la lectura/escritura, pues los seres humanos tienen habilidades primordiales, entre ellas, la lecto/escritura, que les permite concretar el lenguaje, volverlo accesible y definitivo; pero también, contribuye al desarrollo general del ser humano, específicamente en el pensamiento y el aprendizaje [7, 31].

Otro de los temas que cubre la investigación son las estrategias de aprendizaje, las cuales abordan la forma como aprende un individuo, para que aproveche al máximo sus capacidades y posibilidades de forma eficiente y constructiva, teniendo en cuenta también que el maestro deberá explorar sus propias aptitudes. Las estrategias de aprendizaje se consideraron como las compuestas por actividades, técnicas y medios, que el docente planificará de acuerdo a las necesidades de la población a la que se dirige, con la finalidad de hacer más efectivo el proceso de aprendizaje.

En este proyecto, las técnicas de aprendizaje se concibieron como las actividades estructuradas por el docente, para que los estudiantes construyan su propio conocimiento y la información sea significativa para ellos. Entre tanto, las estrategias se consideraron como las actividades planificadas y encaminadas a suplir necesidades de los alumnos. De las técnicas de aprendizaje utilizadas dentro del proyecto están: el resumen analítico, con el objeto que los estudiantes comprendan, aprendan contenidos y desarrollen habilidades de análisis y síntesis. Otra técnica utilizada es el crucigrama, los cuales permiten al estudiante organizar, construir y recuperar contenidos, esperando que ellos repasen, integren información y organicen el conocimiento, también se consideró el mapa conceptual, ya que permite que un individuo organice, asocie y estructure su conocimiento, llevándolo a que pueda elaborar ideas, se le facilite el aprendizaje significativo, relacione y represente contenidos, así como que construya significados.

Weinstein y Mayer indican que las estrategias de aprendizaje "pueden ser definidas como conductas y pensamientos que un aprendiz utiliza durante el aprendizaje con la intención de influir en su proceso de codificación" [12], mientras que Wittrock [13] y Dansereau [14], las consideran como aquellas secuencias de actividades elegidas para facilitar la apropiación, almacenamiento y uso de la información.

Para los autores, las estrategias de aprendizaje son acciones planeadas por el docente, que conducen al alumno a la construcción de su educación, al alcance de sus objetivos y a la guía en la consecución del aprendizaje de un individuo.

Son muchos los autores que se han ocupado de este tema, pero en definitiva, las estrategias de aprendizaje, han sido consideradas como las actitudes que el aprendiz desarrolla cuando está aprendiendo y que influyen en la codificación de la información de lo que esté aprendiendo; esto se traduce en que entre las actitudes, técnicas y medios planeados según las necesidades de los individuos en el aula, los objetivos que se han trazado, las áreas de conocimiento sobre las que se trabaja, todo se enfoca para hacer del proceso de aprendizaje el más efectivo y contundente.

Según Schunk [15] y referidas por Weinstein [16], las estrategias de aprendizaje orientadas a la educación se dividen en cinco tipos:

1. Las estrategias de ensayo, basadas en la repetición de contenidos escritos o discutidos para establecer el recuerdo. Ejemplos de esta estrategia: tomar apuntes, leer en voz alta, repetir en voz alta, subrayar, copiar textos, comúnmente como se dice, diciendo y escribiendo.
2. Estrategia de elaboración, se hacen conexiones entre lo nuevo y el conocimiento adquirido. Ejemplos de esta estrategia: responder preguntas, describir cómo relaciona la información nueva con la que ya conoce, responder preguntas, resumir.
3. Estrategias de organización, se agrupa información por facilidad, para su estudio, comprensión y recuerdo, se establecen jerarquías. Ejemplos de esta estrategia: hacer esquemas o cuadros sinópticos, subrayar, elaborar mapas conceptuales, redes semánticas, árboles ordenados jerárquicamente.
4. Estrategias de comprensión, el aprendiz es consciente de lo que quiere lograr, de las estrategias que se utilizan y el dominio logrado; cuando se desarrolla esta estrategia ha de existir un alto nivel de conciencia y control individual. Ejemplo: planificar, regular y evaluar, descomponer una tarea en pasos secuenciales, escoger conocimientos previos, formular preguntas sobre esos conocimientos, indagar por estrategias nuevas cuando no funcionan las conocidas, innovar, crear.
5. Estrategias de apoyo, que permiten el progreso al aplicar las estrategias de aprendizaje, establecen motivación, enfocan la atención y concentración, se maneja el tiempo, se revisan los entornos de estudio para ver qué funciona y qué no.
6. Estrategias de planificación, con ella, los aprendices dirigen y controlan su conducta. Ejemplo: establecer objetivos y metas de aprendizaje, dividir las tareas en pasos sucesivos, planear para ejecutar, prever el tiempo para hacer una tarea,

incluyendo recursos y esfuerzo, seleccionar la estrategia adecuada a seguir.

7. Estrategia de evaluación, verifican el proceso de aprendizaje, se realiza durante y al final de un proceso. Ejemplo: tener presente cuándo terminar un proceso, cuándo pausar el proceso, registrar la duración de las pausas, evaluar la calidad del resultado, revisar si se han logrado o no los objetivos, revisar cada paso que se da.

2.2. Agentes inteligentes

En 1999, Weinstein define un agente inteligente “*como una entidad software que, basándose en su propio conocimiento, realiza un conjunto de operaciones destinadas a satisfacer las necesidades de un usuario o de otro programa, bien por iniciativa propia o porque alguno de estos se lo requiere.*” [17].

De otra parte, la definición que Vargas e Hipola hacen de un agente inteligente es, como “*cualquier cosa que puede ser vista como algo que percibe su ambiente a través de sensores y actúa sobre su ambiente a través de efectores*” [18]. Los agentes inteligentes actúan de forma independiente y se concentran en tener propósitos, es decir, tareas y objetivos que los hacen actuar autónomamente durante cierto tiempo. Los agentes deben tener una serie de habilidades como la autonomía, para operar sin intervención de los humanos, esto quiere decir que controlan sus acciones y su estado interno. De otra parte, deben ser sociables, lo que hace que tengan relaciones con otros agentes o con humanos. Los agentes son reactivos, es decir, que pueden percibir su ambiente, el cual se refiere a interfaces gráficas, a otros agentes, a la web y al mundo físico, y ellos pueden responder a esos estímulos. Deben ser proactivos, lo que los hace tomar sus propias decisiones e iniciativas, en el momento que consideren propicio.

La educación se ha considerado como la piedra angular sobre la cual se edifica la sociedad, y la Inteligencia Artificial a través de sus áreas, ha penetrado con fuerza en educación, a través del desarrollo de proyectos utilizando los Sistemas Tutores Inteligentes - *Systems Intelligent Tutors* (ITS) o las aplicaciones que se llaman compañeros de aprendizaje - *Learning Companion System* (LCS). Los ITS, son aplicaciones inteligentes que simulan a un profesor tutor, el cual es experto en un área específica y se adapta a las necesidades del estudiante guiado. De otra parte, los LCS, a diferencia de los ITS, no son expertos en un tema en particular, ellos pueden cometer errores y actúan como lo haría un compañero de estudio. Los dos tipos de sistemas inteligentes, aprenden de sus experiencias con los estudiantes y están en capacidad de representar la información a través de video, voz, gráficos, etc.

A partir de los estudios sobre el conocimiento conversacional humano que realizó Russel y Norving [19], se han construido agentes inteligentes con voz, que permiten tener un mejor contacto con los aprendices, es así que Castells, expone que existen sistemas capaces de animar a los niños para que desarrollen sus ideas, cuenten sus historias y tengan capacidad para representar pensamientos de forma simbólica y compartirlo con otros [20]. El sistema *StoryTelling* apoya a los niños para que trabajen de forma colaborativa, con el objeto de que aprendan o desarrollen habilidades del lenguaje. A su vez,

[20], afirma que se desarrolló un agente como si fuese un niño más de un grupo preescolar, el cual les ayuda a desarrollar su mente, para que tengan capacidades mentales para hacer narrativas en el proceso de aprendizaje. A este niño virtual, lo denominaron SAM, catalogado como un agente pedagógico animado, el cual permite que los estudiantes aprendan y practiquen habilidades en un mundo virtual; la comunicación entre el agente y los niños se hace por medio de diálogos simulados como los de un tutor o compañero de clase [21].

Cuando los niños interactúan con sistemas que trabajan agentes inteligentes, pueden preguntar, dialogar, reconstruir y redefinir su actuar; dependiendo del estudiante, el agente se puede adaptar a circunstancias diversas, pero si comete un error, el agente está en capacidad para que el niño corrija y aprenda del error; si se trata de un proceso de aprendizaje, el alumno puede preguntar sobre el proceso en el que va y qué le hace falta. Existen otros agentes según lo afirma [20], que controlan emociones, apoyan el trabajo colaborativo, interactúan pedagógicamente y se pueden adaptar fácilmente.

En España se desarrolló un proyecto denominado *Teaching Tutoring Intelligent Agents to customise lifelong learning pathways in microfinance*, que consiste en una herramienta creada para evaluar a un estudiante y está desarrollada por medio de agentes inteligentes. Este proyecto es financiado por la Comisión Europea y está involucrada la Universidad Julio Marconi de Roma, la UNED y dos empresas de micro finanzas de Polonia y Francia. El sistema se diseñó con el propósito de promover el conocimiento y las habilidades en micro finanzas que opera en Europa: El modelo didáctico construido está basado en la integración de Inteligencia Artificial con un curso de aprendizaje mixto, el cual se encuentra en idiomas francés, inglés, italiano y polaco [22].

También se han desarrollado sistemas de enseñanza inteligentes distribuidos a través de la red, unos llamados Sistemas de Enseñanza Adaptativos - SEA y otros, Sistemas Hipermedias Adaptativos - HA. Estos gestionan el acceso a la información personalizada en hiperespacios amplios como la Web. Es el caso del Sistema de Enseñanza Inteligente vía www, denominado ELM_ART. Los sistemas de Enseñanza Adaptativos - SEA, prestan un soporte colaborativo y adaptativo, de tal manera que se utilice el conocimiento del sistema sobre los diversos usuarios, con el fin de formar grupos de aprendizaje colaborativo [23].

Algunas líneas de investigación en las que se pueden trabajar pueden ser: la de Meta Teorías del conocimiento experto, de razonamiento causal y simulación cualitativa, Sistemas de autor para STI, nuevas arquitecturas basadas en agentes, modelado del alumno y diagnóstico cognitivo, sistemas de aprendizaje colaborativo, sistemas de enseñanza basados en Internet, estándares de objetos de aprendizaje y modelos de referencia, sistemas basados en diálogo y lenguaje natural, agentes pedagógicos inteligentes. Son muchas las aristas que se pueden explotar por medio de la Inteligencia Artificial y todas sus áreas, entre ellas la de los agentes inteligentes.

Son numerosos los investigadores que han desarrollado proyectos en los diversos campos, en los cuales se unen pedagogos, psicólogos, expertos en ciencias cognitivas, en

Inteligencia Artificial, multimedia e informática en general, los cuales trabajan dando su visión y entregando sus conocimientos para el bien de la humanidad [24]. El presente proyecto, es innovador por varias razones: se hace una medición electrónica en línea por medio del método VARK para que, luego de la identificación de la modalidad de aprendizaje dominante del individuo, se asigne las estrategias adecuadas de acuerdo al resultado, para ello, el agente inteligente selecciona la información adecuada, con el objeto de que el estudiante preste atención en función de su interés y forma de aprender. De otra parte, el sistema informa al docente encargado de un grupo por medio de un reporte, sobre el estilo en que aprende cada uno de sus alumnos, de acuerdo al resultado de la encuesta. Pero lo mejor, es que el sistema aplica la estrategia conveniente a cada estudiante de un curso, por lo que cada uno de los que se encuentre en el aula, puede estar trabajando el mismo tema, pero con la estrategia de aprendizaje adecuada a su estilo de aprendizaje.

Se aclara que algunos seres humanos muestran preferencia por alguna modalidad de aprendizaje en especial, pero esto no quiere decir que no haya personas que son multimodales, las cuales procesan la información de varias maneras, esto hace que a ellos se les facilite el aprendizaje y posiblemente, tengan mejores resultados. Pero tampoco es el propósito de este proyecto encausar a una persona solo por un modelo de representación, pues una persona puede desarrollar otros estilos de aprendizaje a través del tiempo [25,26].

3. Desarrollo del sistema

Para llevar a cabo el proyecto, se escogió la metodología de investigación para ser aplicada como fue la descriptiva, porque se necesitaba conocer cuál era el estilo de aprendizaje predominante de los estudiantes de un curso en particular, de esta forma, luego de identificar el estilo, el sistema asignó la estrategia pedagógica correspondiente en ese momento, se mezcló con la investigación aplicada, pues el producto de la investigación, se tradujo en un sistema inteligente que, luego de conocer el estilo y asignar la estrategia correspondiente a cada alumno, el profesor pueda conducir su clase con el grupo, el cual de manera individual trabaja el mismo tema, pero con estrategia diferente, pues el sistema controlaba de manera inteligente cada paso del aprendizaje de cada uno de los estudiantes del curso.

Para ordenar el desarrollo del proyecto, se siguieron las siguientes etapas o fases:

1. Fase de preparación: se realizaron todos los preliminares del proyecto, se definieron pasos, métodos, arquitectura, software a utilizar, metodología de investigación; se precisó el alcance del proyecto, se realizó la recuperación de información y se decidió el tipo de sistema inteligente a desarrollar.
2. Fase de especificación: se analizó la información recolectada, se procedió al montaje de la arquitectura, se establecieron responsabilidades y recursos, se escogió la metodología para desarrollar el sistema inteligente (se trabajó con la metodología Prometheus, propia para este tipo

de sistemas), calendario a cumplir y el seguimiento del proyecto.

3. Fase de ejecución: cada miembro del equipo se responsabilizó de la tarea asignada, se reajustaron varias tareas, se desarrolló el sistema inteligente, se realizaron los instrumentos para ser programados, se realizaron los prototipos y las pruebas necesarias al software para ver su aplicabilidad.
4. Fase de cierre: se revisó si cada una de las tareas fue cumplida y se puso en marcha el proyecto.

4. Resultados y análisis

El Sistema Inteligente a través de agentes inteligentes de software, almacenaron el estilo predominante de cada estudiante, dependiendo del resultado de la encuesta; de acuerdo a ello, cuando el alumno empieza el curso, solo se le presentará información de acuerdo a su estilo, esto es, si es visual, el sistema le presentará las estrategias de aprendizaje visuales, como por ejemplo, mapas conceptuales, videos, presentaciones, ilustraciones, fotografías, cuadros sinópticos, diagramas.

Si el discente es auditivo, la información se presentará al discente en forma de lecturas guiadas, discusiones a través de cuestionarios, seguimiento de instrucciones verbales previamente. Por el contrario, si se trata de un estudiante lector-escritor, se le presenta la estrategia para que programe líneas de código en determinado tiempo, se le solicita la escritura de resúmenes sobre cómo desarrolla un problema por medio de ciertas instrucciones de código. Por último, si el estudiante es kinestésico, se le proponen problemas de cierta complejidad para que los desarrolle a través de código, se le muestra un dibujo, para que por medio de código lo pinte.

El Sistema Inteligente tiene tres actores que manipulan el Proyecto: el estudiante, el profesor y el administrador. El administrador es quien dirige los recursos del sistema, se encarga de tenerlo a punto de acuerdo a las necesidades y controla y gestiona cada uno de los roles. El profesor, es la persona que crea los cursos, los administra y sube el material adecuado para cada uno de los estilos de aprendizaje; deberá subir el material para el mismo tema de cada uno de los cuatro estilos de acuerdo a VARK (Visual, Auditivo, Read/Write, Kinestésico). Entre tanto, el alumno, es la persona que realiza actividades sobre el sistema inteligente (Figs. 1-2, 4-5, 6, 8-9); quien realiza cada una de las actividades según la unidad en donde se encuentre; dependiendo de ella, el estudiante podrá repetir la actividad que desee, tantas veces como no lo logre. Si por algún caso, el estudiante no logra cumplir el objetivo y el sistema ha terminado con el material asignado por el docente, el Sistema Inteligente a través de un agente, localiza, accede, copia y actualiza información de acuerdo al estilo de aprendizaje del discente. Una vez tiene la información, el agente la deposita en un directorio que crea sobre el escritorio de la máquina.

Figura 1. El estudiante realiza la encuesta.
Fuente: Los autores

Figura 2. El sistema responde al estudiante sobre su estilo de aprendizaje.
Fuente: Los autores

Figura 3. El administrador puede gestionar el contenido de la página
Fuente: Los autores

Figura 4. Recursos para el estudiante según su estilo de aprendizaje
Fuente: Los autores

Figura 5. Cursos disponibles para que el estudiante se inscriba
Fuente: Los autores

De otra parte, el administrador tiene a su cargo la gestión del Sistema (Fig. 3), él maneja la aplicación, en lo que refiere a creación, administradores, profesores y puede borrar cursos, estudiantes, etc.

En las siguientes figuras, el estudiante puede observar los recursos disponibles, dependiendo de su estilo de aprendizaje (Figs. 4 - 5), así como los cursos en los cuales se puede inscribir. Para ello, toma el código que genere el Sistema automáticamente y ese será el que digita para ingresar.

En el evento de que el estudiante realice una de las pruebas y no alcance el objetivo, el Sistema le indica la nota y no le activa el siguiente tema hasta que supere la prueba. De esta manera, el estudiante podrá realizar su aprendizaje de acuerdo a su tiempo y a sus posibilidades. (Fig. 6).

Mostrando 10 Entradas									
Buscar: Palabras a buscar									
Asignatura	Tema	Estilo	Nota	Recurso Local 1	Recurso Local 2	Recurso Local 3	Recurso Externo 1	Recurso Externo 2	Examen
Curso nuevo	Tema1	Auditivo	2.5						Realizar Examen
Mostrando 1 a 1 de 1 Entradas									
Anterior 1 Siguiente									

Figura 6. El estudiante hace su examen y lo reprueba
Fuente: Los autores

Create new user

Suba los Archivos correspondientes al tema seleccionado

RECURSOS ESTILO LECTOESCRITURA

File:

Seleccionar archivo Ningún archivo seleccionado

Seleccionar archivo Ningún archivo seleccionado

Seleccionar archivo Ningún archivo seleccionado

Modificar archivos Cancelar

Modificar Exámen

Pregunta # 10:

Pregunta10

Respuesta A: 0

Respuesta1

Respuesta B: 0

Respuesta2

Respuesta C: 0

Respuesta3

Respuesta D: 0

Respuesta4

Modificar archivos Cancelar

Figura 7. El profesor carga el material y las preguntas para la evaluación del estudiante, según el estilo de aprendizaje
Fuente: Los autores

En la Fig. 7, se observa cuando el maestro carga el material y las preguntas para que el estudiante presente las evaluaciones; a su vez, podrán modificarlas y realizar actividades sobre ellas, como cambiarlas, renovarlas, borrarlas y agregar recursos según el estilo de aprendizaje.

Cuando un estudiante quiera ingresar a un curso en especial, podrá hacerlo por medio de la llave de inscripción (Fig. 8), de esta manera, el sistema solo le mostrará material y documentos que tienen que ver con su estilo de aprendizaje.

En la Fig. 9, el estudiante puede revisar cuántos estudiantes existen dentro del curso que tienen el mismo estilo de aprendizaje que él.

El Sistema Inteligente realizó una serie de encuestas en ocho (8) cursos distintos, con un total de 152 estudiantes, de los cuales el 29% fueron auditivos, 36% los visuales, el 23% kinestésicos y el 12% lecto/escritores. La importancia de estos resultados radica en que son la base para que el Sistema inteligente canalice la estrategia correspondiente para cada alumno, dependiendo del estilo de aprendizaje.

Cursos Disponibles para inscripción en esta tabla

Mostrando 10 Entradas

Buscar: palabras a buscar

Nombre	Descripción	Temas	Número Estudiantes	Código del curso	Llave de inscripción	Detalles	Eliminar
Curso nuevo	Este es un curso nuevo	1.Tema1.	0	3-CD081	4,7685262	Detalle	Eliminar
Religión	Para rezar mucho	1.Tema1.	1	1-21784	4,452ED46	Detalle	Eliminar

Mostrando 1 a 2 de 2 Entradas

[Anterior](#) [1](#) [Siguiente](#)

Figura 8. El estudiante puede inscribirse en algunos de los cursos activos
Fuente: Los autores

Estudiantes inscritos en este Curso

Mostrando 10 Entradas

Buscar: Palabras a buscar

Nombre	Correo	Estilo	Detalle
Estudiante Estudia	estudiante@gmail.com	3	Detalle

Mostrando 1 a 1 de 1 Entradas

Anterior 1 Siguiente

Figura 9. El estudiante puede ver los inscritos en el curso con su mismo estilo de aprendizaje
Fuente: Los autores

Resultados encuestados según Modelo VARK

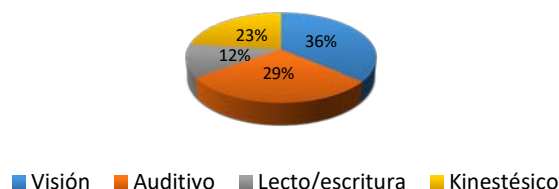


Figura 10. Resultados encuestados en ocho (8) cursos para establecer los estilos de aprendizaje
Fuente: Los autores

El Sistema en este momento se está alimentando con las estrategias didácticas adecuadas para cada uno de los estilos de aprendizaje, teniendo en cuenta que solo se propuso el curso de Estructuras básicas, sobre el cual se diseñaron todos los temas que lo componen con las mismas características, es decir, si se trata de una estrategia para un estudiante visual, se realizó también para estudiantes auditivos, kinestésicos y lecto/escritores. Al igual que las preguntas, fueron elaboradas para cada uno de los temas y para cada uno de los estilos de aprendizaje.

5. Conclusiones

El método VARK utilizado para clasificar a los estudiantes según su estilo de aprendizaje, fue el que mejor se acondicionó para el proyecto, debido a que los seres humanos no solo aprenden de forma auditiva, visual o kinestésica, sino que también lo hacen por medio de la lecto/escritura, por ello, se tomó como uno de los más completos.

Se construyó un sistema inteligente que realiza las encuestas para ubicar a los estudiantes de una misma clase en uno de los estilos de aprendizaje que propone el método VARK. Una vez, detectado su estilo, el sistema le proporciona los recursos adecuados para el aprendizaje de la materia y el tema que le ocupe en ese momento, dándole la posibilidad de superar su aprendizaje siempre a la medida.

Se diseñaron las estrategias adecuadas para cada uno de los estilos de aprendizaje, teniendo como resultado que estas serán retomadas por los estudiantes dependiendo de su forma de asimilar, de esta manera, el alumno aprovechará mejor su forma predominante para aprender, solo se hará referencia a un ejemplo: para el estudiante kinestésico, se tuvieron en cuenta criterios como que a la persona que aprende esta forma, le gusta hacer las cosas con sus manos y utilizar los sentidos para desarrollar las tareas, también, les gusta realizar actividades prácticas, como por ejemplo los laboratorios o talleres, propuesta que fue especialmente escogida para este tipo de individuo, pues se propusieron problemas con cierto grado de complejidad para que sean desarrollados por medio de instrucciones de código y ejecute esta actividad en un lapso de tiempo adecuado, entre tanto, el sistema le irá indicando el tiempo consumido y el restante. De otra parte, se escogió una actividad que hace centrar los ojos del estudiante en imágenes, las cuales pasará a código, con los colores y trazos mostrados, en este tipo de estrategia, también se trabaja con medidas de tiempo.

El sistema inteligente le presenta al profesor, un informe completo sobre los nombres de cada uno de los estudiantes sobre el estilo de aprendizaje predominante y el avance que va teniendo cada alumno.

El sistema permite que todo un curso trabaje el mismo tema, pero cada individuo lo hará con su estilo de aprendizaje predominante y con las estrategias asignadas por el Sistema, lo que hace que el alumno aproveche mejor el material presentado.

Cuando el Sistema inteligente asume que el discente no ha captado adecuadamente el tema que está trabajando por no haber superado las preguntas de un cuestionario y además se acaba la información dentro del repositorio interno, el agente

inteligente, llamado "*bot web*", visita las páginas de cierto dominio, de los cuales identifica los enlaces que este tiene e inicia el recorrido por cada uno de ellos, buscando nuevos enlaces con el objeto de visitar todas las páginas de ese dominio. A medida que va encontrando páginas con el tema que busca, las va almacenando y traer el documento que interesa. Una vez el agente ingresa al computador del estudiante, crea una carpeta en el escritorio con el nombre de "Nuevos-Documentos" y deposita allí el documento para que el estudiante lo estudie y analice. Entre tanto, el documento encontrado y la dirección electrónica de donde copió el escrito, los almacena en la base de datos, con el fin de no volver a recorrer ese mismo camino.

Referencias

- [1] Freire, P. *Pedagogía del Oprimido*. 25ª ed., 1ª ed., 1970, Rio de Janeiro: Paz e Terra. 1998.
- [2] Gardner, H., *Arte, mente y cerebro*. Barcelona: Paidós, 1997.
- [3] Dunn, R., Dunn, K. and Price, G.E., Identifying individual learning styles. In: National Association of Secondary School Principals (US). *Student learning styles: diagnosing and prescribing programs*. Reston, Virginia: Natl Assn of Secondary School, 1979, pp. 39-54.
- [4] Ramírez-Espejo, P., Una maestra especial: María Montessori. *Revista Digital Innovación y Experiencia Educativa*. [En línea]. No. 14, 2009. Disponible en: http://www.csisif.es/andalucia/modules/mod_ense/revista/pdf/Numero_14/PILAR_RAMIREZ_2.pdf
- [5] Bloom, B.S., *Taxonomy of educational objectives: The Classification of Educational goals, Handbook I, Cognitive Domain*. Nueva York, Toronto: Longmans, Green. [online]. Available at: http://www.aulatres.net/1/curs_wq/pagines_secundaries/taxonomia_bloom.htm 1956
- [6] Kolb, D.A., Rubin, I.M. y McIntyre, J.M., *Psicología de las organizaciones. Problemas contemporáneos*. Prentice/Hall International. Madrid, 1976.
- [7] Aparicio, M.M., *Modelo Vark*. Facultad de Maestrías y Estudios de Postgrado, Universidad Tecnológica, 2014, pp. 12-20.
- [8] Rollins, M., *Learning style diagnostics: the Grasha-Riechmann student learning styles Scale*. 2015. [online]. Available at: <https://elearningindustry.com/learning-style-diagnostics-grasha-riechmann-student-learning-styles-scale>
- [9] Pérez-Jiménez J., *Programación neurolingüística y sus estilos de aprendizaje*. [En línea]. 2001. Disponible en: <http://www.aldeaeducativa.com/aldea/tareas2.asp?which=1683>
- [10] Felder, R.M. y Spurlin, J., *Aplicaciones, confiabilidad y validez del índice de estilos*. [En línea]. 2015. Disponible en: http://www.icels-educators-for-learning.ca/index.php?option=com_content&view=article&id=47&Itemid=64
- [11] Felder, R.M. and Henriques, E.R., *Learning and teaching styles in foreign and second language education*. [online]. Available at: <http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/FLAnals.pdf>
- [12] Weinstein, C.E. and Mayer, R.E., *The teaching of learning strategies*. In M.C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching*, New York: McMillan, 1986.
- [13] Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching*. New York: McMillan, 1986, 315 P.
- [14] Dansereau, D.F., *Learning strategy research*. In: Segal, J.V., Chipman, S.F. and Glaser, R. (Eds.), *Thinking and learning skills. Vol 1: Relating instruction to research*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1985.
- [15] Schunk, D.H., *Learning theories. An educational perspective*. Six Ed. The University of North Carolina at Greensboro, Pearson, New York, 2012.
- [16] Weinstein, C.E. and Mayer, R.E., *The teaching of learning strategies*. In Wittrock, M.C. (Ed.), *Handbook of research on teaching*, New York, McMillan, 1986.

- [17] Weinstein, C.E. and Underwood, V.L., Learning strategies. The how of learning. In Segal, J.V., Chiprinan, S.F. and Glaser, R. (Eds.). Thinking and learning skills. Vol. 1 Hallsdale, NJ: Eribaum, 1985, 30 P.
- [18] Vargas, Q.B. y Hipola, P., Agentes Inteligentes: definición y tipología. Los agentes de información. El Profesional de la Información, 8(4), pp. 13-21, 1999.
- [19] Russel y Norving. Inteligencia artificial. Un enfoque moderno. 2da. Edición. Prentice Hall, 2009.
- [20] Castells, M., Lección inaugural del programa de doctorado sobre la sociedad de la información y del conocimiento. Documento presentado en Inauguración doctorado sociedad de la Información, Barcelona: Editorial UOC. [En línea]. Disponible en: <http://www.uoc.edu/portal/es/>
- [21] Valle, A., González, C., Ramón, C.G., Lino. M. y Fernández-Suárez, A.P., Las estrategias de aprendizaje: características básicas y su relevancia en el contexto escolar. Revista de Psicodidáctica, [en línea]. 1998, [Fecha de consulta: 21 de enero de 2018]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17514484006>
- [22] Johnson, W.L, Rickel J.W. and Lester, J.C., Animated pedagogical agents: faceto-face interaction in interactive learning environments. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 11(2000), pp. 47-78, [En línea]. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.7.7812&rep=rep1&type=pdf>
- [23] Murias, T.F., Desarrollo de la evaluación apoyada en agentes inteligentes: el caso del proyecto Teaching tutoring intelligent agents to customise life long learning path ways in microfinance sector. Universidad Nacional de Educación a Distancia, España, pp. 688-699, 2014.
- [24] Clancey, W., Knowledge-based tutoring: the GUIDON Program. Cambridge, MA: MIT Press. 1987.
- [25] Anderson J., Corbert A., Koedinger K. and Pelletier R., Cognitive tutors: lessons learned. The Journal of the Learning Sciences, Lawrence Erlbaum Associates, Inc.(eds), 4(2), pp. 167-207, 2002.
- [26] Alonso, C.M., Gallego, D.J. y Honey, P. Recursos e instrumentos psicológicos. Los estilos de aprendizaje. Procedimientos de diagnóstico y mejora. Cuarta edición, Universidad de Deusto, Ediciones Mensajero, España, 2013.
- [27] Peña, C.I. et al., Un sistema de tutoría inteligente adaptativo considerando estilos de aprendizaje. Revista UIS Ingenierías, 1(2), pp. 17-29, 2002. [En línea]. Disponible en: <http://vie.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/2508>.
- [28] Felder, M.F. and Silverman, L., Learning and teaching styles in engineering education, Ingenieering Education Journal, 78(7), pp.674-681, [En línea]. Disponible en: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/31039406/LS-1988.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1519573150&Signature=UiYe%2FK6lpPKIPn7mveyZtrVOXFA%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DLearning_and_teaching_styles_in_engineer.pdf
- [29] Cazau, P., Estilos de aprendizaje. Compilación de Estrada-Tizcareño, L. I. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/237000756/Estilos-de-Aprendizaje-generalidades-Pablo-Cazau>
- [30] Bernice, M., Modelo 4MAT: 8 pasos para planificar una enseñanza más dinámica y atractiva. Learning. About Learning, Inc. [En línea]. Disponible en: http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0001/File/present_berniceccarthy.pdf
- [31] Fleming, N.D., Teaching and learning styles: VARK strategies, Editorial Christchurch, Nueva Zelanda, 2001.

L.N. Medina-Velandia, es candidata a Dr. en Ingeniería Informática de la Universidad de Salamanca – España. Diplomado en Estudios Avanzados – DEA, 2010, de la misma universidad. Candidata a Dr. en Proyectos TIC, de la Universidad Internacional Iberoamericana – Ciudad de México - México. MSc. en Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional de Colombia, 2001, Esp. en Pedagogía de la Universidad Pedagógica Nacional, 2005, Bogotá-Colombia, Ing. de Sistemas de la Universidad Piloto de Colombia, 1994, Bogotá-Colombia. Consultora en empresa privada 1995-2012, Bogotá-Colombia. Docente universitaria por más de 19 años y docente investigadora en temas relacionados con ingeniería de software, inteligencia artificial, tecnología de punta y su incidencia en la educación y la sociedad, al igual que en temas relacionados con la propia ingeniería de sistemas 2003-2018. Directora de proyectos orientados al desarrollo de aplicaciones en diferentes lenguajes, directora de grupos de trabajo en análisis y diseño 2005-2018. Líder de semilleros de investigación-2002-2018. Líder de investigación Fundación Universitaria los Libertadores, 2014-2016. ORCID: 0000-0002-2871-4991

L.A. Plazas-Gómez, es MSc. en Educación de la Universidad Cooperativa de Colombia, 2012 sede Bogotá. Esp. en Ingeniería de Software de la Universidad INCCA de Colombia, 2005. Esp. en Docencia Universitaria de la Universidad Cooperativa de Colombia, 2009. Ing. de Sistemas de la Universidad INCCA de Colombia, 1995. Docente universitario por más de 17 años en las Universidades: Fundación CIDCA-1996-2002, Fundación INPAHU-2004-2013, Corporación Unificada Nacional de Educación Superior – CUN-2004 y Fundación Universitaria Los Libertadores-2012-2018. Docente investigador de la Fundación Universitaria Los Libertadores-2014-2018, líder de semilleros, 2015-2015. ORCID: 0000-0002-3420-5093

La enseñanza de la informática y de la matemática: ¿semejantes o diferentes?

Walfredo González-Hernández

Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad de Matanzas, Cuba. walfredogh@gmail.com

Resumen— El artículo expone los aspectos esenciales de la enseñanza de la informática y su diferencia con una de las didácticas particulares de la cual más se ha nutrido: la Didáctica de la Matemática. En el artículo se analiza la actividad informática destacando sus procesos distintivos que posteriormente servirán de base para destacar las diferencias con la enseñanza de la matemática.

Palabras Clave— enseñanza de la informática; aprendizaje de la informática; conceptos informáticos.

Recibido: 6 de noviembre de 2017. Revisado: 6 de marzo de 2018. Aceptado: 20 de marzo de 2018.

Informatics and mathematics teach: equals or different?

Abstract— The article presents the essential aspects of computer education and its difference with one of the individual teaching which has been nurtured over: The Teaching of Mathematics. The first theoretical approaches about teaching computers were taken from the teaching of mathematics, however, it will be shown in this article that is a reality that should be changed.

Keywords— teaching of computer; computer learning; computer concept.

1. Introducción

Las ciencias en su desarrollo histórico han elaborado un cuerpo teórico que permite explicar su objeto de estudio. En las ciencias relacionadas con el ser humano, en especial la didáctica, juega especial papel los procesos de representación social que posean los investigadores de su objeto de estudio y mucho más aquellos que inician el camino de las investigaciones en un área. Esta ciencia, al estudiar los procesos formativos en ambientes escolarizados, juega un papel esencial como sustento teórico para formar a las generaciones con el conocimiento humano. En las didácticas particulares, aquellas que se encargan de la enseñanza de una rama del saber humano, la representación social de su objeto de estudio es clara, sin embargo, lo que no es muy claro en algunas ocasiones radica en lo que se debe enseñar. En algunas ocasiones la representación que poseen de los investigadores acerca de la rama del saber humano a enseñar, en otras por investigar solamente el contenido de un programa de estudio en particular; múltiples pueden ser las razones. Por tanto, en el surgimiento de muchas de las didácticas particulares nace viciado de la representación

social que se tenga de aquellos investigadores piensan que es el contenido de enseñanza como se concibe en la didáctica cubana (Addine, 2010; Ginoris, 2006; Ginoris Quesada, Addine Fernández, & Turcaz Millán, 2006). Un caso en el cual se cumple la afirmación anterior se trata de la enseñanza de la Matemática y de la enseñanza de la informática, en este último caso se han calcado muchas de las experiencias en la enseñanza de la primera. Es importante en este artículo develar las diferencias entre la enseñanza de la matemática y de la informática.

2. Desarrollo

Durante la década de los 80 en Cuba se introducen algunos teclados inteligentes con un lenguaje de programación denominado MSX-Basic que permitía comenzar algunos pasos en la codificación de algoritmos para la enseñanza media. Se comienzan los estudios acerca de cómo enseñar a programar y una de las estrategias más usuales es la elaboración de algoritmos y su posterior codificación [1]. Esta forma de pensar para enseñar programación domina el pensamiento cubano sobre la enseñanza de la programación y ha sido reforzado después de la edición del libro de texto básico para la formación de maestros en la enseñanza general [2]. Este libro está fundamentado en la tesis de doctorado del autor y las investigaciones de sus seguidores en las cuales se fundamentan el concepto de formas regulares como aquellas regularidades que se pueden presentar en las clases de informática. Este concepto, necesario para tipificar aquellas invariantes que se repiten en la docencia de informática, fue sustraído del concepto de situaciones típicas para la enseñanza de la Matemática [3, 4]. Lo preocupante en sí no es el traslado del concepto sino también de sus representantes y tratamiento de la misma manera que en la ciencia de su surgimiento. De este traslado conceptual de una ciencia para otra ha llevado que en el ideario acerca de la enseñanza de la informática en Cuba [5-7]. Incluso en algunos autores [7] hacen referencia a la enseñanza de la Matemática para construcciones teóricas propias de la informática que poseen diferencias sustanciales entre ellas a las cuales se hará referencia posteriormente. Estas referencias a la enseñanza de

Como citar este artículo: González-Hernández, W., La enseñanza de la informática y de la matemática: ¿semejantes o diferentes?. Educación en Ingeniería, 13(26), pp. 20-26, Julio, 2018.

la Matemática en términos de situaciones típicas (formas regulares para la enseñanza de la informática) para la enseñanza de la informática son tres: formación de conceptos, tratamiento de procedimientos algorítmicos y resolución de problemas. El abordaje de cada uno de ellos incluso toma definiciones de la matemática que son trasladadas a la enseñanza de la informática [7]. Para un análisis desde la informática de lo falaz que pueden resultar estos traslados es importante comenzar el análisis de la informática como ciencia y su surgimiento y desarrollo.

2.1. La informática como ciencia

Dentro de las tecnologías que existen hoy entre las más importantes se destacan la informática y las comunicaciones marcando pautas e impactando en variadas esferas de la sociedad actual. El surgimiento y desarrollo de la informática ha estado dirigido por la unidad y lucha de contrarios entre el hardware y el software caracterizándose por los siguientes elementos: aumento de la velocidad de procesamiento, disminución del tamaño, renovación rápida, alto costo, gran capacidad de almacenamiento, agrupamiento en redes para la solución cooperativa de problemas: grid y otras tecnologías.

Estas soluciones han permitido a la informática una gran versatilidad que en la formación de los profesionales de esta ciencia ha constituido un reto. Uno de los más importante está enfrentar la obsolescencia de los contenidos informáticos una vez graduados. Otro de los problemas relacionados con ello se encuentra en la diversidad de sistemas informáticos para la informatización de los más diversos procesos y en los cuales no siempre se utiliza el mejor de ellos. En este sentido la informática se diferencia de la matemática puesto que en las empresas se aplican los contenidos matemáticos que son impartidos en la universidad como se demuestran en varios estudios [8,9]. Una solución a la obsolescencia de los contenidos informáticos se encuentra la construcción teórica denominada por el autor núcleo conceptual [10-12] definida como: todos aquellos conceptos que trascienden el marco de un sistema informático en particular y, por ende, tienen que ser abordados cuando se trate cualquier sistema perteneciente a una familia, conjuntamente con el sistema de operaciones a realizar con su expresión informática, expresa la preocupación por la solución a la problemática planteada. Sin embargo, no resulta suficiente expresar los conceptos más generales sin tener en cuenta la abstracción que sucede de la realidad hasta su implementación en un sistema informático. Este proceso ha conllevado a la formación de conceptos que tienen una connotación en la informática y se expresan en cada sistema de manera diferente. Tomaremos como ejemplo para ilustrar la exposición los conceptos de la programación orientada a objetos.

En la formación del concepto de herencia se pueden diferenciar el concepto real de herencia que los estudiantes poseen del concepto informático. La herencia biológica es generalizada en la concepción informática para expresar una relación entre clases en las cuales una o varias reciben las propiedades de otra o para ser ampliada una de ellas tomando como base la otra. Existen diversas restricciones para su implementación en cada lenguaje de programación, sin

embargo, el modelo es similar.

Sin embargo, ¿qué sucede cuando se introduce la enseñanza de los lenguajes de programación si los estudiantes conocen las bases de datos relacionales? La introducción del núcleo conceptual conlleva a la ruptura con el sistema de conocimientos anteriores lo cual hace que aumente el nivel de problemicidad. Es opinión de este autor que los niveles de abstracción, análisis – síntesis y generalización presentes en todo proceso de formación del concepto aumentan. De esta manera es necesario diferenciar los núcleos conceptuales que representan a todo un sistema de núcleos conceptuales como son los casos Objeto, Base de Datos Relacional, entre otros y aquellos que, siendo núcleos conceptuales, son representados por estos como son los casos de polimorfismo y encapsulamiento. Este autor propone denominar a los primeros núcleos conceptuales básicos y a los segundos núcleos conceptuales no básicos. Reconocer variaciones sustanciales de la esencia de la familia de sistemas en lo que se quiere obtener y, por ende, en el conjunto de núcleos conceptuales para la solución de este problema, implica la búsqueda de una nueva familia de sistemas y el conjunto de núcleos conceptuales que sustenta. Se comienza el tratamiento de los núcleos conceptuales básicos los cuales se pueden definir como aquellos núcleos conceptuales que expresan la esencia de la familia de sistemas informáticos implicando cambios en la forma de trabajo y pensamiento informático de los estudiantes para la solución de problemas y los núcleos conceptuales no básicos son todos aquellos que se derivan de estos en el proceso de enseñanza aprendizaje de la informática.

La determinación del núcleo conceptual básico conlleva a un modelo informático diferente dado por el sistema teórico que lo sustenta. Así, si se determina como núcleo conceptual básico Base de Datos Relacional, entonces la búsqueda de la solución se orienta hacia la determinación del Diagrama Entidad Relación, las normalizaciones y su implementación en un sistema gestor de bases de datos.

La división de los núcleos conceptuales en básicos y no básicos propicia la organización jerárquica de los niveles de contradicción que se puede encontrar en toda la enseñanza de la informática. La búsqueda de un núcleo conceptual básico implica una ruptura con el sistema de conocimientos que posee el estudiante e indica la estructuración de un nuevo sistema de conocimientos asociado al nuevo núcleo conceptual básico. La distinción entre el núcleo conceptual básico y el núcleo conceptual no básico radica, en el orden metodológico, en el nivel de problemicidad que se le propone al estudiante. Ello llega a implicar la modificación del sistema de hábitos y habilidades informáticas, formas de trabajo y pensamientos asociados, entre otras cuestiones; que serán objeto de apropiación por parte del estudiante. De lo anteriormente planteado es posible inferir que el proceso de formación de un núcleo conceptual básico es un proceso largo y complejo donde se involucran todo un sistema de clases constituyendo una arista del enfoque de sistema propuesto por el autor [10,11].

La distinción por parte del estudiante de la ruptura en el sistema de conocimientos depende de la estructuración del problema que origina la situación problemática, jugando en ello un papel fundamental el nivel de problemicidad planteado. Es

necesaria por parte del profesor la elaboración de un problema en el cual se represente los elementos distintivos del nuevo sistema de conceptos, así como las leyes objetivas que llevan a su surgimiento; desempeñando un papel fundamental las contracciones que se originan en el desarrollo de la informática. En este momento juegan un papel fundamental los núcleos conceptuales puesto que en dependencia del núcleo conceptual será el modelo informático a construir para la solución del problema. En el caso de la enseñanza de la informática lo buscado representa conceptos, definiciones, procedimientos, modelos, estructuras sintácticas, sistemas y/o algoritmos informáticos a obtener por los estudiantes en la búsqueda de la solución del problema que se expresa en la familia de sistemas y tiene las restricciones de ella y los sistemas que la componen.

La clasificación abordada anteriormente no es un sistema estático sino en relación dialéctica porque en un momento del análisis un núcleo conceptual puede ser básico mientras que en otro momento puede considerarse como un núcleo conceptual no básico, dependiendo del nivel de generalización que exista en el análisis realizado y el nivel de desarrollo alcanzado por los estudiantes. Mientras más núcleos conceptuales básicos se conviertan en parte del sistema de conocimientos de los estudiantes; logrado en el análisis realizado por el profesor y los estudiantes, mayor será el nivel de abstracción, análisis – síntesis y generalización que deban lograr. Avanzar en este sentido implica un reto para la enseñanza de la informática al tratar de implementar estos núcleos conceptuales, los cuales para este autor deben ser expresados en forma de proyectos complejos (González, 20013) a resolver por el estudiante. Esta es una solución que no es posible extrapolar a la enseñanza de la Matemática pues este proceso no existe.

En esta última ciencia las controversias están en su carácter de ciencia en lo cual este autor no tiene dudas, sin embargo, en varias publicaciones al respecto [13,14] se aborda como un sistema de lenguajes formales, lo cual se aleja un poco su carácter de ciencia. Este análisis lleva al autor a tomar posiciones en cuanto al carácter de ciencia asumiendo que es una ciencia que se dedica al estudio de las propiedades de los entes abstractos y de sus relaciones por lo que ello se refleja en su enseñanza. Este objeto de estudio se refleja en los resultados principales del estudio acerca de su enseñanza: las líneas directrices y las situaciones típicas. Es opinión de este autor que en estos resultados debe encaminarse la enseñanza de la informática como ciencia, sin embargo no debe ser un calco como ha sucedido en las investigaciones iniciales al respecto [2]. Existen hoy investigaciones [15-18] que apuntan hacia todo lo contrario. La enseñanza de la informática debe partir de la esencia de esta ciencia, sus métodos y formas de trabajo y pensamiento desarrolladas a lo largo de su devenir histórico en las cuales, a juicio de este autor, existen diversos puntos de contacto, pero no son iguales. Uno de estos puntos de contacto lo constituyen sin lugar a dudas el desarrollo de la personalidad de los estudiantes como fin, aunque las vías para su logro pueden ser totalmente diferentes. Para ello es importante el análisis de la informática como ciencia y su desarrollo actual.

La informática ha tenido, desde su surgimiento y que se ha acentuado en su desarrollo, una dualidad de comportamiento que ha llevado a la confusión en diversas publicaciones al

respecto [19-21]. En un momento es una ciencia que se encarga de la protección, transmisión y conservación de la información utilizando computadoras como se reconoce en la literatura al respecto [2]. Sin embargo, muchos de sus resultados más relevantes en las últimas décadas se han utilizado o devienen en tecnologías, cuestión esta que la diferencia de la Matemática y debe ser llevado a la enseñanza.

Considera el autor que el sistema informático es un mediador en la relación hombre – computadora si se asume que el rasgo fundamental de la actividad humana es su carácter mediatizado por el instrumento, que se interpone entre el sujeto y el objeto de la actividad. En el proceso de desarrollo histórico de la humanidad, entre las personas y la naturaleza "natural" se interponen, creados por el trabajo, objetos que constituyen la segunda naturaleza, la naturaleza social del hombre. Dichos objetos constituyen la cultura. Es por ello que la selección del sistema informático es importante puesto que constituye un mediador entre la computadora y el hombre para que esta última ejecute el modelo elaborado por el hombre tomándose como criterio de veracidad.

2.2. Comparación entre la enseñanza de la informática y de la matemática

Si se asume este criterio entonces existen algunos elementos discordantes entre la formación informática y la formación matemática. La formación matemática transcurre por regla general centrada en los procesos ya descritos, pero sin variabilidades significativas en sus contenidos de enseñanza, cuestión esta que no es así durante la enseñanza de la informática. En este sentido se vuelve a la obsolescencia de los contenidos informáticos al transcurrir el período de formación.

El análisis de la obsolescencia de los contenidos de enseñanza en la universidad depende de varias cuestiones. Hasta el momento sólo se ha abordado desde la arista informática y es necesario tener en cuenta los elementos hegemónicos y de ideología que están presentes en la producción informática hoy en día. Estos elementos hegemónicos y de ideología son determinantes para seleccionar el contenido de enseñanza. Estas afirmaciones implican una reflexión sobre las tendencias en el software propietario y software libre.

En las tecnologías informáticas existen dos filosofías de uso de herramientas que se extienden a la producción de conocimiento y otras herramientas. Para una de ellas es parte del conocimiento que puede ser vendido o utilizado para la obtención de ganancias. En otro caso, es parte del conocimiento acumulado por la humanidad y, por tanto, debe ser utilizado por todos. La decisión de qué herramientas enseñar, así como los conocimientos asociados a ellas es una de las primeras cuestiones que deciden los gobiernos o, en ausencia de esta decisión, quedar a la toma de decisión de las universidades, profesores o empresas que influyen en los procesos universitarios. En el caso de los países del tercer mundo es una alternativa interesante para el desarrollo informático puesto que es una herramienta confiable, segura y gratuita que garantiza soberanía tecnológica. Estas filosofías de desarrollo pues marcan pautas en cuanto a la formación de los estudiantes

puesto que asumir una u otra tiene un impacto significativo en la formación informática de los estudiantes, cuestión esta que no existe en la enseñanza de la Matemática.

Por ende, ya existe una primera transformación del contenido de enseñanza de la informática que no está presente en la enseñanza de la matemática y es la alternativa del tipo de herramienta a utilizar además de cómo gestionar el conocimiento. Sin embargo, otras transformaciones deben seguir adelante. Una de las soluciones propuestas [22-24] es llamada como núcleo conceptual y núcleo conceptual básico. En el núcleo conceptual se expresa la generalidad de los conceptos informáticos independientemente del sistema informático en el cual se expresan.

El proceso de selección de los núcleos conceptuales asociados a la informática lleva a la selección del sistema en el cual implementar los conceptos y modelos obtenidos durante la clase. Otros elementos a tener en cuenta son la interface y la facilidad para la escritura de los modelos. Asumir los núcleos conceptuales implica determinar los ejes de contradicción en el desarrollo de la informática y desarrollar con un carácter científico su enseñanza.

Estas etapas expresan la formación de un concepto informático y su definición como forma regular. Sin embargo, en la concepción de este autor como enfoque de sistema [25] se torna más complejo su estructuración metodológica y se expresa la concatenación de los conceptos y sus definiciones integrando un sistema complejo de núcleos conceptuales como componentes y las líneas directrices las relaciones entre ellos. Ello implica que el esquema planteado en este artículo se convierte en varios esquemas que se dan en la enseñanza de la informática a lo largo del currículo. La integración de los diferentes complejos de conceptos agrupados en las líneas directrices conlleva a una sistematización tanto de los conceptos, así como de su forma de obtención lo cual constituye un reto para la enseñanza de la informática en la actualidad.

Una vez analizado la solución propuesta para la obsolescencia de los contenidos informáticos es necesario continuar el análisis de las semejanzas y diferencias. Como se ha apuntado anteriormente, el compartir como objetivo el desarrollo de la personalidad de los estudiantes a partir de la enseñanza de sus respectivos contenidos, la enseñanza de la Matemática y la enseñanza de la informática comparten puntos comunes. Uno de ellos es la existencia de las situaciones típicas, llamadas formas regulares de la enseñanza de la informática definidas en la literatura [2]. Como se puede apreciar estas formas regulares son un extracto de las similitudes que en su época tenía la enseñanza de la programación, que ya no sucede de esta manera. Es opinión de este autor que si bien existen esas formas regulares descritas en la literatura existen otras que son propias de la informática como son: las estructuras sintácticas y semánticas de los sistemas y la modelación, entre otras.

Sobre las estructuras sintácticas y semánticas de los sistemas es importante recalcar que aún cuando ha sido pensada para la enseñanza de la programación esta debe ser generalizada para todos los sistemas pensando en las estructuras que aparecen en diferentes sistemas de aplicación [26]. Conjuntamente con ellos debe ser enseñada la modelación no sólo de sistemas sino de procesos de informatización de las

organizaciones, aspecto este de vital importancia.

De la representación anterior se puede inferir que el modelo obtenido es producto de la forma de organización fundamental en la informática que es el proyecto [23]. En el proyecto se estructuran las acciones y la labor que pueden desempeñar los profesionales de la informática. En este proceso de desarrollo los integrantes del equipo estructuran la comunicación con sus semejantes y dominan el lenguaje técnico propio de la profesión, las formas en que se representa la información y los procesos a informatizar, así como los resultados de la actividad informática. Por ende, en la concepción asumida en este artículo, las representaciones de las diferentes componentes de un sistema, así como de las actividades a desarrollar forman parte del modelo y constituyen uno de los productos fundamentales de la actividad informática. Al asumir el modelo como el mediador entre el cliente y el equipo de desarrollo es necesario destacar además que la modelación puede entenderse como el proceso de desarrollo de los modelos. Es necesario reconocer entonces que en la modelación juega un papel esencial las metodologías de desarrollo y los lenguajes de modelado.

Por otro lado, en los últimos años se ha venido introduciendo otras metodologías para proyectos diferentes. Estas metodologías orientadas a proyectos pequeños, de rápida variación de las condiciones iniciales, llamadas requisitos en la actividad informática, y de pocos integrantes se inscriben dentro de las llamadas ágiles. Sin embargo, en estas metodologías también es necesario la modelación.

Aun cuando en las metodologías ágiles no se construyen representaciones gráficas para la representación del producto, es importante destacar que se obtienen modelos. Si se asume que el modelo es la representación abstracta, el resultado de la actividad informática y el mediador entre el equipo de desarrollo y el cliente; entonces es lícito considerar la descripción de los productos en estas metodologías como modelo. A partir de estas consideraciones se asume que las historias de usuario constituyen el modelo del producto y el plan de entrega, iteraciones y pruebas bien pueden ser los modelos de los procesos en los cuales se representa la actividad de obtención del producto.

En estos procesos de desarrollo existe una primera etapa de levantamiento de requisitos en el cual se determinan las funcionalidades del sistema y las condiciones en las cuales debe operar. Estas primeras etapas en el desarrollo del sistema constituyen abstracciones que pueden ser escritos en dos formas diferentes: casos de uso del sistema o historias de usuarios. Siendo consecuente con la definición de modelo asumida en este artículo se considera entonces que estos dos artefactos que pueden ser resultantes del proceso levantar requisitos son modelos de carácter proyectivo, al anticipar a la realidad y proyectar el nuevo sistema a ser desarrollado.

De la misma manera sucede en el caso de la necesidad de almacenamiento de las informaciones una vez que concluya la ejecución del producto. En este caso es importante comenzar, al igual que en el caso de las modelaciones de las funcionalidades, con el dominio de la aplicación. Del dominio de la aplicación se pasa al diagrama de clases como medio de representar la estructura interna del sistema por medio de sus componentes

estructurales si se utiliza un modelo orientado a objetos. De este modelo se pasa, por medios de transformaciones informáticas, al modelo entidad relación, como modo relacional de representar la información a almacenar. Estas transformaciones incluyen procesos simbólicos entre los cuales están operaciones con conjuntos y otras de índole matemático e informático. Desde esta modelación de las bases de datos es que se realiza la posterior codificación en el lenguaje correspondiente. De esta manera se añade otras acciones de modelación cuando se realizan acciones de transformación de este modelo para obtener otro. En ello las bases de datos juegan un papel esencial en el almacenamiento de los datos para las representaciones informacionales de los procesos naturales [27].

Dentro de este sistema de conocimientos para la modelación es importante tener en cuenta el sistema de símbolos propio de cada metodología y la documentación que esta genera para expresar sus procesos y estructuras. La simbología elaborada en el proceso histórico de desarrollo de la informática como ciencia expresa la idea esencial de eliminar las ambigüedades en las representaciones, de tal manera que logre ser comprendida por todos los integrantes del proyecto. Sin embargo, no sólo el dominio de la simbología para cada proyecto garantiza una correcta representación del proceso o estructura sino también las relaciones entre ellos. Cada símbolo y su relación con los otros expresan ideas que deben ser representadas sin ambigüedades. La correcta colocación de los símbolos en dependencia de las ideas que se representen es esencial para que sea comprendido por el resto de los integrantes del proyecto.

De esta manera se concluye que la modelación es una actividad importante dentro del proyecto al marcar las pautas del desarrollo de un sistema, sin embargo, los sistemas no es el único resultado de la actividad informática. Cuando se trata de un proceso de informatización de una organización los flujos de información juegan un papel esencial. En este proyecto de informatización la elaboración de los niveles de acceso, los roles de las personas que pueden acceder a la información, así como las vías de tráfico de información son elementos necesarios para representar. Las representaciones de la red por donde debe viajar la información, los puntos de tráfico, así como los nodos de intercambio de información son necesarios para la comunicación en este tipo de proyecto. Esta representación también tiene sus signos y símbolos particulares que el profesional informático debe dominar para expresar las ideas esenciales del proceso.

De las consideraciones acerca del papel del modelo en la actividad informática se puede considerar este en dos direcciones: como punto de partida y como resultado. En el primer caso se comienzan a realizar un conjunto de procesos necesarios a partir de un modelo; en el segundo caso cuando el sistema de acciones de los integrantes del proyecto está dirigido a obtener el modelo. Este papel del modelo en la actividad informática tiene un carácter proyectivo dirigido a la informatización de procesos organizacionales. Otra característica esencial de los modelos informáticos es su carácter integrador. En dependencia del proyecto a realizar entonces se integran varios modelos en uno para representar todos los componentes del proceso o estructura. De ahí la

importancia de modelar como conocimiento propio de la informática.

Otro de los aspectos en los cuales la enseñanza de estas ciencias coincide se presenta en la enseñanza de la resolución de problemas. Sin embargo, en opinión del autor de este artículo vuelven a presentarse diferencias en el cómo realizarlo. En el caso de la enseñanza de la informática se puede asumir como problema la definición dada para la enseñanza de la matemática [28]. Sin embargo, debe aclararse que su solución se da en el marco de un proyecto. En una amplia bibliografía al respecto [17,18,23,26,29,30] por lo cual no será demostrado para poder abordar otras cuestiones en el número de páginas establecido. Para este autor su concreción se encuentra en un programa heurístico general para la enseñanza de la informática que sea resistente a la dicotomía clásica en la enseñanza de esta ciencia: los sistemas de aplicación y los lenguajes de programación y que logre formar a los estudiantes para la solución de problemas teniendo en cuenta la gran diversidad de sistemas diferentes para una misma actividad [23, 24, 30] propuesto por el autor. La estrategia heurística general: Construcción del modelo basándose en el núcleo conceptual básico expresada por el autor (González, 2013), es aplicable a la resolución de problemas informáticos en dependencia del nivel de los estudiantes. El autor considera que la estrategia planteada pertenece a un programa heurístico general para la enseñanza de la Informática. En estos procedimientos de la enseñanza de la informática aún dista mucho de la sólida estructuración científica de la enseñanza de la matemática en su desarrollo.

La propuesta expresada anteriormente, en opinión del autor, plantea que la solución en un sistema informático se basa, en última instancia, en la búsqueda del núcleo conceptual, que puede ser básico o no, y la construcción del modelo a partir de su expresión informática. De esta estrategia heurística general se derivan estrategias heurísticas particulares para las familias de sistemas. Por ejemplo, en la solución de problemas con tabuladores electrónicos es importante expresar el problema en términos de funciones o funcionalizar el problema. Si su solución implica bases de datos se trata de expresar el modelo entidad – relación del problema y en el caso del paradigma orientado a objetos se trata de construir clases que, siendo instanciadas, se comunican y resuelven el problema. Esto ha sido una producción teórica [10, 11] que ha marcado diferencia con aquellas relacionadas con aquellas aproximaciones de la enseñanza de la informática que han calcado elementos de la enseñanza de la Matemática. Un esquema que representa las relaciones contenidas en un programa heurístico general para la enseñanza de la informática se expresan en la Fig. 1:

Para este autor, la aplicación consecuente de las estrategias heurísticas planteadas anteriormente propicia en el estudiante el desarrollo de habilidades en la resolución de problemas informáticos como en los problemas matemáticos, aunque ambos posean diferentes conceptualizaciones. Considera el autor que en el programa heurístico propuesto (González, 2006) existen elementos a tener en cuenta en la elaboración de un programa heurístico general para la enseñanza de la Informática. Resultan importantes los pasos de análisis, diseño, obtención del algoritmo y codificación, entendido el último

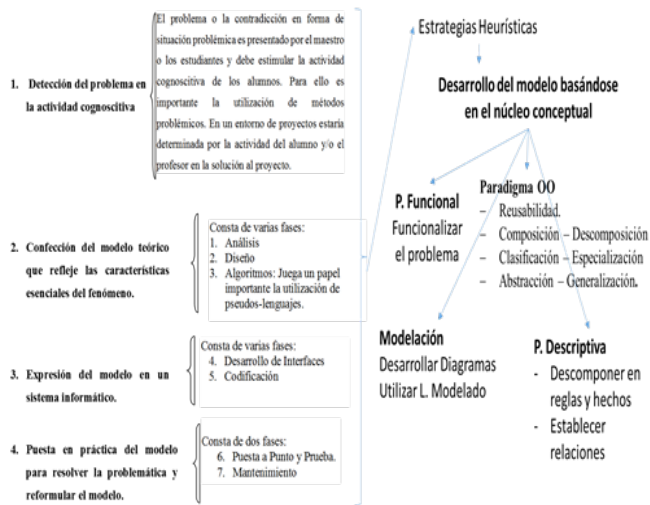


Figura 1. Programa heurístico general para la enseñanza de la informática.
Fuente: El autor.

cómo expresar en términos informáticos el algoritmo y/o el modelo obtenido. Para el tratamiento de estos elementos lo constituye la utilización en la enseñanza de la programación de los ambientes avanzados de desarrollo que permiten la obtención del código realizándose énfasis en los procesos de ingeniería. En este artículo es necesario apuntar que sería una integración en la estructuración docente que permite la continuidad y la sistematización necesaria para lograr una apropiación del sistema de conocimientos sin la existencia de la ruptura que presupone la contraposición de estos sistemas.

3. Conclusiones

La matemática y la Informática son dos ciencias que han desarrollado sus formas de trabajo y pensamiento a lo largo de su devenir histórico. Este desarrollo hace que su enseñanza también se vea impactado por estos procesos y se muestran las diferencias en la informática, así como las vías para lograrlo. Se ha demostrado que pueden y deben existir las líneas directrices y las formas regulares en la enseñanza de estas ciencias, pero existen diferencias sustanciales en cuanto su contenido y forma de expresarlas, cuestión esta que ha sido obviada en las construcciones teóricas al respecto en la construcción teórica de la enseñanza de la informática. Este aspecto es de vital importancia pues los contenidos de cada una de estas construcciones teóricas son sustancialmente diferentes para la enseñanza de cada una de estas ciencias. Se demuestra la necesidad del uso del enfoque de proyecto durante la enseñanza de la informática a partir de sus especificidades como ciencia y por las potencialidades demostradas.

Bibliografía

[1] Barrera-Jiménez, R., Barrera-Jiménez, A.D. y Hernández-Amaro, L.E., Algunas consideraciones en torno al desarrollo de habilidades profesionales del ingeniero informático y el rol de la comprensión de texto en la modelación de algoritmos computacionales, *Revista Científica Pedagógica Mendive*, 13(2), pp. 112-117, 2015.

[2] Expósito-Ricardo, C., *Elementos de metodología de la enseñanza de la informática*. Ciudad de la Habana: Editorial Pueblo y Educación, 2009.

[3] Santos, H., Gamboa, M.E. y Silva, N., Concepciones actuales para el aprendizaje de la geometría plana a través de sucesiones de indicaciones con carácter heurístico, *Revista Didasc@lia: Didáctica y Educación*, 8(3), pp. 75-90, 2017.

[4] Ballester, S., Santana, H. Villegas, E. y Almeida, B., *Elementos de metodología de la enseñanza de la matemática*. Ciudad de la Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1993.

[5] Borrego-Lobo, J.M., Una alternativa para la enseñanza de los sistemas de gestión de bases de datos en el preuniversitario en Cuba, Tesis MSc., Departamento de Informática, ISP "Enrique José Varona", La Habana, 1998.

[6] Bonne-Falcón, E., Modelo pedagógico para la enseñanza de los sistemas de aplicación y su papel en la formación informática del profesor de computación, Tesis Dr., Departamento de Informática, ISP Frank País García, Santiago de Cuba, 2003.

[7] López- de la Teja, L.J., Sarria-Stuart, Á. y Fernández-Álvarez, C.D., La formación de conceptos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los sistemas de gestión de bases de datos. *Revista Pedagógica de la Universidad de Cienfuegos*, 13(57), pp. 139-145, 2017.

[8] Torra-Bitlloch, I. y Esteban-Moreno, R.M., Presentación del monográfico: competencias docentes en la educación superior, *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 10(2), pp. 17-19, 2012.

[9] Rico, M.A. y Arandes, J.T., *Matemática borrosa: algunas aplicaciones en las ciencias económicas, administrativas y contables*, Contaduría Universidad de Antioquía, pp. 199-214, 2009.

[10] González-Hernández, W., Propuesta metodológica para el tratamiento de conceptos y definiciones informáticos, *Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa*, [en línea]. 4(2), pp. 45-62, 2016. Disponible en: <http://runachayecuador.com/refcale/index.php/refcale/article/view/430/743>

[11] González-Hernández, W., Creativity development in informatics teaching using the project focus., *International Journal of Engineering Pedagogy (IJEP)*, 3(1), pp. 63-70, 2013. DOI: 10.3991/ijep.v3i1.2342

[12] González-Hernández, W., Sentí, V.E. y Llantada, M.M., El enfoque de sistema en la enseñanza de la informática para el desarrollo de la creatividad. *Revista Enseñanza Universitaria*, 32, pp. 45 - 56, 2006.

[13] Hauser, M.D. and Watumull, J., The universal generative faculty: the source of our expressive power in language, mathematics, morality, and music, *Journal of Neurolinguistics*, 43, pp. 78-94, 2017, DOI: 10.1016/j.jneuroling.2016.10.005.

[14] Barwell, R., Formal and informal mathematical discourses: Bakhtin and Vygotsky, dialogue and dialectic. *Educational Studies in Mathematics*, 92(3), pp. 331-345, 2016, DOI: 10.1007/s10649-015-9641-z

[15] Danielewicz-Betz, A. and Kawaguchi, T., Preparing engineering students for global workplace communication: changing the Japanese mindsets, *International Journal of Engineering Pedagogy*, 4(1), pp. 55-68, 2014. DOI: 10.3991/ijep.v4i1.3297

[16] Maceiras, R., Cancela, Á., Sánchez, A. and Urréjola, S., B-Learning tools in engineering education., *International Journal of Engineering Pedagogy*, 3(2), pp. 36-40, 2013, DOI: 10.3991/ijep.v3i2.2451

[17] Minor, J.T. and Gewali, L.P., Pedagogical issues in programming languages. *Proceedings of the International Conference on Information Technology: coding and computing*, 2004.

[18] Verdú, E., Regueras, L.M., Verdúa, M.J., Leal, J.P., de Castro, J.P. and Queirós, R., A distributed system for learning programming on-line, *Computers & Education*, 58(1), pp. 1-10, 2012. DOI: 10.1016/j.compedu.2011.08.015.

[19] Lilburne, L., Hewitt, A. and Webb, T., Soil and informatics science combine to develop S-map: A new generation soil information system for New Zealand, *Geoderma*, 170, pp. 232-238, 2012, DOI: 10.1016/j.geoderma.2011.11.012.

[20] Avouris, N.M. and Page, B., *Environmental informatics: methodology and applications of environmental information processing*, vol. 6, Springer Science & Business Media, 2013.

[21] Sahinoglu, M., *Cyber-risk informatics: engineering evaluation with data science*, John Wiley & Sons, 2016.

- [22] Karpova, E., Marcketti, S. and Kamm, C., Fashion industry professionals' viewpoints on creative traits and, strategies for creativity development, *Thinking Skills and Creativity*, 10, pp. 159-167, 2013. DOI: 10.1016/j.tsc.2013.09.001.
- [23] González-Hernández, W., Creativity development in informatics teaching using the project focus, *ijEP*, 3(1), pp. 63-70, 2013, DOI: <http://dx.doi.org/10.3991/ijep.v3i1.2342>
- [24] González-Hernández, W., Estrada-Sentí, V. y Martínez-Llantada, M., El enfoque de sistema en la enseñanza de la Informática para el desarrollo de la creatividad. *Revista Enseñanza Universitaria*, 32, pp. 45-56, 2006.
- [25] González-Hernández, W., Propuesta metodológica para el tratamiento de conceptos y definiciones informáticos., *Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa*, 4(2), pp. 33-44, 2016.
- [26] González-Hernández, W., *Apuntes sobre didáctica de la informática*. Ciudad de la Habana: Editorial Universitaria, 2015.
- [27] Núñez, R., El aprendizaje de la física en el preuniversitario y su concepción desarrolladora., *Revista EDUSOL*, 8, pp. 123-29, 2015.
- [28] Ballester-Pedroso, S., El transcurso de las líneas directrices en los programas de matemática y la planificación de la enseñanza. La Habana, 2002.
- [29] Williams, B. and Figueredo, J., From academia to start-up: a case study with implications for engineering education, *International Journal of Engineering Pedagogy*, 4, pp. 24 - 31, 2014. DOI: 10.3991/ijep.v4i1.3236
- [30] González-Hernández, W., La implementación de procesos de informatización en organizaciones como competencia en la formación del profesional informático., *e-Ciencias de la Información*, 6(2), pp. 1-18, 2016.

W. González-Hernández, recibió el título de Licenciado en Educación Especialidad de Matemática y Computación en el año 1995, de MSc. en Didáctica Mención Didáctica de la Matemática en 2003, en la Universidad Pedagógica Juan Marinello y de Dr. en Ciencias Pedagógicas en 2004 en la Universidad Pedagógica Enrique José Varona. De 1995 al 2001 trabajó como profesor de informática en la Universidad Pedagógica Juan Marinello. Se vinculó a la Universidad de Matanzas en el año 2001 hasta la fecha. En el año 2006 fue coordinador del Laboratorio de Tecnologías en la Educación de la universidad y desde el año 2014 es el coordinador de la Carrera Licenciatura en Educación Especialidad Informática en el Departamento de Informática. Sus intereses investigativos incluyen: enseñanza de la informática, enseñanza a distancia, creatividad en la informática y diseño curricular del ingeniero informático.

ORCID: 0000-0001-8974-3721

Evaluación de competencias profesionales mediante la experiencia adquirida por los estudiantes en sus estadías prácticas.

Judith Flores-Regata ^a & Guadalupe Barajas-Arroyo ^b

^a Universidad Tecnológica de Puebla, Puebla, México. judithregata@hotmail.com

^b Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México. gbar1@prodigy.com

Resumen—Esta investigación muestra la valoración de los estudiantes en relación a las competencias profesionales que les fueron requeridas en las estadías prácticas que realizaron, en alguna empresa de la región. La información se recolectó con un cuestionario que se aplicó en un mismo periodo a estudiantes de tres generaciones, quienes de acuerdo a su percepción asignaron un nivel, a la importancia que la empresa asignó a cada tarea que contribuye al desarrollo de las competencias profesionales de su programa de estudios, y otro nivel al que consideraban haber desarrollado en la Universidad. Los resultados identificaron el adecuado desempeño en tareas relacionadas a temas de producción y calidad, aunque según los estudiantes en niveles menores a los desarrollados en la Universidad, sobre todo en la gestión de insumos, recolección de evidencias de funcionamiento del proceso, asumir el rol de líder e interpretar información técnica en un segundo idioma.

Palabras Clave— competencias profesionales; técnicos superiores universitarios; estadías prácticas; formación tecnológica.

Recibido para revisar Febrero 15 de 2018, aceptado Marzo 6 de 2018, versión final Marzo 22 de 2018

Professional skills evaluation from the students' acquired experience during internship or placement

Abstract— This research demonstrates the student's evaluation in relation with the professional skills that were assigned during placement in companies within the region. The information was collected with a questionnaire answered by students of three generations during the same period, who according to their perception assigned a grade, to the importance the company assigned to each task that contributed to the development of professional skills of their study program, and another grade to what they considered had developed in College. The results identified correct performance in tasks related to topics of production and quality, although according to the students in lower grades to the developed in College, specifically with supplies management, collecting evidence of the process' function, assuming a leading role, and interpreting technical information in a second language.

Keywords— professional skills; superior undergraduate technicians; placement; technological training.

1. Introducción

La educación superior tecnológica en la actualidad, está sujeta a las exigencias formativas del sector productivo, pues desde su origen responden al compromiso de contribuir con la

formación de profesionales técnicos, orientados puntualmente a responder las demandas competitivas del sector industrial, y con la capacidad de enfrentar los retos de un mundo globalizado, que exige orientar sus esfuerzos a la competitividad de las empresas, consideradas los motores fundamentales para el desarrollo económico de cualquier país.

Este propósito en muchas ocasiones ha sido cuestionado en el ámbito educativo, debido a que limita la misión de la Educación a la preocupación única de lograr la formación de individuos competentes, y con la habilidad de adaptarse a los cambios del mercado laboral en el cual desarrollan su profesión, dejando a un lado que la formación de individuos productivos para la sociedad, requiere perfiles profesionales con una visión mucho más amplia que únicamente lograr beneficios económicos para las empresas, la formación integral que requiere el mundo actual considera individuos con conocimientos, habilidades y valores que contribuyan a la construcción de sociedades más justas, sanas y equitativas [1].

Por otro lado los cambios tecnológicos y el manejo de las Tecnologías de la información y comunicación, aportan elementos que deben también ser considerados en la formación profesional actual de los profesionales técnicos, pues los ubica en contextos de interacción social, trabajo en colaboración y cuidado del impacto que su trabajo conlleva a la conservación del medio ambiente y al desarrollo de su comunidad, de cara al siglo XXI e inmersos en un mundo globalizado y cada vez más exigente.

Bajo este escenario la Educación Superior Tecnológica en México, se vio en la necesidad de promover políticas nacionales orientadas a diversificar, descentralizar y estrechar el vínculo con el sector industrial, fortaleciendo su oferta educativa especialmente en el nivel superior, con programas de menor tiempo de formación profesional técnica, cuyo modelo permitió una rápida inserción de profesionistas al mercado laboral, con la capacidad de enfrentar las condiciones impuestas por el sector productivo nacional e internacional, que se enfrentaban a las exigencias de un mercado globalizado cambiante altamente competitivo y con fuertes desafíos tecnológicos.

Este fue el origen en la década de los 90 de las Universidades Tecnológicas en México y su oferta de Técnicos

Como citar este artículo: Flores-Regata, J. and Barajas-Arroyo, G., Evaluación de competencias profesionales mediante la experiencia adquirida por los estudiantes en sus estadías prácticas. *Educación en Ingeniería*, 13(26), pp. 27-34, Julio, 2018.

Superiores Universitarios, cuyos perfiles profesionales de egreso fueron diseñados para dar respuesta a los requerimientos técnicos de profesionistas, en un tiempo menor al de la única opción de formación profesional tecnológica en ese entonces, cuyos programas tenían una duración de cuatro a cinco años de preparación (nivel 5A de la Clasificación Internacional Normalizada de la Educación CINE).

Desde que las Universidades Tecnológicas iniciaron sus labores, el modelo educativo de los Técnicos Superiores Universitarios, ha puesto especial atención en la enseñanza práctica de todas las asignaturas que conforman el plan de estudio del programa educativo en específico. Se ha cuidado que todas las actividades de aprendizaje se desarrollen en espacios educativos que favorezcan un balance del 30% teoría y 70% de práctica, es decir, las actividades en las aulas, talleres y laboratorios deben reflejar la intensidad de sus programas de estudio, además de considerar un periodo de estadía práctica como parte final de su formación profesional, donde los estudiantes permanecen tiempo completo durante 14 a 16 semanas en una empresa de la región, enfrentándose a problemas en escenarios reales que exigen conocimientos, habilidades e incluso comportamientos de profesionales capaces de adaptarse a la dinámica evolución de los mercados.

Las estadías prácticas se han convertido desde entonces en una de las fortalezas del sistema de las Universidades Tecnológicas, pues permite estrechar vínculos con las empresas que brindan la oportunidad de aceptar en ese periodo a sus estudiantes, además de mantener el contacto con la academia de la universidad, que de esta forma tiene acceso a los cambios que sufre este sector y puede utilizar la información que se genere, en beneficio del programa educativo de que se trate.

De aquí surge el interés por realizar la presente investigación, la cual se desarrolla con estudiantes que concluyeron su formación, como Técnicos Superiores Universitarios en Procesos Industriales de la Universidad Tecnológica de Puebla y que cursaron sus estadías prácticas en 3 diferentes periodos: mayo-agosto 2015, mayo-agosto 2016 y mayo-agosto 2017, con el objetivo de:

“Conocer desde la experiencia de los estudiantes del nivel Técnico Superior Universitario en Procesos Industriales, las competencias profesionales que realizan durante sus estadías prácticas, para contrastarlas con las que se contemplan en la formación profesional de la Universidad”

2. Formación profesional tecnológica

Las Universidades Tecnológicas nacieron en 1991, como resultado del programa de modernización educativa realizado en el periodo comprendido entre 1989 y 1994, con el propósito de enfrentar los desafíos a los que se enfrentarían las empresas mexicanas con su entrada a un mundo globalizado y de férrea competencia. En sus inicios las Universidades Tecnológicas nacieron con el compromiso de cumplir con los siguientes objetivos [2,3]:

- Descentralizar la Educación Superior
- Favorecer la vinculación Universidad-Empresa
- Diversificar la estructura de la oferta educativa.

Desde su origen se ha cuidado que el modelo educativo cumpla fielmente con la diversificación de su oferta, mediante las modalidades de formación técnica y profesional que ofrece en todos sus programas educativos, además de mantener un estrecho vínculo con el sector productivo mediante diferentes estrategias, como son: las estadías prácticas de los estudiantes, las visitas industriales, los proyectos de innovación, aplicación y/o transferencia tecnológica que desarrollan los docentes de la Institución en combinación con las empresas de la región, así como los convenios de carácter dual en los que se ha logrado que las empresas ofrezcan becas a los estudiantes a partir del tercer cuatrimestre, con el compromiso de no descuidar sus estudios, mientras reciben un pago por su capacitación y trabajo en tareas específicas para la empresa, por supuesto todas ellas asociadas a su profesión.

Cabe mencionar que todas las Universidades Tecnológicas se establecen como organismos descentralizados del gobierno de los Estados en los cuales se ubican, lo que les permite adaptar su oferta educativa a las necesidades de su región pero conservando los lineamientos de la autoridad educativa federal, la cual continua marcado el paso del plan curricular de todos los subsistemas que coordina, incluyendo por supuesto el de la educación superior que proporcionan las Universidades Tecnológicas [3,4].

Bajo estas condiciones la Universidad Tecnológica de Puebla inició en 1994 sus funciones, ofreciendo programas educativos del nivel Técnico, uno de ellos es el que corresponde al Técnico Superior Universitario en Procesos Industriales, al que hace referencia esta investigación, que contempla seis cuatrimestres el último de ellos destinado a cursar sus estadías prácticas como parte inherente de éste modelo educativo, durante el cual se presenta la oportunidad de conocer las actividades que en forma concreta desempeñan los estudiantes en las empresas a las que fueron asignados, bajo la supervisión de un docente del programa educativo al que pertenecen.

Además de ofrecer el programa educativo del nivel técnico equivalente al nivel 5B de la Clasificación Internacional Normalizada de la Educación, la Universidad Tecnológica de Puebla ofrece a partir del 2009, la oportunidad de continuar sus estudios al nivel 5A de la misma Clasificación, es decir, una vez terminada su carrera técnica los estudiantes pueden continuar con sus estudios en Ingeniería Industrial, cuyo programa de estudios también se ha orientado en dar respuesta a las necesidades del sector productivo, mediante los mismo mecanismos de vinculación con las empresas de la región [5].

3. Modelo educativo del técnico superior universitario en procesos industriales

Las Universidades Tecnológicas iniciaron en el 2004 el proceso de migración de su anterior modelo educativo al enfoque por competencias profesionales, con el propósito de fortalecer el vínculo con las empresas de la región, debido a que integrar los conocimientos, habilidades y actitudes a los que hace referencia este último modelo educativo, encuentra su significado en el desempeño de actividades concretas y generalmente en escenarios reales o muy similares a ellos, donde los estudiantes resuelven problemas y logran

aprendizajes significativos durante el proceso que recorren en la solución del problema concreto y hacia la búsqueda del resultado más adecuado.

Bajo este enfoque se ha definido al Técnico Superior Universitario en Procesos Industriales como un profesionista técnico, capaz de desempeñar su profesión tanto en el sector público como en el privado e incluso emprender su propio negocio, como se puede observar en el propósito que se ha planteado para este programa:

“Formar profesionales capaces de gestionar, supervisar y planear la producción a través de herramientas de la administración para cumplir con los requerimientos del cliente; Administrar la cadena de suministros, a través de sistemas de logística, para garantizar la disposición de materiales y productos; Gestionar los procesos de manufactura, a través de técnicas de administración de operaciones y aseguramiento de la calidad, para contribuir a la competitividad de la organización” [6].

Las competencias profesionales que adquieren los técnicos superiores universitarios, les permiten incursionar en diferentes sectores económicos en el ámbito local, regional y nacional, tales como:

“Sectores económicos: extractivo, de manufactura y de servicios, privados o públicos, desarrollando sus competencias profesionales con un enfoque sustentable, que permitan aplicar sus habilidades relativas al diseño y desarrollo de productos, diseños e implementación de procesos, administración de las actividades operativas y administrativas de una planta o empresa, incluyendo la implementación, desarrollo y control de proyectos” [6].

Las posibilidades de desarrollo de un Técnico Superior Universitario, de acuerdo a lo mencionado en el párrafo anterior, plantean un panorama amplio que demanda tanto las competencias específicas como aquellas genéricas, que le permitan desarrollar y aplicar sus habilidades en tareas no solo operativas y de administración, sino de aquellas que le permitan desarrollar y diseñar productos o bien procesos con el apoyo de herramientas de implementación y control utilizadas en la gestión de proyectos.

4. Competencias profesionales de los TSU en procesos industriales

El modelo educativo por competencias, define el perfil de egreso de un Técnico Superior Universitario en Procesos Industriales, y considera las competencias profesionales necesarias en el desempeño eficaz de su profesión dentro del campo laboral local, regional y nacional. El perfil considera las competencias específicas que se muestran en la Tabla 1.

Las competencias específicas mencionadas en la Tabla 1, representan los saberes que permiten al Técnico Superior Universitario desempeñar actividades con las que podrá adaptarse a diversas situaciones y transferir sus conocimientos, habilidades y actitudes para solucionar problemas inherentes a

Tabla 1

Competencias específicas de un TSU en Procesos Industriales

Competencia 1: Gestionar la producción a través de herramientas de la administración, para cumplir con los requerimientos del cliente.

Competencia 2: Administrar la cadena de suministro, a través de sistemas de logística, para garantizar la disposición de materiales y productos.

Competencia 3: Gestionar los procesos de manufactura, a través de técnicas de administración de operaciones y aseguramiento de la calidad, para contribuir a la competitividad de la organización.

Fuente: Adaptado [6]

Tabla 2

Competencias genéricas de un TSU en Procesos Industriales

Competencia 1: Actuar con valores y actitudes proactivas de excelencia en el desarrollo personal, social y organizacional, en armonía con su medio ambiente.

Competencia 2: Comunicar sentimientos, pensamientos, argumentos, conocimientos, experiencias, ideas, reflexiones, opiniones, en los ámbitos públicos, personales, educacionales y ocupacionales, productiva y receptivamente en el idioma inglés de acuerdo al nivel B1, usuario independiente, del marco de referencia europeo.

Competencia 3: Expresar ideas, necesidades y sentimientos de forma verbal, no verbal y escrita para comunicarse de forma efectiva durante su desempeño profesional.

Fuente: Adaptado [6]

su profesión [7]. Las competencias específicas se acompañan de competencias genéricas o transversales mostradas en la Tabla 2, que favorecen el aprendizaje de los estudiantes a lo largo de su vida, así como su adaptación al mundo del trabajo.

Cabe mencionar que las Universidades Tecnológicas han definido tareas específicas derivadas de las funciones que las empresas, egresados y docentes han manifestado en diversas reuniones de trabajo, cuyo propósito fundamental es analizar las competencias profesionales, requeridas en el sector laboral de la región, como respuesta a la dinámica evolución de los mercados, y de los cambios que éstos ejercen en los requerimientos de formación profesional, necesarios para la solución de problemas bajo condiciones y contextos reales, donde la evaluación de las competencias profesionales toma gran importancia para asegurar la pertinencia de sus aprendizajes.

5. Método

La información sobre las competencias profesionales que desempeñaron los estudiantes durante sus estadías prácticas, se recolectó mediante un cuestionario que se diseñó considerando las tareas específicas de la matriz de competencias del programa educativo para un Técnico Superior Universitario en Procesos Industriales, y a partir de esto se aplicó a estudiantes que habían ya cursado sus estadías prácticas, logrando obtener la participación de un total de 153 estudiantes de los cuales 23 corresponden a la generación mayo-agosto 2015, 50 a la

generación mayo agosto 2016 y 80 a estudiantes de la generación mayo agosto 2017.

Cada uno de los estudiantes de las tres generaciones mencionadas, compartieron su experiencia durante el periodo de estadías que cursaron en las diferentes empresas en las cuales fueron asignados y como un primer acercamiento a la evaluación de las competencias durante este periodo, se decidió realizar un análisis global que integró toda la información obtenida a partir de las respuestas de los estudiantes de las tres generaciones, sin embargo, cabe mencionar que posteriormente se trabajará en un análisis que permita comparar los resultados de cada generación por separado.

Los participantes en la investigación fueron seleccionados en forma intencionada, debido a que se trata de un número finito de estudiantes con las siguientes características: a) Estudiantes que concluyeron sus estadías prácticas con el mismo programa educativo vigente desde el 2014 y hasta la fecha de recolección de datos, b) estudiantes que se encontraban cursando la continuidad de estudios en el periodo septiembre diciembre 2017, dentro de la División de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Puebla, c) estudiantes que realizaron actividades asociadas a su profesión con responsabilidades y compromisos equivalentes a las de cualquier otro trabajador de la empresa en la que fue asignado, y por último d) estudiantes que contaban con el registro de la entrega final de su reporte de estadías al tutor asignado por parte de la Universidad.

Bajo estas condiciones se aplicó el cuestionario a los participantes cuyas respuestas fueron reunidas en una base de datos común, donde se pudo observar la importancia de las tareas que realizaron en el periodo de estadías, así como el nivel en el cual consideraban haber desarrollado esas actividades dentro de la universidad, esta información se recolectó en dos apartados del cuestionario –los cuales tuvieron el propósito de verificar la alineación de las tareas desempeñadas por los estudiantes durante sus estadías con las tareas que se indican en el plan de estudios del programa educativo correspondiente-, el primer apartado se muestra en la Tabla 3, que incluye enunciados con algunos conocimientos, habilidades y comportamientos asociados a las tareas concretas que fortalecen las competencias profesionales declaradas en el plan de estudios para un Técnico Superior Universitario en Procesos Industriales, en este apartado se les solicitó seleccionar una de las siguientes opciones: debo fortalecer esta tarea, considero que mi desempeño fue adecuado o bien no desempeñé esta tarea.

La información de la Tabla 3 es importante porque además de identificar la pertinencia de los conocimientos y habilidades para el buen desempeño de las funciones de un Técnico Superior Universitario en Procesos Industriales, les permitió a los estudiantes una reflexión de lo que lograron desarrollar en su periodo de formación profesional así como de aquello que deben fortalecer.

Los conocimientos y habilidades de la Tabla 3, se demuestran en tareas concretas, razón por la cual se decidió complementar esta información con otro apartado del cuestionario, donde se enlistaron 16 tareas concretas tomadas del programa de estudios correspondiente, y que se enlistan en

Tabla 3

Conocimientos y habilidades de un Técnico Superior Universitario en Procesos Industriales de acuerdo al plan de estudios correspondiente

	Durante la estadía práctica me pude percatar:	Debo fortalecer esta tarea	Mi desempeño fue adecuado	No desempeñé esta tarea
V1	Gestionar la producción para cumplir los requerimientos del cliente			
V2	Garantizar la disposición de materiales y recursos para la producción			
V3	Aplicar técnicas para administrar la producción			
V4	Aplicar técnicas para asegurar la calidad del producto			
V5	Presentar evidencias que impactan el funcionamiento del proceso			
V6	Desarrollar una propuesta de mejora del proceso			
V7	Asumir un rol de líder en un grupo de trabajo			
V8	Trabajar en equipo			
V9	Interpretar información técnica en un segundo idioma			

Fuente: Adaptado [6]

la Tabla 4. Tanto las tareas como los conocimientos y habilidades de ambas tablas, se orientan al desarrollo de las competencias profesionales incluidas en el programa educativo en estudio, lo que permitió asegurar la congruencia y pertinencia de los resultados.

La selección del nivel de importancia, que de acuerdo a la perspectiva de los estudiantes las empresas les habían asignado a cada tarea, así como el nivel que ellos mismos consideraban haber desarrollado en la Universidad, se obtuvo utilizando una escala de Likert como se muestra en la Tabla 4, el estudiante pudo seleccionar su respuesta, tanto para definir la importancia como el nivel desarrollado en la universidad, entre cinco posibilidades, donde uno corresponde al nivel mínimo y 5 al nivel máximo en el cual se ubica cada una de las tareas que se representan de la variable v10 a la variable v25 de la Tabla 4.

Con la información de las Tablas 3 y 4, se identificó la frecuencia con la que los estudiantes realizaron las tareas incluidas en el plan de estudios, la percepción que tuvieron sobre su desempeño así como la importancia que bajo su percepción le asignaron las empresas a cada una de las mismas tareas.

6. Resultados

Los estudiantes que participaron en el estudio manifestaron en un gran porcentaje estar completamente satisfechos o satisfechos de las competencias desarrolladas en la Universidad Tecnológica de Puebla, como se muestra en la Fig. 1, donde se aprecia que ninguno de los estudiantes manifestaron estar insatisfechos de las competencias desarrolladas, a pesar de que en el instrumento se contaba con ésta opción de respuesta, es decir los estudiantes podían seleccionar entre las opciones: satisfecho, completamente satisfecho e insatisfecho.

Tabla 4

Nivel de Importancia/desarrollo de las tareas del plan de estudios para un Técnico Superior Universitario en Procesos Industriales

Tareas específicas		Importancia					Desarrollada en la universidad				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
v10	Determinar requerimientos de producción (mano de obra, materia prima)			x					x		
v11	Calcular costos de producción (materia prima, mano de obra, equipo/maquinaria)			x					x		
v12	Balancear líneas de ensamble			x					x		
v13	Supervisar la producción con base a la capacidad productiva estimada				x				x		
v14	Documentar los proceso productivos (diagramas de flujo de proceso, instrucciones de trabajo, tiempo estándar de producción)			x					x		
v15	Controlar estadísticamente el proceso conforme a las especificaciones del cliente				x				x		
v16	Aplicar herramientas sobre el desempeño del proceso (comparar producción real Vs programado, seguimiento a productos defectuosos, control de niveles de inventario)			x					x		
v17	Elaborar programa de requerimientos de material considerando: explosión de materiales, inventario, tiempo de entrega de proveedor)			x					x		
v18	Aplicar técnicas de control de inventarios (clasificación ABC, lote económico, FIFO/PEPS, conteo físico de inventarios)			x					x		
v19	Interpretar planos de diseño de producto y/o distribución de planta			x					x		
v20	Aplicar técnicas de análisis y medición del trabajo (tiempo estándar, MTM, diagramas Hombre-máquina, bimanual, de operaciones)			x					x		
v21	Determinar condiciones adecuadas del trabajo (ergonomía, seguridad, acondicionamiento del trabajo, impacto ambiental)			x					x		
v22	Proponer mejoras al proceso y estrategias para asegurar la calidad del producto (planes de muestreo, registro del comportamiento de variables, criterios de aceptación y rechazo de muestras)			x					x		
v23	Facilidad para la interacción en equipos multidisciplinarios			x					x		
v24	Habilidades para resolver conflictos				x					x	
v25	Habilidades de liderazgo en diferentes equipos de trabajo				x				x		

Fuente: Adaptado [6]

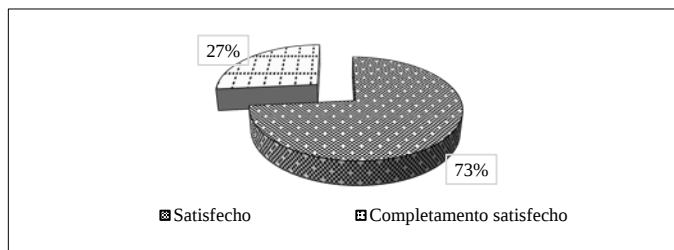


Figura 1. Valoración del desarrollo de competencias en la Universidad Tecnológica de Puebla (perspectiva de los estudiantes)

Fuente: Las autoras

A pesar de lo anterior los porcentajes de las frecuencias absolutas sobre la percepción de los estudiantes en relación a su propio desempeño, en las tareas que puntualmente se realizaron durante las estadías, muestran datos interesantes sobre aquellas tareas que no se realizaron o bien en las que requieren reforzar, lo que resulta un punto de partida para lograr el objetivo de la presente investigación.

En la Fig. 2, se observa que cinco de estas variables presentan un porcentaje del 30% al 36% de la opción “no realicé esta tarea” tres se encuentran entre 20 y 28% de la misma opción y solo encontramos la variable, v8 Trabajar en equipo con un porcentaje del 14% de estudiantes que no la realizaron, lo que significa que entre el 64% y 86% de los estudiantes si realizaron estas tareas.

En la misma Fig.2 se observa que dos variables presentan porcentajes de 50% y 58% de las respuestas en las que consideraron un desempeño aceptable, esta son: la variable v6 Desarrollar una propuesta de mejora del proceso con un porcentaje de 50% y la variable v8 Trabajar en equipo con un porcentaje de 58%, el resto de las variables se encuentran entre el 20% y el 36% de las respuestas que realizaron esta tarea con un desempeño adecuado, lo que significa que entre el 28% y el 50% de las respuestas que si realizaron esta tarea consideran un desempeño no adecuado, mismos porcentajes de las respuestas con la opción “debo fortalecer mi desempeño”.

Cabe señalar que la variable v8 Trabajar en equipo, presenta el mayor diferencial entre estudiantes que consideran que su desempeño fue adecuado y aquellos que deben fortalecer su

desempeño, lo que llama la atención porque el trabajo en equipo representó una de las estrategias más recurridas para el aprendizaje de los estudiantes que se formaron en las generaciones que participaron en la investigación.

Vale la pena resaltar que las variables con mayor porcentaje de respuestas que mencionan si haberlas desempeñado, se encuentran las variables v4 Aplicar técnicas para asegurar la calidad del producto con el 78% de las respuestas que si realizaron esta tarea, v6 Desarrollar una propuesta de mejora del proceso con el 80% de las respuestas y v8 Trabajar en equipo con el 86% de las mismas, las dos últimas con las frecuencias más altas en la opción de un desempeño aceptable de acuerdo a la figura 2, sin embargo en los tres casos los estudiantes consideran que deben fortalecer su desempeño, esto con porcentajes entre 28% y 44% de las respuestas, lo que representa un punto importante a considerar debido a que se tratan de tareas que se realizan con mayor frecuencia.

Por otro lado las variables: v5 Presentar evidencias que impactan el funcionamiento del proceso y v7 Asumir un rol de líder en el grupo de trabajo presentan los mayores porcentajes de estudiantes que no desempeñaron tareas donde requirieron aplicar estos conocimientos o habilidades, sin embargo los que declararon que si las realizaron, reconocen que deben fortalecer su desempeño sobre todo si presentar evidencias sobre el funcionamiento del proceso está asociada directamente a la variable v6 propuesta de mejora de procesos, que los mismos estudiantes han asignado el valor más alto en la opción “considero que mi desempeño fue el adecuado”, ver Fig. 2.

La reflexión sobre las actividades que les fueron requeridas a los estudiantes y que compartieron en la Fig. 2 muestra un panorama interesante sobre su desempeño en escenarios reales y representa la oportunidad de explorar la frecuencia con la que se realizaron las tareas consideradas en el plan de estudios, así como la importancia asignada por la empresa y los niveles desarrollados en la Universidad de acuerdo a la percepción de los mismos estudiantes.

En la Fig. 3 se muestran las 16 tareas que se enlistan en la tabla 4, organizadas de acuerdo a los promedios ponderados obtenidos a partir de las respuestas recolectadas en la escala de Likert, para cada una de las tareas representadas por las variables v10 a v25 como se observa en la Fig. 3, donde se puede apreciar con mayor claridad los niveles de importancia y desarrollo en la Universidad que asignaron los estudiantes a cada tarea.

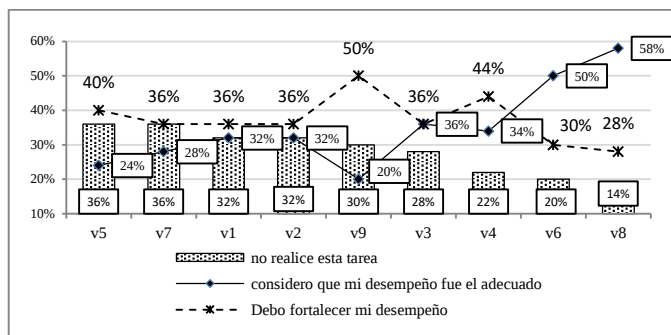


Figura 2. Conocimientos y habilidades de los estudiantes en sus estadias prácticas.

Fuente: Las autoras

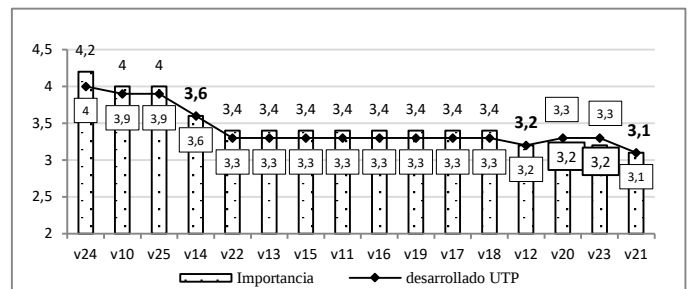


Figura 3. Tareas específicas que realizan los Técnicos Superiores Universitarios en Procesos Industriales durante sus estadias prácticas (niveles de importancia Vs desarrolladas en la Universidad).

Fuente: Las autoras

Tabla 5.

Tareas específicas (igual nivel de importancia que el adquirido en la Universidad –según la apreciación de los estudiantes)

Variable	Tareas específicas
V12	Balancear líneas de ensamble
V14	Documentar los proceso productivos (diagramas de flujo de proceso, instrucciones de trabajo, tiempo estándar de producción)
V21	Determinar condiciones adecuadas del trabajo (ergonomía, seguridad, acondicionamiento del trabajo, impacto ambiental)

Fuente: Las autoras

En la Fig. 3 se observa que de acuerdo a la percepción de los estudiantes, tres de las 16 variables (tareas) se ubicaron en el mismo nivel de importancia que las desarrolladas en la Universidad, estas tareas corresponden a las que se muestran en la Tabla 5:

Estos resultados contrastan con los obtenidos a partir de la Fig. 2, debido a que mientras el 50% de los estudiantes consideran haber tenido un desempeño adecuado cuando se trata de la v6 Desarrollar una propuesta de mejora de procesos (actividades que sin lugar a dudas representan una de las funciones de mayor importancia para la optimización de los procesos que forman parte de los procesos productivos), la misma figura muestra un gran diferencial entre un desempeño adecuado y el reconocimiento de fortalecer dicho desempeño, cuando se trata de presentar evidencia sobre el funcionamiento del proceso, lo cual podría parecer incongruente cuando se trata de una tarea que antecede a una propuesta de mejora y en la cual consideran haber tenido un desempeño adecuado.

Adicionalmente en la Fig. 3 los estudiantes asignan el mismo nivel de importancia y desempeño para las variables v12 Balancear líneas de ensamble, v14 Documentar los proceso productivos (diagramas de flujo de proceso, instrucciones de trabajo, tiempo estándar de producción) y v21 Determinar condiciones adecuadas del trabajo (ergonomía, seguridad, acondicionamiento del trabajo, impacto ambiental), variables que podrían haber utilizado para representar las evidencias de funcionamiento de los procesos a las que hacen mención, lo que hace pensar que tal vez se requiera especificar desde la academia con mayor claridad la utilidad de los conocimientos y/o habilidades que adquieren durante su formación profesional.

Sólo dos de las mismas 16 tareas, presentan niveles de desarrollo en la Universidad por arriba de la importancia que las empresas les asignan, de acuerdo a los mismos estudiantes encuestados, como se muestra en la tabla 6:

Tabla 6.

Tareas específicas (mayor nivel adquirido en la Universidad –según la apreciación de los estudiantes)

Variable	Tareas específicas
V20	Aplicar técnicas de análisis y medición del trabajo (tiempo estándar, MTM, diagramas Hombre-máquina, bimanual, de operaciones)
V23	Facilidad para adaptarse a la interacción en equipos multidisciplinarios

Fuente: Las autoras

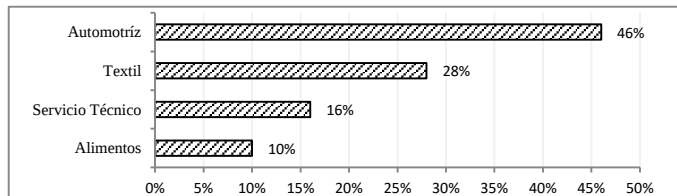


Figura 4. Principales empresas donde los estudiantes realizaron sus estadias prácticas durante los periodos mayo-agosto 2015,2016, 2017)

Fuente: Las autoras

En el resto de las tareas, los estudiantes consideran tener un nivel de desarrollo menor a la importancia que les asignan las empresas en las que desempeñaron sus estadias prácticas, es decir, cerca del 70% de las tareas identificadas deben ser analizadas para proponer mejoras en el proceso de aprendizaje y fortalecer su desempeño en el desarrollo de las mismas.

Debido a los resultados anteriores, se consideró conveniente precisar sobre las empresas y áreas en las que fueron asignados los estudiantes durante sus estadias prácticas, lo cual proporcionó un referente para identificar el sector de empresas que presentaron mayor aceptación de estudiantes así como las áreas y tareas asignadas con mayor frecuencia.

Es importante recordar que los datos recolectados corresponden a tres periodos de estadias prácticas (mayo-agosto 2015, mayo-agosto 2016 y mayo-agosto 2017) con estudiantes asignados a empresas dedicadas a diferentes sectores económicos dentro del área de influencia de la Universidad.

El Departamento de Vinculación de la Universidad Tecnológica de Puebla, ha clasificado las empresas según su principal actividad económica, en los siguientes sectores: las dedicadas a las industrias de manufactura o bien dedicadas a la transformación como las del sector automotriz con las variantes en empresas metalmecánicas o de inyección del plásticos, las industrias textiles o de la confección, de alimentos y de Servicios Técnicos las cuales en su mayoría se dedican al desarrollo de proyectos innovadores de diseño de procesos, productos o bien equipos.

La proporción de estudiantes que permanecieron en su periodo de estadias prácticas en las diferentes empresas, se muestran en la Fig. 4.

Como se puede observar el 74% de los estudiantes realizaron sus estadias en empresas de manufactura, 46% de ellas relacionadas a la industria automotriz de carácter metalmecánico o de autopartes plásticas así como 28% en empresas textiles, encontrándose una menor demanda en empresas dedicadas a proporcionar Servicio Técnico o bien a la

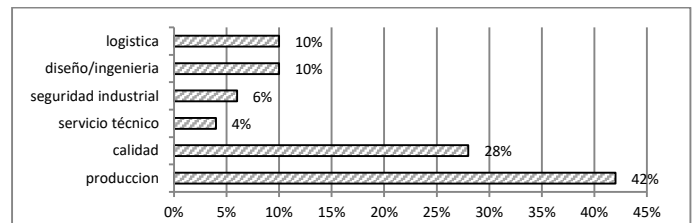


Figura 5. Principales áreas en las que fueron asignados los estudiantes durante sus estadias prácticas

Fuente: Las autoras

producción de alimentos lo cual permitió identificar la tendencia de aceptación de estudiantes del nivel Técnico Superior Universitario en Procesos Industriales, durante el periodo de estadias en este periodo por las empresas del campo laboral de los estudiantes y posiblemente en las oportunidades que ofrece el campo laboral para su futura vida profesional.

Dentro de las empresas consideradas en la Fig. 4 se pudieron distinguir seis principales áreas en las cuales los estudiantes fueron asignados durante el mismo periodo de estadias prácticas, como se muestra en la Fig. 5.

En la Fig.5 se muestra que el mayor porcentaje de estudiantes fueron asignados en áreas de producción y calidad, lo cual coincide con las tareas realizadas, pues el campo laboral definido para los Técnicos Superiores Universitarios en Procesos Industriales se asocia al desempeño de alguno de estos puestos de trabajo: Jefe de planeación y control de la producción, Coordinador de Producción, Jefe de aseguramiento de calidad y Analista de Procesos Productivos, sin embargo, a pesar de que también se consideran desempeños en relación a la Coordinación de nuevos proyectos y productos así como Jefe de logística, almacenes y analista de métodos y procesos, éstas actividades se demandaron en un porcentaje menor y aproximado al 20% de estudiantes asignados en estas tareas.

Por último cabe resaltar los resultados de las competencias llamadas genéricas o transversales que por su naturaleza, contribuyen a que el estudiante logre adaptarse a los frecuentes cambios de su entorno laboral y/o profesional, en este sentido los estudiantes reconocen el menor de los desempeños de todas las variables de la Fig. 2 a la variable v9 Interpretar información técnica en un segundo idioma y en la variable v7 dificultad en asumir el rol de líder dentro de un grupo de trabajo, así como el mayor diferencial entre la importancia y desarrollo en la Universidad de la variable v24 Habilidades para resolver conflictos, lo que representan focos rojos para las estrategias de aprendizaje del programa, pues sin duda estas variables han estado y seguirán presentes durante toda la vida laboral de cualquier profesionista.

7. Conclusiones

Las estadias prácticas se han convertido en una de las fortalezas del modelo de Universidades Tecnológicas de México por ser una estrategia que mantiene un estrecho vínculo con las empresas de la región a la cual pertenecen y representar la oportunidad de la facilitar la empleabilidad de los estudiantes que cursan sus programas educativos, sin embargo, la información que se genera mediante la experiencia que los

estudiantes adquieren en escenarios reales representa una herramienta a considerar tanto para la retroalimentación del modelo educativo con base al desarrollo de competencias como para la reflexión del aprendizaje que los mismos estudiantes requieren en el desempeño de las tareas concretas que se desprenden del plan de estudios.

Los resultados obtenidos permitieron un primer acercamiento a la evaluación de las competencias profesionales que les fueron requeridas a los estudiantes durante el periodo de estadías prácticas además de ser útil para identificar los principales sectores a los que pertenecen las empresas en las que realizan dichas estadías prácticas, las áreas y tareas en las cuales se asignaron con mayor frecuencia los estudiantes en este periodo, además de identificar aquellas tareas en las cuales tuvieron bajos desempeños, a pesar de la importancia que les asignan las empresas en las que se desempeñaron. Con esta información es posible proponer estrategias de aprendizaje para que los estudiantes mejoren su práctica profesional.

No debe perderse de vista, que la información obtenida parte de las actividades que se asignan a un estudiante en un periodo de prácticas profesionales, y a pesar de que puede argumentarse que por su limitada experiencia se le asignan tareas de poca complejidad, vale la pena considerar que las estadías prácticas representan una ventana para mantener un vínculo entre las demandas de formación de profesionistas del sector productivo y las competencias que se requieren para hacer frente a los frecuentes cambios tecnológicos y de talento humano que exige la constante evolución de los procesos de producción.

G. Barajas-Arroyo, es Cirujano Dentista por la UNAM, México, 1973. Esp. en Terapéutica Homeopática Aplicada a la Odontología por el IPN de la Ciudad de México en 1991. MSc. en Educación Superior en 2000 y Dra. en Educación en 2004 ambos por la Universidad Autónoma de Tlaxcala, México. Fue profesora investigadora durante 26 años en el Instituto Politécnico Nacional, donde también coordinó la Especialidad de Terapéutica Homeopática aplicada a la Odontología. Actualmente es profesora investigadora del doctorado en investigación e innovación educativa de la benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Integrante del Padrón de investigadores de la Universidad, investigadora nacional del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel I. Miembro del Consejo Mexicano de Investigación Educativa. Miembro de los comités evaluadores de ANUIES, REDIE, perfiles educativos de la UNAM, Revista Electrónica de Investigación Educativa del Instituto de Investigación y Desarrollo Educativo de la Universidad Autónoma de Baja California, revista Ciencia Odontológica Universidad de Zulia, Venezuela. ORCID: 0000-0001-6356-8451

J. Flores-Regata, recibe el título Ing. Química en 1985 en la Universidad Autónoma Metropolitana de la Ciudad de México y el título de MSc. en Ingeniería Industrial en el 2008, en el Instituto Tecnológico de Puebla, México. Actualmente es estudiante del doctorado en investigación e innovación educativa de la benemérita Universidad Autónoma de Puebla BUAP. Ha trabajado desde el 2000 en la Universidad Tecnológica de Puebla dentro de la división de ingeniería industrial. Forma parte del cuerpo académico ingeniería en logística y procesos en la misma Universidad en la que labora, donde hasta la fecha cuenta con el reconocimiento de perfil deseable del programa para el Desarrollo Profesional Docente PRODEP. Sus líneas de investigación son: evaluación por competencias y logística y procesos ORCID: 0000-0001-9882-1605

Referencias

- [1] Aronson, P.P., El retorno de la teoría del capital humano, Fundamentos en Humanidades Universidad de San Luis, III(16), pp. 9-26, 2007.
- [2] Ruiz-Larraguivel, E., La educación superior tecnológica en México. Historia, situación actual y perspectivas, Revista Iberoamericana de Educación Superior , II(3), pp. 35-52, 2011.
- [3] CGUT., Fortalecimiento del subsistema de UT's. Su evolución al nivel de estudios 5A, SEP, México, 2008.
- [4] Rodríguez, G.R., Educación superior y transiciones políticas en México, Revista de la Educación Superior, 43(171), pp. 9-36, 2014. DOI: 10.1016/j.resu.2014.08.001
- [5] Vargas-Leyva, M.R., La educación superior tecnológica, Publicaciones Anuies, 32(126), pp. 47-57. 2011.
- [6] División de Ingeniería Industrial UTP, Análisis situacional del trabajo, Universidad Tecnológica de Puebla, Puebla, México, 2016.
- [7] CGUT, Perfil profesional en competencias profesionales: Versión Ejecutiva, México: SEP, 2009.

Estrategias de reflexión para la enseñanza de movilidad de contaminantes en medio poroso

María Fernanda Serrano-Guzmán ^a, Diego Darío Pérez-Ruiz ^a, Luz Marina Torrado-Gómez ^b, Norma Cristina Solarte-Vanegas ^b & Jesús David Sandoval-Posso ^c

^a Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia. maria.serrano@javerianacali.edu.co, ddperez@javerianacali.edu.co

^b Ingeniería Civil, Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, Colombia. ltorrado@upb.edu.co, nsolarte@upb.edu.co

^c Ingeniería Electrónica, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia. jesusposso@gmail.com

Resumen— La intencionalidad de la educación universitaria es proveer al entorno profesionales con la capacidad de análisis para responder a las problemáticas que enfrenta la sociedad en cada disciplina. En Ingeniería Civil, uno de los retos es la comprensión del comportamiento del suelo lo que implica el aprendizaje de diferentes conceptos que requieren competencias específicas. En este artículo se presentan estrategias pedagógicas fundamentadas en la reflexión del quehacer como ingeniero alrededor de temas de movilidad de contaminantes en suelos. La estructura metodológica de cada estrategia incluye un objetivo actitudinal común, objetivo particular, recursos, composición del equipo de trabajo, tiempo y descripción de la estrategia fundamentada en pensamiento crítico, compromiso social, resolución de problemas y comunicación oral. Se concluye que este diseño pedagógico puede implementarse en otras asignaturas pues facilita la transferencia de conocimiento quedando pendiente el diseño de la evaluación que mida la apropiación de conocimientos por parte de los estudiantes.

Palabras Clave— reflexión; estrategia; pedagogía; suelos.

Recibido: 31 de diciembre de 2017. Revisado: 6 de marzo de 2018. Aceptado: 21 de marzo de 2018.

Reflection strategies for teaching of contaminants transport in porous media

Abstract— The intention of the university education is to provide professionals with the analytical capacity to respond to the problems faced by society in each discipline. In Civil Engineering, one of the challenges is the understanding of soil behavior, which implies the learning of different concepts that require specific competences. This article presents pedagogical strategies based on the reflection regarding mobility of contaminants, issues that could be useful to an engineer. The methodological structure of each strategy includes a common attitudinal objective, specific objective, resources, composition of the work team, time and description of the strategy based on critical thinking, social commitment, problem solving and oral communication. It is concluded that this pedagogical design can be implemented in other topics because it facilitates the transfer of knowledge, and that the evaluation of the knowledge appropriation by the students continues pending.

Keywords— reflection; strategy; pedagogy; soils.

1. Introducción

La tarea principal de las instituciones educativas es generar las condiciones pedagógicas y didácticas suficientes para que el

futuro profesional desarrolle su pensamiento y su autonomía intelectual, se nutra con el conocimiento y lo relacione con su contexto [1]. Esto probablemente justifique el por qué, actualmente las universidades y los centros de formación de profesionales y en general de cualificación del individuo realizan ajustes que pueden desencadenar incluso en reformas curriculares buscando responder a las demandas del entorno [2], esperando de esta forma, que los programas sean apetecidos por estudiantes con quienes se emplearán metodologías de enseñanza para que desarrollen las competencias que a futuro les permitan desempeñarse ocupacionalmente con mayor competitividad. Sin embargo, existe una gran dificultad para evaluar el grado de competencia de una persona, situación que se mide mediante tests, observaciones, entrevistas o autopercepciones [3].

En este artículo se plantean modelos de estrategias pedagógicas que le permitan al estudiante reflexionar alrededor de las implicaciones del transporte de contaminantes en suelos situación que pueden llegar a enfrentar durante el ejercicio de la ingeniería civil. Para ello se plantean estructuras metodológicas fundamentadas en la reflexión alrededor de resolución de problemas, pensamiento crítico, trabajo en equipo, comunicación oral y compromiso social, las cuales están en consonancia de manera transversal con las competencias específicas para Ingeniería Civil señaladas en el Proyecto Tuning para América Latina.

Justamente, dentro de las competencias específicas se señala la de interactuar con grupos multidisciplinarios. Por ello, un buen número de actividades en el aula se desarrollan mediante el trabajo en equipo por cuanto se busca que el estudiante se integre y colabore con otros para conseguir objetivos comunes, haciendo aportes, respetando a sus iguales y manteniendo el bienestar del grupo [3]. Sin embargo, existen otras estrategias que se realizan de manera individual por cuanto buscan, fortalecer una destreza particular en el individuo [4].

Ejemplo de ello son las exposiciones orales que dan soporte a la competencia lingüística, considerada según la retórica

Como citar este artículo: Serrano-Guzmán, M.F., Pérez-Ruiz, D.D., Torrado-Gómez, L.M., Solarte-Vanegas, N.C. and Sandoval-Posso, J.D., Estrategias de reflexión para la enseñanza de movilidad de contaminantes en medio poroso Educación en Ingeniería, 13(26), pp. 35-41, Julio, 2018.

clásica como “virtud oratoria” en la cual el individuo debe transmitir la información de forma correcta, clara y ordenada [5]. A nivel laboral, un individuo con buena capacidad comunicativa entreteje relaciones, contribuye a sustentar el clima organizacional y es más productivo [6] y está en capacidad de producir o comprender discursos a su contexto [7].

Por otro lado, el mundo actual está requiriendo profesionales con compromiso social, preparados para ejercer con eficiencia destrezas profesionales y conscientemente formados en sus deberes con la sociedad [8]; con pensamiento crítico fortalecido de manera que se protejan de creer lo que les dicen sin cuestionarse y capaces de reconocer que como individuos pensantes tienen la oportunidad de investigar por ellos mismos lo que conlleva al mejoramiento de la experiencia personal y social [9]. Si bien es cierto, cada programa académico tiene unas competencias específicas propias, las estrategias de reflexión planteadas para la enseñanza del transporte contaminantes le provee al futuro ingeniero civil herramientas que le permitirán un mejor desempeño durante el ejercicio ocupacional de su profesión.

2. Metodología

Se han seleccionado estrategias fundamentadas en las competencias que se espera adquiera el ingeniero civil alrededor del tema de transporte de contaminantes en medio poroso las cuales se sustentan en el aprendizaje+servicio. Cada estrategia metodológica preparada bajo un esquema de reflexión se compone de: objetivo de aprendizaje del curso según currículo, competencia que se espera fomentar, objetivo de la actividad, recursos necesarios, modalidad de trabajo, detalle de la actividad. Para el caso particular de este trabajo, las estrategias de reflexión presentadas para el curso de Transporte de Contaminantes en Medio Poroso tienen una habilidad actitudinal común definida por el equipo de trabajo que es:

Desarrollar habilidades necesarias para el desempeño ocupacional del ingeniero civil en la solución de problemas asociados al pensamiento crítico frente al uso del recurso hídrico, compromiso social sobre la relación entre el agua subterránea y el agua superficial, resolución de problemas para experimentación en suelos y habilidades comunicativas para la divulgación de resultados.

3. Reflexión para competencia de pensamiento crítico

El pensamiento crítico genera en el individuo habilidades cognitivas y disposiciones. Dentro de las cognitivas están la interpretación, análisis, evaluación, inferencia, explicación y autoregulación. Las disposiciones están asociadas con la naturaleza del ser humano como ser pensante que genera actitudes que le permiten mantener la mente abierta y de manera analítica, sistemática, inquisitiva y juiciosa llegar la verdad en determinado asunto, basándose en el razonamiento [10]. La estrategia aquí planteada le aporta al individuo habilidades para reflexionar, hacer juicios de valor y tomar decisiones que

desencadenan en la capacidad de emitir un juicio sancionatorio, en este caso.

Objetivo del curso: Realizar el balance hídrico de una cuenca.

Objetivos de la reflexión: Reconocer los procesos que afectan la calidad del recurso hídrico.

Recursos: Medios audiovisuales, hojas, computador, servicio de internet, aula de clase, lápiz, tablero.

Modalidad: Grupal

Composición de los grupos: La organización debe hacerse con grupos de números impares.

Duración: 45 minutos.

Descripción: El profesor plantea una situación hipotética de una comunidad. Como ejemplo:

Una comunidad adolece de sistema de distribución de agua para consumo. En la actualidad, los 390 habitantes distribuidos en 60 casas recogen el agua de los tejados de las viviendas durante el invierno y en la época de verano, la toman directamente de nacimientos o manantiales que llevan a la superficie el agua subterránea; en ambos periodos de tiempo, esta agua es almacenada en tanques [11]. En el último mes se han reportado 210 casos de enfermedades diarreicas relacionadas por la presencia de la bacteria *Escherichia coli* la cual al parecer había sido depositada deliberadamente en los tanques de almacenamiento. La junta de acción comunal inició una investigación para encontrar las personas responsables y exigir la reparación correspondiente. Producto de esta investigación se han señalado cinco posibles individuos con los siguientes perfiles: un comerciante de productos químicos para tratamiento de agua, un jardinero promotor de hidrosiembra para estabilización de taludes, un poeta, un deportista y un habitante de calle.

En cada equipo de trabajo, se solicita a los estudiantes que en 10 minutos indiquen en un papel dos de los cinco perfiles que pudieran pertenecer a las personas responsables de la contaminación de los tanques y además que indiquen las razones que motivaron su selección [12]. Antes de recoger las respuestas, el profesor anuncia que cada grupo tiene 5 minutos para revisar los roles y las razones y conclusiones correspondientes, y de hacer cambios si lo consideran pertinente.

El profesor escribe en el tablero los resultados y las razones y procede a totalizar la frecuencia de las selecciones de los grupos y las coincidencias en las razones.

Luego, el profesor devuelve los papeles que le fueron entregados y solicita al grupo que en 15 minutos indiquen [12]:

¿Qué criterio tuvieron para seleccionar en primera instancia los perfiles?

Cuando se le dio la oportunidad de revisar la selección hecha, ¿qué cambio realizó el grupo y cuál fue la razón para hacerlo?

¿Qué discusiones se generaron para hacer la selección o los cambios?

¿Cuáles son los detalles más significativos que los llevaron a determinar que cierto individuo podría haber contaminado las aguas?

El profesor recoge los resultados de las respuestas a estas preguntas y hace entrega de un nuevo cuestionario con las siguientes inquietudes:

Si se les informa que la Junta de Acción Comunal identificó que en el último mes una migración de patos salvajes pasó por la comunidad y las aves, en busca de agua, hicieron uso del agua de los tanques, por lo cual ninguno de los sindicatos sería responsable de la contaminación.

¿Cómo se sienten al respecto luego de haber realizado los señalamientos?

¿Por qué aceptaron tan fácilmente la decisión de la Junta de Acción Comunal respecto a los sindicatos?

¿Cuál es la enseñanza de este ejercicio?

¿En qué ocasiones del ejercicio del ingeniero civil pueden ocurrir hechos similares?

Reflexión para el cierre de la actividad: El profesor hace saber a los estudiantes que existen criterios discriminatorios en la sociedad en virtud de los cuales se culpa a los individuos por diferentes fallas o errores [12] sin tomar en consideración otros antecedentes. Esta actividad puede emplearse para introducir el tema de calidad de agua en los cursos de recursos hídricos.

Evidencias de aplicación de la estrategia de reflexión: Esta estrategia pedagógica fue adaptada para el curso de Proyectos de Construcción compuesto por 19 estudiantes, 17 de los cuales coincidieron en que prima el interés general que el particular. Este espacio de discusión sensibilizó a los futuros ingenieros sobre la importancia de priorizar inversiones en función no del número de personas beneficiadas sino en función del tipo del impacto positivo que se genera en una comunidad al momento de realizar las obras de infraestructura que verdaderamente se necesitan.

4. Reflexión para competencia de compromiso social

[13] denomina el momento actual como la edad del compromiso social, en donde se supera el concepto de extensión y se le da importancia a la contextualización del conocimiento, las implicaciones de la aplicación de este conocimiento en la sociedad, la transdisciplinariedad y el fomento hacia el aprendizaje colectivo. La estrategia aquí planteada es útil para el estudiante por cuanto le orienta sobre el impacto que tienen las decisiones ingenieriles en la comunidad, en lo que a aprovechamiento de agua subterránea se refiere, y le obliga a un aprendizaje colectivo.

Objetivo del curso: Comprender la interacción agua subterránea -agua superficial empleando modelación con herramientas computacionales.

Objetivos de la reflexión: Comprender los parámetros que rigen el movimiento en medio poroso empleando un tanque (modelo de acuífero) en dos dimensiones.

Recursos: Tanque modelo de acuífero, manguera, sal, agua, arena, cronómetro, conductímetro, lápiz y papel.

Modalidad: Individual

Duración: 90 minutos.

Descripción: En el modelo en dos dimensiones de un acuífero (Fig. 1) se puede comprender la interacción agua superficial y agua subterránea por cuanto en su construcción se contempló incluir la simulación de la existencia de un acuífero

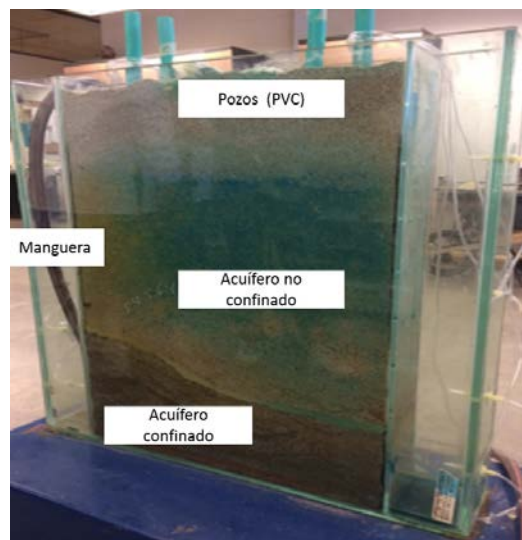


Figura 1. Esquema del acuífero
Fuente: Autores

confinado y uno no confinado con cuatro pozos de extracción, dos en cada acuífero, y en la parte superior, una sección que representara un lago o un río [14]. A continuación, durante 60 minutos, se siguen los siguientes pasos:

- Se procede a preparar una solución salina 0.1 M de NaCl.
- Se satura el acuífero con la ayuda de la manguera
- Se mide la conductividad inicial a cada lado del acuífero
- Se añade la solución de NaCl en un lado del acuífero
- Se abren las válvulas del costado opuesto para permitir la movilidad del agua y se mide la salinidad correspondiente en cada punto empleando el conductímetro.
- Se registra además la información del tiempo, con la ayuda del cronómetro.
- Se solicita al estudiante que realice un gráfico en Excel Concentración vs. Tiempo para cada punto de salida del agua. Se sugiere también, que asuma una reacción de primer orden para que estime la constante k para cada punto.

Durante el tiempo que ocurre la movilidad del agua, indique a los estudiantes que midan la concentración que se reporta en los cuatro pozos y que registren las diferentes alturas que se presentan en los pozos a medida que se va moviendo el agua. Se sugiere entonces que realicen un mapa que represente la movilidad de la salinidad de un extremo del tanque al otro, esto para la toma de decisiones para extracción de agua para consumo ya que, si el agua se saliniza, no puede ser consumida directamente. Se destinan 10 minutos de duración para esta actividad.

Posteriormente, se orienta que planteen soluciones que desde la perspectiva de ingeniería civil se pudieran emplear para desalinizar el agua de los pozos. Se dan 10 minutos.

Luego de este tiempo, se responde de manera individual la siguiente reflexión: 1) ¿Qué factores favorecen la movilidad de la solución salina? 2) Si al tiempo que se abren las válvulas en el extremo del tanque, se inicia la extracción de agua en el acuífero no confinado, ¿en qué tiempo se saliniza este acuífero? 3) ¿Qué efectos tiene el uso de agua con concentraciones de sal en las personas, los animales, las plantas y las cosas? Se dan 10 minutos.

Reflexión para el cierre de la actividad: El profesor puede apoyarse en los resultados del ejercicio práctico para explicar que los sistemas de agua superficial y subterránea están interconectados, razón por la cual la afectación de la calidad del agua compromete en su totalidad al componente hídrico. Evidentemente, también sirve para explicar los conceptos de abatimiento de acuíferos y capacidad máxima de bombeo en un pozo de extracción; además, como el material del acuífero puede modificarse, es posible estudiar el comportamiento de la movilidad de contaminantes para diferentes tipos de suelos.

Por otro lado, esta actividad aporta elementos pedagógicos para un curso de ecuaciones diferenciales, ya que es posible hacer uso de los datos de movilidad del trazador de un extremo a otro del tanque para determinar variables.

Evidencias de aplicación de la estrategia de reflexión: Esta experiencia fue replicada en un curso de maestría de Transporte de contaminantes en medio poroso el que participaron cuatro estudiantes y el 75% asimiló las ecuaciones de Jacob y Hantusch y el 100% comprendió que el abatimiento de un acuífero tiene repercusiones en la interacción agua subterránea-agua superficial.

5. Reflexión para competencia habilidades comunicativas

En la medida en que el ser humano desarrolle la capacidad de comunicarse, podrá construir relaciones sólidas [6]. Resulta fundamental que el estudiante aprenda a comunicarse tanto de manera oral como escrita y que reconozca que, en el caso de la comunicación escrita, esta se torna en un monólogo, razón por la cual, debe hacerse un uso adecuado de las palabras para que el lector comprenda el mensaje que lee sin necesidad de un interlocutor que se lo explique. La reflexión en la estrategia planteada pretende que el estudiante desarrolle la capacidad de síntesis manteniendo la relación de contenido entre dos fragmentos de un texto. Esto aproxima al futuro profesional a la práctica de emitir juicios técnicos partiendo de información (pruebas de campo, inspecciones, informes de terceros, etc.) preparada por otros.

Objetivo del curso: Desarrollar habilidad de comunicación oral y escrita.

Objetivos de la reflexión: Afianzar la capacidad de síntesis para la elaboración de resúmenes partiendo de la lectura de documentos en inglés y español.

Recursos: Artículos de la web, computador con Word o procesador de texto.

Modalidad: Grupal, mínimo 2 y máximo 3 participantes.

Duración: 20 a 30 minutos.

Descripción: El docente orienta a los grupos de trabajo para que elaboren un párrafo que defina porosidad de un suelo empleando dos oraciones en las que hagan uso de 20 a 25 palabras. Se conceden 10 minutos.

Posteriormente, se solicita que cada grupo lea la definición que estructuró y se selecciona, por votación, la mejor definición. Como lo recomienda el Centro de Desarrollo Docente de la Pontificia Universidad Católica de Chile en la ventana Actividades de Reflexión A+S “ningún grupo puede votar por su propia definición” [15]. En esta actividad se destinan 5 minutos.

Una vez seleccionada la mejor definición, se solicita al grupo que proceda a leer el siguiente párrafo tomado del artículo (The effective porosity and grain size relations in permeability functions” [16]:

“...In a permeability model, porosity function, expressed by factors of porous media parameters, applies only to flow pores. Following that fact, it was named effective porosity, that has direct impact on the amount of driving forces and indirectly participates in the conversion of specific surface value into a value of effective mean grain which is the carrier of drag resistance. Both forces affect the moving fluid and that makes effective porosity an active factor only to pores through which the water flows...” [16]

Y, que continúen con la lectura de la opinión de [17] sobre las dificultades para la determinación de la porosidad:

“...Prediction of porosity and permeability in subsurface deposits is of prime importance to hydrologists and reservoir engineers. These variables are notoriously difficult to predict on account of the large number of factors that influence the pore-size and shape distributions during and after deposition...” [17]

Posteriormente, se indica al grupo que proceda a complementar la definición que se seleccionó con la definición aportada por los párrafos que se transcribieron de [16] y [17]. Posteriormente, se invita a que los estudiantes escriban un párrafo que contenga por lo menos tres oraciones que contengan la definición de porosidad y la complejidad para la estimación de la misma.

Reflexión para el cierre de la actividad: Esta actividad puede realizarse con diferentes conceptos permitiendo que el estudiante entre en contacto con nuevos temas. La iniciativa de incluir textos en una lengua diferente a la materna pone en contacto al estudiante con el lenguaje técnico en otro idioma.

Evidencias de aplicación de la estrategia de reflexión: Esta estrategia pedagógica fue implementada en el Semillero de Gestión de Obras. Un total de 16 estudiantes participaron, agrupados libremente para trabajar diferentes temáticas. Se realizó el acompañamiento para la síntesis sobre diferentes temas de contratación pública. Hasta el momento han sido publicados tres trabajos en revistas internacionales y se participó con cuatro ponencias en el encuentro internacional de Facultades de Ingeniería organizado por ACOFI en septiembre de 2017, así como también dos trabajos fueron socializados en el Primer Encuentro Nacional de Semilleros de Investigación organizado por el Sena en la ciudad de Santiago de Cali en noviembre del mismo año.

6. Reflexión para competencia de resolución de problemas

En el caso particular de la reflexión propuesta, esta se encamina hacia el objetivo específico señalado por el Proyecto Tuning sobre la capacidad que debe desarrollar el estudiante (futuro profesional) para implementar la tecnología más apropiada para su contexto [18].

Objetivo del curso: Planear ensayos de laboratorio para identificación de propiedades del suelo.

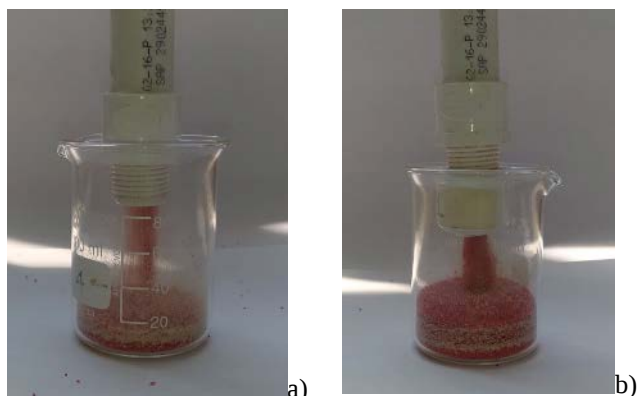


Figura 2. Llenado del beaker con diferentes boquillas
Fuente: Autores

Objetivos de la reflexión: Desarrollar un procedimiento estandarización de llenado de una columna de suelo.

Recursos: vaso de precipitado, embudo, arena de diferentes tamaños y colores, tubos, tapones con perforaciones de diferentes diámetros, cronometro, lápiz, papel, computador para elaboración de reporte y uso de Matlab para análisis de imágenes, cámara fotográfica, balanza.

Modalidad: Grupal, mínimo 2 y máximo 3 participantes.

Duración: 20 a 30 minutos.

Descripción: El docente entrega dos tipos de suelo a cada grupo de trabajo. Se solicita que se verifique el impacto que tiene el tamaño en la acomodación del material del suelo en la columna. Se proveen los tubos para que sean empleados en el llenado del beaker empleando diferentes tipos de boquillas a la salida, como se indica en la Fig. 2a y 2b.

Cada grupo de trabajo llevará un registro de tiempo y de la masa que queda finalmente depositada en el recipiente. Con la relación masa/tiempo determinará la velocidad de llenado. Durante el llenado, se tomarán fotos que permitan realizar la trazabilidad del proceso de acomodación de los granos. Para ello, el profesor suministrará un código desarrollado en Matlab para que los estudiantes analicen las imágenes de cada proceso de llenado, de modo que con el procesamiento de dichas imágenes se tengan criterios técnicos para la toma de decisiones sobre el mejor método.

Una vez determinada la razón de depositación de los granos con las diferentes boquillas y analizadas las imágenes, cada grupo elabora el procedimiento a seguir para que el material granular se acomode con la menor segregación en el beaker.

El procedimiento elaborado es validado por el resto de los grupos, para lo cual se entregan las instrucciones para la repetibilidad de la experiencia. El profesor junto con el grupo decide en consenso el mejor procedimiento en función de la menor variación de resultados.

Reflexión para el cierre de la actividad: Como complemento a la actividad de la segregación del material, el profesor puede aprovechar la experiencia para explicar la incidencia del método de llenado en el resultado de la masa unitaria suelta del suelo que se está incorporando al recipiente.

Evidencias de aplicación de la estrategia de reflexión: Esta experiencia fue replicada con estudiantes del semillero de Gestión de Obras en donde cuatro estudiantes realizaron los

ensayos y el mejor procedimiento se empleó en una investigación que está siendo adelantada por las universidades a las cuales pertenecen los autores de este artículo.

7. Discusión

En la actualidad existen fuertes discrepancias sobre lo que significa la competencia por lo cual ésta es difícil de medir o evaluar [3]. Las universidades, como toda organización, de manera periódica actualizan su currícula con herramientas metodológicas que satisfagan los requerimientos del entorno [2] buscando proveer a sus egresados las necesarias competencias para que sean competitivos.

A nivel del aula de clase es posible plantear iniciativas con las cuales el futuro profesional aprenda a integrarse y a mantener un ambiente de trabajo armonioso [3] respondiendo a las necesidades de la sociedad, desempeñándose en un ambiente multiprofesional en donde cada uno hace una contribución para obtener un producto final.

Así mismo, otro tipo de estrategias buscan mejorar la comunicación oral, ya que esta debe ser clara para que cumpla el objetivo del discurso como signo en la medida adecuada [5]. Según esto, el profesional debe alcanzar la competencia lingüística, discursiva y estratégica de modo que pueda iniciar y concluir cualquier intento de comunicación que realice [7]. Igualmente, debe estar en capacidad de generar pensamiento complejo, multidimensional, que en esencia relaciona el pensamiento crítico, el creativo y el valorativo [9]. Justamente, la importancia de reflexionar sobre el pensamiento crítico le permite al futuro ingeniero comprender la situación actual (línea base) y futura (desarrollo prospectivo) de una comunidad [1].

Las estrategias de reflexión desarrolladas en este artículo se diseñaron para que el futuro profesional analice aspectos significativos del transporte de contaminantes y encuentre aplicación en su ámbito laboral [19] y pueda desarrollar valores y actitudes [20].

Aunque este estudio continúa hacia la inclusión de estrategias que permitan evaluar la apropiación a largo plazo de los conocimientos sobre el tema de transporte de contaminantes en medio poroso y tópicos asociados, los investigadores involucrados en esta experiencia pedagógica consideran que los modelos de reflexión planteados permitieron la transferencia de conocimiento sobre interacción de agua subterránea y superficial; relación entre permeabilidad y tamaño del grano; efecto del tamaño del grano en el llenado de una columna para experimentación; entre otros aspectos, lo que se corroboró mediante técnicas como la observación dinámica grupal y el guión de evaluación, que también fueron empleadas por Ferrán-Zubillaga y Guinot-Viciano (2012).

Las estrategias de reflexión descritas en este estudio son ampliamente aplicadas en la metodología aprendizaje+servicio. Algunos referentes académicos que corroboran la eficacia de esta práctica pedagógica y sus correspondientes estrategias son:

Aprendizaje servicio como herramienta para inclusión social de los menores insertos en programas educativos en el marco residencial [21]. Con esta metodología se logró una mejora en la capacidad de relación social de los menores, aumento de su

autoestima y del autoconcepto como miembro proactivo, lo que redundó a su vez en su imagen social. En este estudio se hace énfasis en que, para producir un cambio en el niño, se requiere el concurso del entorno en el que este niño se desenvuelve, entretejiendo unas relaciones sociales seguras y reales.

Aprendizaje servicio para fortalecer competencias genéricas de Diversidad e Interculturalidad y Sentido Ético [22]. Un total de 80 estudiantes, organizados en grupos de 12-15, interactuaron en tres escenarios: los salones destinados a contenidos teóricos como charlas, conferencias y talleres; los grupos de reflexión para ir integrando la teoría y la práctica; y, por último, las tutorías. Estos estudiantes eran de Comunicación, Turismo, Trabajo Social, Administración de Empresas, Administración de Empresas e Informática. La experiencia central buscaba desarrollar un servicio solidario en la comunidad en donde estos estudiantes se desenvolvían, centrándose la práctica pedagógica en el fortalecimiento de actitudes y valores tales como la apertura a la realidad social y la sensibilidad hacia la exclusión social. Los resultados cuantitativos y cualitativos obtenidos validan la idoneidad de la experiencia. Las técnicas de evaluación empleadas fueron la observación dinámica grupal, las tutorías, guión de evaluación, memoria, principalmente.

Aprendizaje servicio en comunidades de aprendizaje [23]: en este estudio de tipo mixto, no experimental (Ex Post-Facto) se emplea el método de la codificación abierta de la teoría fundamentada aplicando un Cuestionario de Satisfacción del Voluntariado Universitario en Comunidades de Aprendizaje y tomando como base el diario de campo de los profesionales que intervienen. Los participantes coinciden en que lograron la apropiación de conceptos teóricos, mejorar sus habilidades sociales y comunicativas y adquisición de cualidades y competencias para el ejercicio profesional.

Aprendizaje servicio como un programa para la inclusión de personas con discapacidad, gitanos e inmigrantes [24]. En este caso, la competencia social estuvo centrada en el “Proyecto Vida Independiente” y la competencia comunicativa en el programa de radio “Los Bandidos de la Hoya” y el “Taller de Creación Literaria.

Aprendizaje servicio como estrategia para fomento de las competencias ciudadanas [25]. En este caso se parte de la observación participante apoyada en una guía de observación, se aplica una rúbrica para la autoevaluación. En esencia se generaron espacios para que los niños y adolescentes que participaron analizaran un problema de su comunidad, plantearan soluciones a situaciones públicas para adquirir las competencias ciudadanas.

Aprendizaje servicio para desarrollo de competencias en sostenibilidad [26] mediante estrategias diseñadas para evaluar el «Compromiso ético activo con los derechos humanos y con la sostenibilidad» y el «Compromiso ético activo con los derechos humanos, la igualdad entre hombres y mujeres y la sostenibilidad» medido a través de competencias para el análisis crítico y la reflexión sistémica, para la toma de decisión colaborativa y compromiso social valorado con competencias relacionadas con el sentido de la responsabilidad hacia generaciones presentes y futuras.

8. Conclusiones

En la actualidad existe una amplia oferta de programas educativos que esperan ofrecer los profesionales adecuados para el medio empleando para la transferencia de conocimiento diferentes actividades que se realizan en el aula o fuera de ella, esperando que la apropiación de este conocimiento se logre en cada uno de los individuos. Las estrategias de reflexión planteadas sitúan al estudiante en problemáticas específicas de su quehacer ocupacional permitiéndole tomar posturas para la toma de decisiones que conduzcan a las mejores soluciones técnicas. Cada docente puede desarrollar su propia estrategia pedagógica cimentada en la reflexión y debe establecer la correspondiente estrategia de evaluación acorde con la dinámica de trabajo realizada, ciñéndose en todo momento a los principios misionales de la Universidad.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo de la Pontificia Universidad Javeriana Cali y la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga que financiaron la investigación *Evaluación de parámetros para estudio de la movilidad de contaminantes en medio poroso* de la cual se derivaron las estrategias de reflexión presentadas en este trabajo.

Referencias

- [1] Vélez-Gutiérrez, C.F., Una reflexión interdisciplinar sobre el pensamiento crítico, *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 9(2), pp. 11-39, julio-diciembre, 2012.
- [2] Pérez-de Maldonado, I., Bustamante-Uzcátegui, S. y Maldonado-Pérez, M., El trabajo en equipo y el desarrollo de habilidades conversacionales en organizaciones educativas, *Omnia*, 15(3), pp. 78-96, 2009.
- [3] Ibarra-Sáiz, M., y Rodríguez-Gómez, G., Aprendizaje autónomo y trabajo en equipo: reflexiones desde la competencia percibida por los estudiantes universitarios, *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 14(4), pp. 73-85, 2011.
- [4] Tamayo, M., Besoain-Saldaña, A., Aguirre, M. y Leiva, J., Trabajo en equipo: relevancia e interdependencia de la educación interprofesional, *Revista de Saúde Pública*, 51, pp. 1-10, 2017. DOI: 10.1590/s1518-8787.2017051006816
- [5] Erren, M., La competencia comunicativa del orador, *Acta Poética*, 28(1), pp. 121-156, 2008.
- [6] Bermúdez, L. y González, L., La competencia comunicativa: elemento clave en las organizaciones, *Quórum Académico*, 8(15), pp. 95-110, enero-junio, 2011.
- [7] Viera-Bayeaux, I., Algunos criterios acerca de la competencia comunicativa, *EduSol*, 10(31), pp. 29-38, abril-junio 2010.
- [8] Muñoz-Gaviria, D.A., El compromiso social de las facultades de educación: reflexiones pedagógicas en torno a la educación y la crisis de la modernidad, *El Ágora USB*, [en línea], 11(1), pp. 125-152, enero-junio 2011. Disponible en: <http://revistas.usb.edu.co/index.php/Agora/article/view/390/149>
- [9] France, D.M., de la Garza, M.T., Slade, C., Lafortune, L., Pallascio R. y Mongeau, P., ¿Qué es el pensamiento dialógico crítico?, *Perfiles Educativos*, [en línea], XXV(102), pp. 22-39, 2003. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982003000400003
- [10] Facione, P.A., Pensamiento crítico: ¿Qué es y por qué es importante? [en línea]. 2007. Disponible en: <http://www.insightassessment.com/t.htm>
- [11] Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación Colciencias., Convocatoria ideas para el cambio, ciencia y TIC y para la paz. -Anexo 10 reto de ciencia y TIC Timbío Cauca, Julio 2017. [En

- línea]. [Último acceso: 22 diciembre 2017] Disponible en: <http://www.colciencias.gov.co/convocatorias/mentalidad-y-cultura/convocatoria-ideas-para-el-cambio-ciencia-y-tic-para-la-paz>
 - [12] Mercabá., Web Informativa de Católicos Hispano-hablantes, [En línea]. 2017. [Último acceso: 20 diciembre 2017]. Disponible en: <http://www.mercaba.org/Catecismo/DINAMICAS/Din%C3%A1micas%20de%20Reflexi%C3%B3n.htm>.
 - [13] García-Guadilla, C., El compromiso social de las universidades, Cuadernos del CENDES, [En línea]. 25(67), pp. 129-134, enero-abril, 2008. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40306707>
 - [14] Serrano-Guzmán, M.F., Pérez-Ruiz, D.D., Guzmán-Arias, D.A. y Forero-Sarmiento, J.C., Modelo físico de acuífero: su implementación para un curso de aguas subterráneas, Ciencia Docencia Y Tecnología, [En línea]. 48, pp. 209-223, 2014. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/145/14531006009/>
 - [15] Centro de Desarrollo Docente., Mitad y mitades, Campus San Joaquín: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2017.
 - [16] Urumović, K. and Urumović Sr., K., The effective porosity and grain size relations in permeability functions, Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss, 11, p. 6675-6714, 2014. DOI: 10.5194/hessd-11-6675-2014
 - [17] Alberts, L. y Weltje, G.J. Predicting initial porosity as a function of grain-size distribution from simulations of random sphere packs. In: Conferences IAMG, Sessions. [online]. 2017. Available at: <http://www.kgs.ku.edu/Conferences/IAMG/Sessions/H/Papers/alberts.pdf>
 - [18] Tuning América Latina., Reflexiones y perspectivas de la educación superior en América Latina, Publicación de la Universidad de Deusto, [en línea]. 2007, 432 P. Disponible en: http://tuningacademy.org/wp-content/uploads/2014/02/TuningLAIH_Final-Report_SP.pdf
 - [19] Arratia-Figueroa, A., Ética, solidaridad y aprendizaje servicio en educación superior, Acta Bioethica, 14(1), pp. 61-67, 2008. DOI: 10.4067/S1726-569X2008000100008
 - [20] Palomer, L., Humeres, P., Sánchez, A., González, S. y Contreras, A., Una experiencia de "aprendizaje-servicio": fomentando el desarrollo de valores en estudiantes de odontología chilenos, FEM: Revista de la Fundación Educación Médica, 16(2), pp. 91-96, junio, 2013. DOI: 10.4321/S2014-98322013000200007
 - [21] de León-Sánchez, B. y Silió-Sáiz, G., El aprendizaje servicio, una herramienta para inclusión social, International Journal of Developmental and Educational Psychology, [en línea]. 3(1), pp. 843-854, 2010. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/3498/349832326089.pdf>
 - [22] Ferrán-Zubillaga, A. y Guinot-Viciano, C., Aprendizaje servicio: propuesta metodológica para fortalecer competencias, Portularia, XII, pp. 187-195, 2012.
 - [23] Rodríguez-Gallego, M. y Ordóñez-Sierra, R., Una experiencia de aprendizaje-servicio en comunidades de aprendizaje, Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado, 19(1), pp. 314-333, abril 2015.
 - [24] Liesa-Orús, M., Descripción de escenarios de aprendizaje servicio en la universidad, Revista Educação Especial, 22(35), pp. 267-280, septiembre-diciembre, 2009.
 - [25] Pérez-Galván, L.M., y Ochoa-Cervantes, A.d.l.C., El aprendizaje-servicio (APS) como estrategia para educar en ciudadanía. ALTERIDAD, Revista de Educación, 12(2), 2017. DOI: 10.17163/alt.v12n2.2017.04
 - [26] Vázquez-Verdera, V., El aprendizaje-servicio: una estrategia para la formación de competencias en sostenibilidad, Foro de Educación, 13(19), pp. 193-212, julio-diciembre, 2015.
- M.F. Serrano-Guzmán**, es docente de ingeniería civil en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, Colombia. Dra. en Ingeniería Civil de la Universidad de Puerto Rico, recinto universitario de Mayagüez, MSc. en Ingeniería de la Universidad de Puerto Rico, recinto universitario de Mayagüez, Esp. en Ingeniería Ambiental de la Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Bucaramanga, Colombia. Esp. en Gerencia de Proyectos de Construcción, e Ing. Civil de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
ORCID:0000-0002-7366-6597.
- D.D. Perez-Ruiz**, es docente de ingeniería civil en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, Colombia. Dr. en Ingeniería Civil de la Universidad de Texas, Arlington, USA, MSc. en Ingeniería de Tránsito y Transporte de la Universidad del Cauca, Colombia. MSc. en Ingeniería Civil énfasis en Recursos Hídricos de la Universidad de Puerto Rico, recinto universitario de Mayagüez e Ing. Civil de la Universidad del Cauca, Popayán, Colombia.
ORCID: 0000-0002-9656-2803
- L.M. Torrado-Gómez**, es docente de ingeniería civil en la Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Bucaramanga, Colombia. MSc. en Geotecnia de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. Esp. en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles e Ing. Civil de la Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Bucaramanga, Colombia. Tecnólogo en Obras Civiles en la Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia. Subgerente de la empresa INGEAS SAS.
ORCID: 0000-0001-8941-7344.
- N.C. Solarte-Vanegas**, es Ing. civil de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, Esp. en transporte de la Universidad Nacional de Colombia, Esp. en ingeniería de caminos de montaña de la Universidad Nacional de San Juan, Argentina, título convalidado por el ICFES como Esp. en vías terrestres. MSc. de la Universidad del Cauca. Actualmente, directora del programa de Ingeniería Civil de la Universidad Pontificia Bolivariana Bucaramanga.
ORCID: 0000-0002-2392-3663.
- J.D. Sandoval-Posso**, es estudiante de Ingeniería Electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia. Monitor de Investigación del proyecto Evaluación de parámetros para estudio de la movilidad de contaminantes en medio poroso financiado por la Pontificia Universidad Javeriana de Cali y la Universidad Pontificia Bolivariana Bucaramanga.
ORCID: 0000-0002-6654-8883.

El potencial de los videojuegos como elementos del aprendizaje para los métodos futuros de enseñanza (online)

Daniel Jorge Montiel-García ^a, David Israel Cruz-Gómez ^a, Nelly Beatriz Santoyo-Rivera ^a, Nadia Deneb Palatto-Merino ^b & Ernesto Manjarrez-Estrada ^b

^a Departamento Maestría en Tecnologías de Información, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Irapuato, México. damontiel@itesi.edu.mx, dabircruz@hotmail.com, nesantoyo@itesi.edu.mx

^b Coordinación de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Irapuato, México. depalatto@itesi.edu.mx, ermanjarrez@itesi.edu.mx

Resumen— Los cambios tecnológicos impactan la forma en que desarrollamos nuestras actividades, nos brindan conocimiento en la palma de nuestras manos. Sin embargo, en México han tenido problemas para integrar los avances tecnológicos en sus estrategias de enseñanza aprendizaje. La educación online permitirá abatir el rezago educativo, llevando educación a las zonas más pobres y alejadas de México. A pesar de los beneficios de este modelo educativo, su impacto en la sociedad mexicana ha sido poco, por lo que en el presente trabajo se plantea el uso de videojuegos como una herramienta de aprendizaje para la enseñanza online. Nuestros resultados muestran la aportación de los videojuegos como herramienta de aprendizaje. Cuando los estudiantes juegan, se comprometen, lo que les permite adquirir y reforzar aquellos conocimientos que no estaban adecuadamente comprendidos.

Palabras Clave— papel de la tecnología; tecnología educativa; aprendizaje en línea; desarrollo de competencias; estrategias enseñanza.

Recibido: 27 de noviembre de 2017. Revisado: 20 de marzo de 2018. Aceptado: 5 de abril de 2018.

The power of videogames as methods for the future online learning

Abstract—Technological advances change the way that we manage our daily life. We have the knowledge of the world in our hands. Nevertheless, Mexico has had problems in the integration of the technological advances into education strategies. E-learning in Mexico has the potential to reduce educational lag, by providing education to the poorest and distant zones of Mexico. Despite the benefits of this educational model, its impact in the Mexican society has been low, because of that in this work we present the use of videogames as a tool for the e-learning. Our results show the contribution of videogames as a tool of learning. When the student's plays they involve in a virtual environment, these help them to acquire or reinforce knowledge.

Keywords— role of technology; education technology; e-learning; competency-based education; teaching strategies.

1. Introducción

El uso de videojuegos, como herramienta para facilitar el aprendizaje, ha sido una propuesta ampliamente estudiada [1,2,4,5,10]. Hasta el momento, no ha sido posible implementar videojuegos como modelo de aprendizaje, a pesar de las

múltiples ventajas que representan con respecto a los modelos actuales.

En estudios realizados con anterioridad se ha observado que los videojuegos tienen consecuencias positivas [4]. Revelan que el jugar videojuegos, reduce los tiempos de reacción, mejorando la coordinación mano-ojo de los jugadores [3]. Fomentan el procesamiento multisensorial de información, lo que activa grandes áreas del cerebro (Se activan los diversos centros de procesamiento sensorial relacionados con el uso de más de dos sentidos), cuando se compara con el procesamiento unisensorial. Se ha observado que este fenómeno facilita la memoria a corto plazo e incluso la memoria a largo plazo [11].

El aprendizaje personalizado es una característica de los videojuegos, ya que estos permiten resolver problemas de distintas formas, por lo que a su vez personalizan el aprendizaje acorde a los diferentes estilos de cada uno de los estudiantes (Kinestésico, Auditivo, Visual, entre otros.). Los videojuegos permiten nuevas estrategias que hacen más atractivo el trabajo en las aulas físicas y virtuales, debido al cambio tecnológico acelerado y cantidad de información a la que se tiene acceso. Su uso no es nuevo en el proceso de aprendizaje, en algunas áreas es muy común que se utilicen simuladores a los que podemos interpretar como una variante de videojuegos. Este método, tiene la ventaja de permitir llevar al participante a un escenario realista similar a los que enfrentará en su vida laboral. Es así como surgen diversas opiniones a favor y en contra; entre las que se intenta demostrar los posibles beneficios o consecuencias negativas, producto del uso del videojuego en las aulas de clase.

James Paul Gee hace énfasis en el diseño del videojuego, si se tiene un videojuego bien diseñado, se incentiva el aprendizaje [6]. Los seres humanos tienen la capacidad de almacenar experiencias necesarias para la solución de problemas, y los videojuegos pueden ser un medio para incentivar la elaboración de estrategias para facilitar dichos procesos.

Como citar este artículo: Montiel-García, D.J., Cruz-Gómez, D.I., Santoyo-Rivera, N.B., Palatto-Merino, N.D. and Manjarrez-Estrada, E., El potencial de los videojuegos como elementos del aprendizaje para los métodos futuros de enseñanza (online). Educación en Ingeniería, 13(26), pp. 42-46, Julio, 2018.

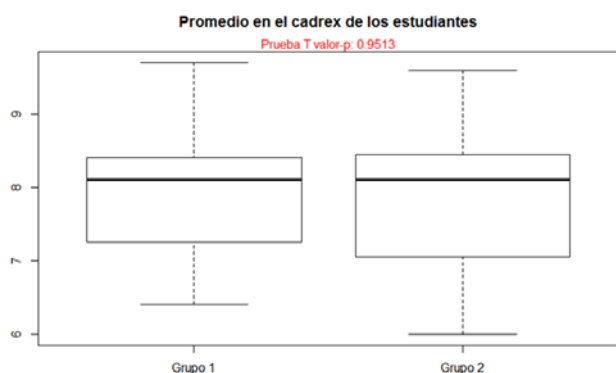


Figura 1. Diferencias en el promedio general de los estudiantes que conforman los grupos de prueba. Se observa que no existen diferencias estadísticas significativas en el desempeño escolar de ambos grupos. Se aplicó la prueba estadística T de Student en la que se obtuvo una correlación con un valor P de 0.9513.

Fuente: Elaboración propia.

2. Metodología

2.1. Selección de los participantes

Los participantes incluidos en el estudio corresponden a dos grupos de segundo semestre de preparatoria, pertenecientes al Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Irapuato. Los estudiantes no tenían conocimientos previos sobre biología vegetal, genética y genómica. La aplicación de los experimentos se realizó en el centro de cómputo de dicho instituto. Cada grupo de estudiantes fue etiquetado como grupo “1” y “2” respectivamente. El grupo 1 tiene un promedio general de 7.9 ± 0.8 . El grupo 2 tiene un promedio de 7.9 ± 1 . No se observa una diferencia significativa en las calificaciones entre ambos grupos Fig. 1.

2.2. Diseño del videojuego

Durante la fase de diseño, se tomó con especial atención la selección de los conceptos y competencias que se desean transmitir. Se realizó una búsqueda exhaustiva de la literatura científica, seleccionando los tópicos más importantes y difíciles de asimilar para ser integrados en una historia que permita la inmersión del jugador en un mundo virtual. El mundo virtual Fig. 2 desarrollado, promueve que cada jugador desarrolle las competencias y conocimientos de manera que pueda usarlos como herramientas para la solución de los problemas planteados en los diferentes niveles del videojuego. Se consideró con especial atención el balance de dificultad, no simplista, pero tampoco complejo como para que les resulte frustrante o en su momento aburrido.

La historia está enmarcada en un futuro distante, año 2083. El planeta se encuentra invadido secretamente por una raza alienígena que pretende consumir los recursos de la tierra mediante el cultivo de plantas alienígenas. Las plantas de la tierra no pueden competir con las plantas alienígenas, por lo que son llevadas casi al borde de la extinción, solo es cuestión de tiempo para que la vida, como la conocemos, siga el mismo

camino. Afortunadamente, la tierra cuenta con grandes mentes en los centros de investigación, los cuales toman cartas en el asunto para diseñar una solución que contrarreste el problema.

El primer nivel se llama: “captura de plantas alienígenas para su estudio”; en esta actividad debe de buscar plantas color azul y flores de 7 pétalos (Características no encontradas en ninguna planta conocida en la tierra).

El nivel dos: “Ataque de los alienígenas al laboratorio de investigación”, en este nivel el protagonista debe de buscar la salida de un laberinto, adicional a esto debe encontrar las notas de los investigadores donde se describen conceptos importantes de la biología vegetal, mismos que serán indispensables en los desafíos subsiguientes.

Nivel tres: “Colecta de plantas resistentes a las plantas alienígenas”, tal como sucede en la naturaleza, las plantas cuando se ven sometidas a estrés medioambiental buscan adaptarse para sobrevivir, la naturaleza no se rinde sin dar pelea. Mediante el estudio genético de plantas resistentes, se puede identificar los fragmentos de código genético que les brinda su característica de resistencia. Por esta razón, el protagonista deberá de identificarlas y recolectar las plantas resistentes a la invasión.

Nivel cuatro: “Potenciación de plantas resistentes”, el protagonista debe de identificar y potenciar los fragmentos del genoma que brindan la resistencia a las plantas terrestres. Se integran conceptos complejos como: adn, genoma, fenotipo, genotipo entre otros.

Nivel cinco: “Terapia génica”, los investigadores han sintetizado un agente que permitirá a las plantas incorporar en su código genético el mecanismo para resistir y competir a la invasión de plantas alienígenas. En los diferentes niveles se plantean desafíos, de manera que los estudiantes adquieren, sin darse cuenta, los conceptos y competencias que se buscaban transmitir por medio videojuego.



Figura 2. En la figura se muestra la descripción gráfica del videojuego, se muestran los personajes más importantes (panel superior) diseñados de manera que sean atractivos visualmente para un público joven. Se muestra en la parte inferior izquierda algunos de los niveles que los estudiantes tienen que superar mediante la aplicación adecuada de conceptos abstractos, como lo son: fotosíntesis, plantas monocotiledóneas, dicotiledóneas, código genético, ADN, fenotipo, genotipo entre otros.

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Aplicación del videojuego

Previo a la aplicación del videojuego se realizó un examen diagnóstico para identificar los conocimientos previos acerca del tema que tenían los estudiantes del grupo 1 y 2. La evaluación de la eficacia del videojuego se compuso de dos fases: En la primera fase, se buscó evaluar el videojuego como eje fundamental de la adquisición de conocimiento, se aplicó al grupo 1 y solo se impartieron las instrucciones básicas para operar los comandos básicos del videojuego. En este experimento los estudiantes no conocían los temas que abarcaba el videojuego. Tras completar el videojuego se les realizó una evaluación de 15 preguntas relacionadas con los conceptos y competencias objetivo. En el segundo experimento se busca evaluar al videojuego como una herramienta de refuerzo del aprendizaje. Fue aplicado al grupo 2 y para esto se impartió una clase con los conceptos relacionados al videojuego. Dentro de la clase se utilizó material gráfico y textual. Al terminar la clase se realizó una evaluación de 15 preguntas relacionados con los tópicos de la clase. Posterior al examen se les presentó el videojuego, se les impartió una breve sesión informativa acerca de los comandos básicos del mismo. Una vez que los estudiantes completaron el juego, se les realizó una evaluación para medir el impacto que tuvo el videojuego en la retención de conceptos.

3. Resultados

3.1. El videojuego como eje fundamental del conocimiento

Esta parte del experimento fue aplicada a los estudiantes del grupo 1. Se aplicó un examen diagnóstico sobre conceptos de Biología y Genética, en el que se obtuvo una calificación promedio de 4.1 ± 1.6 . En una segunda etapa, se les instruyó sobre los controles básicos necesarios para operar el videojuego. Al completar el videojuego se les aplicó un examen de evaluación sobre los temas del videojuego. Los estudiantes obtuvieron una calificación promedio de 6.8 ± 1.3 Fig. 3. El videojuego cumplió su cometido como herramienta de aprendizaje, se retuvieron en promedio el 68% de los conceptos. Se aprendieron conceptos de complejidad elevada para estudiantes de educación media superior. Algunos de los elementos de mayor complejidad: genotipo, fenotipo y tipos particulares de plantas acorde a su clasificación taxonómica. Debido a la complejidad de los conceptos, es interesante hacer notar que los estudiantes de manera autodidacta dirigidos por el videojuego, alcanzaron una calificación promedio de 6.8 en la evaluación realizada de manera posterior.

Cada estudiante personalizó el videojuego acorde a sus estrategias de aprendizaje y se observó que algunos estudiantes trataron de mecanizar el videojuego, lo que significa que prestaron más atención a cumplir con los objetivos particulares del videojuego acorde a su estilo de aprendizaje. Nuestra interpretación es que fenómeno se debe a los diferentes estilos de aprendizaje de los estudiantes, se observa que aquellos que mecanizan, son estudiantes que prefieren aprender practicando en un modelo tradicional de aprendizaje, y este tipo de estudiantes se sienten frustrados y se distraen con facilidad.

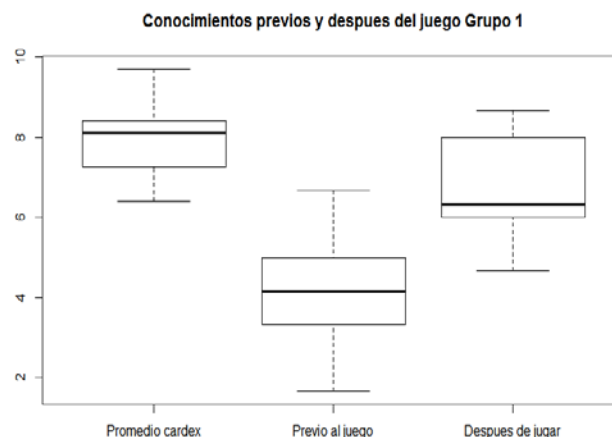


Figura 3. Evaluación del desempeño del uso de videojuegos como elemento principal para la adquisición de conocimientos. En la figura se puede observar el conocimiento previo que los estudiantes tenían acerca de los conocimientos objetivos del videojuego (columna 2). Se obtuvo un 27% de mejora en el aprendizaje tal como se aprecia en los resultados de la evaluación después de la aplicación del videojuego (columna 3).

Fuente: Elaboración propia.

3.2. El videojuego como un elemento de refuerzo del aprendizaje

En esta parte del experimento se buscó realizar una evaluación del desempeño de los videojuegos cuando se compara con el modelo tradicional de clases y su impacto posterior como herramienta de refuerzo del aprendizaje. Se implementaron 4 etapas, las cuales se aplicaron a los estudiantes que conformaban el grupo 2. En la primera etapa se aplicó un examen diagnóstico sobre los temas de Biología y Genética como objetivo del experimento. El resultado de la evaluación diagnóstica fue de 2.9 ± 1 ; tomando en cuenta que la calificación máxima en las es 10 y la mínima es 0. Se observa que los estudiantes poseen poco conocimiento acerca de los temas a desarrollar. La segunda etapa consistió en impartir una clase siguiendo el método tradicional donde el maestro expone los temas. Los tópicos de la clase son los temas, objetivo del aprendizaje. La tercera etapa, consistió en la evaluación de los estudiantes con la finalidad de medir el aprendizaje logrado. Resultado de la evaluación, se obtuvo como resultado una calificación media de 7.3 ± 1 . La cuarta etapa, consistió en que los estudiantes jugaran el videojuego seguido de una evaluación. En los resultados de esta etapa se obtuvo una pequeña mejora con una media de 7.4 ± 1.1 Fig. 4.

Es importante resaltar que en el experimento aplicado al grupo 1, solo estuvieron en contacto con los conceptos en una sola ocasión cuando jugaban el videojuego y obtuvieron una calificación promedio de 6.8 ± 1.3 . Mientras que los estudiantes pertenecientes al grupo 2, estuvieron expuestos a un proceso de retroalimentación en dos ocasiones, mientras se les impartía la clase y posteriormente cuando completaron el videojuego, logrando una calificación promedio de 7.4 ± 1.1 .

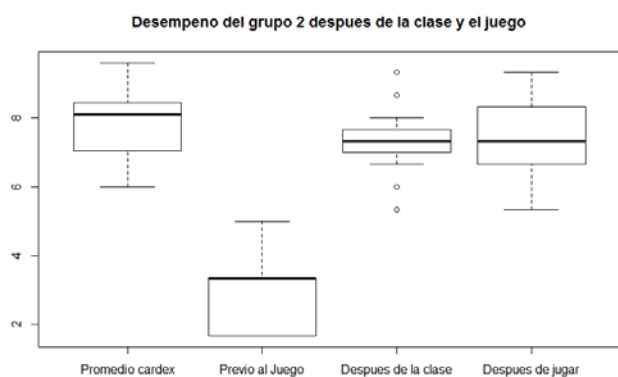


Figura 4. Resultados de la adquisición de conocimiento, después de impartir una clase tradicional y usar el videojuego como elemento de refuerzo. Se obtuvo una mejora del 44% después de impartir la clase (columna 3). En la columna 4 se observan los resultados de la mejora (1%) en el aprendizaje después de jugar. Fuente: Elaboración propia.

4. Discusión

Considerando el desempeño general de los grupos como parámetro objetivo del aprendizaje, se observa que ambas aplicaciones, tanto el videojuego como la clase tradicional, obtienen buenos resultados, pues alcanzan un aprendizaje promedio de 6.8 y 7.3, siendo la clase tradicional (el maestro expone los conceptos) el modelo que les permitió tener un mejor desempeño. Los resultados son consistentes con los estudios previos, ya que no hay diferencia en el aprendizaje de videojuegos cuando se compara con el aprendizaje tradicional. Sin embargo, se observa un compromiso superior con los conocimientos cuando se aprende jugando [1].

Con esto, podemos especular que este comportamiento se debe principalmente a dos factores: el primer factor, los estudiantes llevan toda su formación académica bajo este modelo de la clase tradicional, lo cual de cierta manera predispone a los estudiantes a ser más receptivos cuando se sienten en un escenario relacionado con el aprendizaje. Sin embargo, somos conscientes de que los videojuegos consumen la atención de los niños y adolescentes [3], el segundo factor, durante la clase existe un proceso de retroalimentación, cuando el estudiante formula preguntas hacia el maestro de elementos que no comprendió adecuadamente. Esta retroalimentación contribuye significativamente a la retención del conocimiento. Sin embargo, debemos considerar estudios realizados por otros investigadores que sugieren que la mejora en el aprendizaje se tiene conforme los estudiantes pasan tiempo jugando y se observan resultados prometedores en la adquisición de conocimientos a largo plazo [4]. Cuando los videojuegos se utilizan en conjunto con las clases, permiten mejorar la retención de conocimientos, en nuestro experimento la mejora fue del 1% por lo que especulamos que esto se debe a que los videojuegos permiten un aprendizaje adaptativo acorde a los diferentes estilos de aprendizaje de los estudiantes [5].

Es importante señalar, que las nuevas generaciones son introducidas a ambientes virtuales desde muy temprana edad, por lo que las formas de aprendizaje cambian con el paso de las

mismas [10]. Desde niños están rodeados de dispositivos inteligentes que permiten aplicaciones de ambientes virtuales, aunado a un sin fin de información disponible en el internet, por eso, no es de extrañar que las formas de enseñanza tradicionales están siendo presionadas para adaptarse a los cambios generacionales y tecnológicos.

Sin embargo, la transición tecnológica de las técnicas de enseñanza aprendizaje presenta múltiples desafíos. Uno de los desafíos más importantes en el diseño de un videojuego con fines educativos, es el nivel de dificultad, de manera que sea desafiante y al mismo tiempo se pueda disfrutar [6]. También debemos ser capaces de aplicar la transferencia de contexto, esto significa que, lo aprendido en un contexto, debe de poder ser transferido a otro contexto [8,9].

5. Conclusiones

En el estudio, se observa la potencialidad de los videojuegos como herramienta para la educación a distancia (online), los resultados muestran que aún no alcanza su madurez para el aprendizaje. Para alcanzar el siguiente nivel de madurez es indispensable la inclusión de la interacción social como parte de los videojuegos educativos.

Por ello, el potencial de los videojuegos como herramienta para la educación a distancia (online), es mayor, al ser un ambiente virtual de aprendizaje (AVA) en el que las diversas herramientas tecnológicas son ejes fundamentales del conocimiento. Incluso, entre más herramientas, elementos y estrategias integren un AVA, mayores posibilidades de adquisición del aprendizaje tendrán los participantes.

La transición de la educación presencial a la educación a distancia llevará tiempo y madurez, por lo que será necesario estudiar el comportamiento de la población en dicha transición y el cambio en los estilos y formas de aprender. Sin embargo, es muy probable que nuestros futuros descendientes sólo conozcan las aulas de clase a través de los libros de historia.

Referencias

- [1] Annetta, L.A., Minogue, J., Holmes, S.Y. and Cheng, M.T., Investigating the impact of video games on high school student's engagement and learning about genetics., *Computers & Educations*, 53(1), pp. 74-85, August, 2009. DOI: 10.1016/j.compedu.2008.12.020
- [2] Griffiths, M., The educational benefits of videogames, *Education and Health*, 20(3), pp. 47-51, 2002.
- [3] Martínez, M, Ruiz, G. y Fossi, K., Los videojuegos como estrategia didáctica para el proceso de enseñanza-aprendizaje de los niños cursantes de 4to. Grado sección "A" Escuela Básica Nacional La Owallera, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico "Rafael Alberto Escobar Lara", Maracay, Estado Aragua, Venezuela, 2013.
- [4] Cheng, M.T., Lin, Y.W. and She, H.C., Learning through playing virtual age: exploring the interactions among student concept learning, gaming performance, in-game behaviors, and the use of in-game characters. *Computers & Educations*, 86, pp. 28-29, 2014. DOI: 10.1016/j.compedu.2015.03.007
- [5] Soflano, M., Connolly, MT. and Hainey, T., An application of adaptive games-based learning based on learning style to teach SQL., *Computers & Educations*, 86, pp. 192-211, 2015. DOI: 10.1016/j.compedu.2015.03.015

- [6] Gee, J.P., What video games have to teach us about learning and literacy, *Revista ACM Computers in Entertainment*, 1(1), pp. 20-20, 2003. DOI: 10.1145/950566.950595
 - [7] Valle, A., Rodríguez, S., C.R.G., Núñez, J.C. y González-Piende, J.A., *El estudiante eficaz*. Madrid: CCS., 2007.
 - [8] Forgarty, R. and Perkins, D., *The mindful school: how to teach for transfer, teach for transfer*, Iri/Skylight Training & Publishing, 1999.
 - [9] Salomon, G. and Perkins, D., *Teaching for transfer*, *Journal Educational Leadership*, 46(1), pp. 22-32, 1988.
 - [10] Prensky, M., *Don't bother me, mom, I'm learning! How computer and video games are preparing your kids for 21st Century success and how you can help*. St Paul: Paragon House, Mark Prensky., 2003.
 - [11] Shams, L. and Seitz, A.R., Benefits of multisensory learning, *Trends in Cognitive Sciences*, 12(11), pp. 411-417, 2008. DOI: 10.1016/j.tics.2008.07.006
- D.J. Montiel-García**, recibió el título de Ing. en Sistemas Computacionales en 2008 por el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, de MSc. en Ciencias de la Computación en 2011 por el Tecnológico de León y de Dr. en Biotecnología en 2016 por el Centro de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Se vinculó al Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Irapuato en el año 2007 como profesor titular. Sus intereses investigativos incluyen: simulación, modelado de sistemas biológicos con un amplio interés en las proteínas de cápside viral, técnicas de machine learning e inteligencia artificial, robótica y nano tecnología.
ORCID: 0000-0002-5915-7016
- N.B. Santoyo-Rivera**, recibió el título de Ing. en Sistemas Computacionales en 2005 por el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, de MSc. en Ciencias de la Computación en 2007 por el Tecnológico de León. Se vinculó al Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Irapuato en el año 2007 como profesor titular en el año 2008. Sus intereses investigativos incluyen: diseño de sistemas informáticos, dirección y gestión de proyectos de software, técnicas de inteligencia artificial. Certificada como instructora por CONOCER y por Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable.
ORCID: 0000-0002-0543-038X
- D.I. Cruz-Gómez**, recibe el grado de Maestro en Tecnologías de la Información en 2015 por parte del Instituto Tecnológico Superior de Irapuato. Actualmente se desarrolla como programador para el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional(CINVESTAV), unidad Irapuato. Cuenta con una amplia experiencia en el desarrollo de sistemas Web.
ORCID: 0000-0001-9846-8063
- N.D. Palatto-Merino**, recibe el título de Lic. en Educación Física en el 2005, por el C.E.S.E.E.; el título de Lic. en Psicología Organizacional por la Universidad de León en el 2008 y el título de MSc. en Enseñanza con especialidad en educación superior por el Instituto Irapuato en el 2011. Ha trabajado en la docencia en nivel medio superior y superior desde el 2001, como coordinadora de la carrera de psicología en el 2010 y como maestra en posgrado desde el 2014 en Instituto Irapuato; como instructora de capacitación para docentes, asesora, desarrolladora de contenidos, configuración en plataforma Moodle, monitor de cursos en línea, tutor en virtual desde el 2008 y en presencial como coordinadora de tutoría en Ing., sistemas desde 2016. Certificada como instructora por CONOCER y por Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable. Elaboración de contenidos en línea para ITESI, DGEST, SICES. ORCID: 0000-0002-8314-1540
- E. Manjarrez-Estrada**, recibe el título de Ing. en Sistemas Computacionales en el año 2004, por el Instituto Tecnológico de Celaya. Desde 1999 hasta la fecha ha trabajado en varias empresas de servicios informáticos; de igual forma ha implementado soluciones en base a desarrollo de software, instalación de redes y capacitación informática a personal, en diversos hospitales. Ha trabajado en la docencia en nivel superior desde el 2010, como docente en las modalidades de cuatrimestral, semestral y virtual, siendo en ésta última, desarrollador de contenidos, configurador en plataforma Moodle, tutor y monitor de cursos en educación a distancia, en el ITESI. Elaboración de contenidos en línea para ITESI, DGEST, SICES.
ORCID: 0000-0001-6866-6413

Visualización, experimentación y discusión: estrategia didáctica en la enseñanza-aprendizaje de la mecánica de materiales

Jorge Olmedo Montoya-Vallecilla

Facultad de Ingeniería, Universidad de Ibagué, Ibagué, Colombia. Jorge.montoya@unibague.edu.co

Resumen— En este paper se propone una metodología para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje de Mecánica de Materiales en cursos de ingeniería. La metodología fue empleada durante seis periodos académicos en el programa de Ingeniería Civil en la Universidad de Ibagué. Comprende tres etapas: observación de fenómenos, ecuaciones constitutivas y experimentación. En la primera, los estudiantes observan los fenómenos relacionados con los tópicos a estudiar, en la segunda, profundizan en la conceptualización teórica y realizan deducciones matemáticas y en la tercera, los estudiantes elaboran modelos físicos y matemáticos que les permiten medir deformaciones lineales y calcular esfuerzos y propiedades mecánicas. La metodología fue implementada como un intento de reducir los altos niveles de deserción y número de estudiantes reprobados que se presentaban en la universidad, ante un enfoque metodológico tradicional de clases magistrales. Como resultado se consiguió una reducción en la deserción y un mayor rendimiento académico de los estudiantes.

Palabras clave— enseñanza; mecánica de materiales; formación por proyectos; educación en ingeniería.

Recibido para revisar Enero 16 de 2018, aceptado Abril 16 de 2018, versión final Mayo 03 de 2018

Visualization, experimentation, and discussion: a strategy for teaching-learning of mechanics of materials

Abstract— This paper presents a theoretical and practical methodology to improve the teaching-learning process of Mechanics of Materials. The methodology was used during six academic periods in the Civil Engineering Department of Universidad de Ibagué. It comprises three stages: observation of the phenomena, study of constitutive equations, and experimentation. In the first stage, students observe phenomena related to the topics of study, in the second stage, professor and students deepen into the theoretical conceptualization of the observed phenomena, deduce the mathematical equations of practical use for the phenomena, and solve implementation problems. In the third stage, students build mathematical and physical models as a course project. The methodology was implemented as an attempt to reduce the high levels of desertion and failure, and to contrast the traditional teaching methodology where the lecturer teacher is the center of the learning process. With the proposed methodology desertion decreased and students' performance increased.

Keywords— teaching; mechanics of materials; project based learning; engineering teaching.

1. Introducción

La apropiación de los conocimientos básicos de esfuerzo y deformación en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Mecánica de Materiales supone un reto para docentes y

estudiantes de Ingeniería, debido a los altos componentes analíticos y teóricos. El estudio y la comprensión de fenómenos asociados a la Mecánica de Materiales son fundamentales en la formación y posterior desempeño profesional de algunas ingenierías, como es el caso de Ingeniería Civil. Dada la importancia de la Mecánica de Materiales, se requiere de la implementación de metodologías activas que favorezcan la inserción de los estudiantes en su proceso formativo, favoreciendo una apropiación lógica y estructurada del conocimiento y facilitando su permanencia en el tiempo. Dentro de los aspectos curriculares recomendados por organizaciones de inspección y control como el Ministerio de Educación Nacional de Colombia, en procesos de registro calificado y acreditación, está el que los programas de ingeniería propendan por la experimentación y la solución de problemas e incorporar estos aspectos en su currículo. Pero esta experimentación debe estar orientada a la solución de problemas prácticos y de la vida real, que permitan al estudiante ambientarse y enfocarse en cómo el conocimiento adquirido puede aplicarse en su profesión. En realidad, egresados de algunas ingenierías salen con buenos fundamentos en la ciencia de la ingeniería, pero no saben cómo aplicarlos en la práctica. [1] Esto indica que se debe profundizar en el conocimiento conceptual. El conocimiento conceptual se usa para conceptualizar experiencias; esto es, describir o diseñar, ya sea que se trate de sistemas existentes o sistemas nuevos. Si se profundiza en el conocimiento conceptual incrementan las posibilidades de que los egresados tengan mayor claridad en cómo aplicar el conocimiento en la vida profesional [2].

La Mecánica de Materiales debe entenderse como un todo integrado por partes conexas entre sí. Todos los temas deben estar comprendidos en un contexto global: el de los esfuerzos y las deformaciones. Observaciones y estudios han demostrado que a los estudiantes se les dificulta observar la conexión global entre los diferentes temas de la asignatura y que incluso los más brillantes tienen dificultades para recordar algunos conceptos poco tiempo después de tomado el curso [3]. Si bien, esta aseveración es cierta, no es menos cierto que la mayoría de estos estudiantes han sido expuestos a ambientes formativos poco

Como citar este artículo: Montoya-Vallecilla, J.O., Visualización, experimentación y discusión: estrategia didáctica en la enseñanza-aprendizaje de la mecánica de materiales. Educación en Ingeniería, 13(26), pp. 47-53, Julio, 2018.

dinámicos, con poco o nada de experimentación y con un enfoque teórico matemático, que, si bien es fundamental y necesario, requiere de comparaciones y comprobaciones físicas y visuales para garantizar y favorecer una adecuada apropiación del conocimiento [4].

La aparición en los años recientes de las nuevas tecnologías de comunicación y el fácil acceso que tienen los estudiantes a estas herramientas, motivan a que estos últimos tengan un papel más protagónico y activo en su proceso de enseñanza-aprendizaje. Lo anterior indica que es necesario que en los cursos de ingeniería y en el caso particular, de Mecánica de Materiales, se adopten metodologías activas de aprendizaje, en las que los estudiantes controlen espacios y tiempos de aprendizaje. De hecho, los enfoques de clase magistrales en los cursos de ingeniería han demostrado ser inefectivos, no llevan al desarrollo de habilidades avanzadas de solución de problemas, no generan pensamiento creativo o crítico y tampoco preparan a los estudiantes para el tipo de problemas que tienen que enfrentar en la vida profesional [5]. Se requiere, por tanto, un equilibrio en el cual el estudiante participe activamente en los modos y tiempos de apropiación del conocimiento, al tiempo que el docente ejerce un rol de facilitador y mediador en la adquisición de dicho conocimiento. Se requiere además que el docente comprenda el carácter individual de adquisición del conocimiento. De acuerdo con algunos autores [6] los estudiantes tienen múltiples formas de aprender, entre ellas, por visualización y construcción de modelos y que, por lo tanto, debe haber un balance entre las situaciones de la vida real, las teorías y los modelos matemáticos para permitir a los estudiantes demostrar comprensión en diferentes representaciones. Es recomendable que exista un balance entre la información concreta y la abstracta que se imparte en los cursos. [7]

En un curso tradicional de Mecánica de Materiales se hace uso de las ecuaciones y las representaciones gráficas de los fenómenos para lograr la comprensión de los conceptos. Ambos cumplen una función importante en el aprendizaje y bajo ninguna circunstancia deben ser dejados de lado. No obstante, ellos solo corresponden a una porción pequeña en la práctica de la ingeniería [8] Otros autores [9], [10] están de acuerdo en que las habilidades de los ingenieros no solamente se fundamentan en las ecuaciones y representaciones formales sino también en el uso de herramientas, materiales y en la interacción con los demás.

Las representaciones externas son importantes en la práctica profesional de la ingeniería ya que transforman los conceptos y los procesos en formas simbólicas y visuales que son requeridos para el desarrollo de ideas, objetos y relaciones [11]. Bajo este contexto, la experimentación, la visualización y el aprendizaje basado en proyectos y en problemas cobran gran importancia en el desarrollo de contenidos de la Mecánica de Materiales, así como en la formación de los ingenieros, toda vez que los proyectos de diseño y los experimentos para demostrar conceptos de mecánica, son dos formas en las que se puede mejorar el aprendizaje en los cursos de ingeniería a nivel de pregrado [12].

La metodología utilizada en el presente estudio puede enmarcarse tanto en la formación basada en proyectos como en

la formación basada en problemas. La formación basada en problemas, por un lado, está relacionada con la adquisición del conocimiento, mientras que la formación basada en proyectos está dirigida a la aplicación de un conocimiento, más allá de que ambas se fundamenten en principios de colaboración, orientación multidisciplinar y autodirección [13]

En realidad, la metodología aplicada en el presente estudio usa ambos enfoques por etapas según el progreso y la iniciativa de los estudiantes. Mientras, por un lado, los estudiantes controlan parte del contenido e interactúan en grupo, en tanto que el profesor determina el proyecto, por otro lado, el proyecto de asignatura es una actividad principal en la metodología y puede decirse que la dominante, condición necesaria para la formación por proyectos [14]. Debe entenderse la solución de problemas como un elemento esencial en los cursos de Ingeniería. Se ha probado que los estudiantes entienden con más facilidad las teorías de Ingeniería cuando hay una aplicación práctica en ella. Históricamente la teoría por sí sola ha llevado a niveles más bajos de comprensión y motivación y por consiguiente a mayores índices de mortalidad y deserción. [15].

Debido a resultados tangibles como la dificultad en la apropiación del conocimiento, el bajo rendimiento académico y la alta deserción que se presentaba en la asignatura Mecánica de Materiales en el programa de Ingeniería Civil de la Universidad de Ibagué (Figs. 1-2) , se observó la necesidad de emplear una metodología de enseñanza que permitiera una mejor comprensión de los tópicos de la asignatura por parte de los estudiantes, por lo cual se trazaron dos objetivos: el primero, mutar hacia una pedagogía activa en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Mecánica de Materiales, en la cual el estudiante se convirtiera en protagonista de su proceso formativo y el docente asumiera un rol de facilitador y guía en dicho proceso, sin renunciar al rigor matemático y conceptual; el segundo, reducir los niveles de mortalidad de la asignatura, incrementar la capacidad argumentativa y analítica de los estudiantes y mejorar el desempeño académico en asignaturas avanzadas del área de estructuras.

2. Metodología

El estudio se llevó a cabo durante seis periodos académicos en un programa de Ingeniería Civil, iniciando en el segundo semestre de 2012 (2012B). Se impartieron 9 cursos en los cuales participaron 367 estudiantes pertenecientes al 5to semestre de un programa de 10 semestres de duración. Los estudiantes fueron expuestos a un enfoque pedagógico activo en el cual ellos mismos participaban de la construcción propia del conocimiento. En la aplicación de la metodología, las dos horas de clase se dividían en seis sesiones, las cuales se enumeran en la Tabla 1.

El profesor llevaba a las sesiones de clases, modelos físicos representativos de los fenómenos a estudiar. Esto es, se abrieron espacios de participación y discusiones grupales a partir de la presentación de diferentes tipos de modelos físicos simples para cada tema. Para esto, el docente, por medio de modelos físicos, realizaba experimentaciones que describían el fenómeno o concepto a estudiar (observación de fenómenos), esto, con la

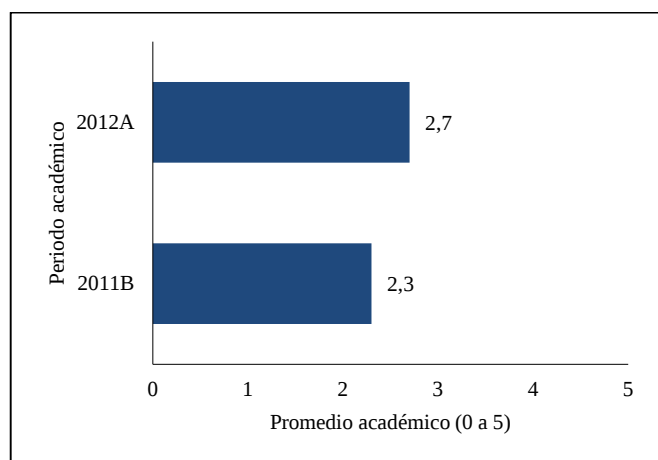


Figura. 1. Promedios académicos de grupos antes del período de estudio
Fuente: el autor.

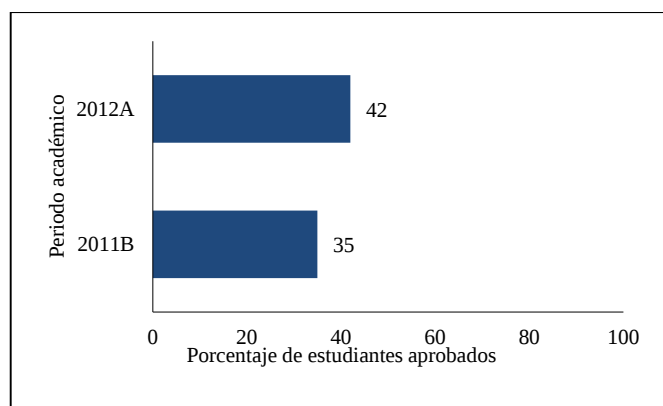


Figura. 2. Porcentaje de estudiantes aprobados antes del período de estudio
Fuente: el autor.

Tabla 1

Subdivisiones del tiempo de clase

Subdivisiones del tiempo de clase

Llamado a lista
Observación de fenómenos
Discusiones grupales
Socialización
Ecuaciones constitutivas
Ejercicios de aplicación

Fuente: el autor

participación de los estudiantes. Posterior a esto, los estudiantes realizaban experimentación y discusiones al interior de cada uno de los grupos (discusiones grupales) y compartían sus conclusiones con el resto de la clase (socialización). Una vez apropiado el concepto por parte de los estudiantes, se realizaba la deducción de las ecuaciones constitutivas del tema objeto de estudio (ecuaciones constitutivas) y, por último, se resolvían problemas de aplicación (ejercicios de aplicación), todo esto, con la participación activa docente-estudiantes. Para medir los tiempos de participación y la duración de cada sesión, el monitor de la asignatura cronometraba el tiempo empleado en cada una de las subdivisiones, así como las intervenciones de docente y estudiantes. Como objetivo de la asignatura y

complemento a la metodología, los estudiantes construían sus propios modelos físicos como proyecto final de la asignatura.

El estudio que se describe se llevó a cabo desde el segundo semestre de 2012 hasta el primer semestre de 2015. No obstante, los resultados de dos semestres académicos (2011B y 2012A), en los cuales se aplicó la metodología tradicional de clases magistrales, se usan en este estudio como periodos de control.

En el primer periodo de estudio (2012B) los modelos físicos contruidos por los estudiantes tenían el objetivo de representar fenómenos. A partir del segundo período de estudio, los modelos físicos contruidos tenían el objetivo de medir propiedades físicas y mecánicas, tales como deformaciones lineales, con lo cual se construyeron además modelos matemáticos para analizar el comportamiento de los materiales ante diferentes tipos de solicitaciones y, por ende, caracterizar dichos materiales calculando propiedades como módulo de elasticidad y razón de Poisson. Para esto, los estudiantes construyeron modelos para representar flexión, torsión, cortante y tracción y medir las deformaciones respectivas para cada caso. Para los modelos matemáticos se usaron hojas de cálculo cuyo objetivo en algunos casos era comparar los resultados obtenidos con el modelo físico y en otros, representarlos.

Para la introducción de los temas y la discusión en clase, se seleccionaron materiales deformables de tal forma que los fenómenos a presentar y discutir fueran visibles. Los temas seleccionados fueron tracción, compresión, torsión, cortante, razón de Poisson y deflexión de vigas. Para el caso de deformación por tracción, por ejemplo, se seleccionaron probetas cilíndricas de caucho Pib Butilo de diámetros variables entre 8mm y 16mm y longitudes de entre 300mm y 600mm. Después de aplicadas fuerzas de tracción de diferentes magnitudes por parte del profesor y mostrar el elemento deformado a la clase, los estudiantes organizados en grupos de 3 y 4 integrantes, tomaban el modelo y lo sometían a fuerzas. Procedimientos similares se llevaban a cabo para los diferentes modelos, según la naturaleza de estos y los temas a estudiar. (Figs. 3-4).

Una vez finalizado el tiempo de observación de fenómenos, se generaban espacios de discusión grupal. Después de periodos de discusión de 15 a 20 minutos, cada grupo hacía una presentación de lo que habían experimentado y socializaban sus propias conclusiones al respecto. Los tiempos de discusiones grupales y socialización eran variables en función del número de estudiantes presentes en el salón y del número de modelos disponibles. En la Fig. 5 se muestra a un grupo de estudiantes en un proceso de experimentación y discusión.



Figura 3. Aplicación de par torsor sobre probeta circular en poliuretano
Fuente: el autor.



Figura 4. Aplicación de fuerza de tracción en caucho tipo Pib Butilo
Fuente: el autor.



Figura 5. Experimentación y discusión grupal en clase
Fuente: el autor.

Se registraron tiempos máximos de discusiones grupales y socialización de 20 minutos y 25 minutos respectivamente, hasta tiempos mínimos de 12 minutos y 13 minutos. Después del periodo de socialización, en el cual la labor del profesor se limitaba a incentivar la participación de todos, este hacía un desarrollo conceptual del tema seguido de la deducción de las ecuaciones constitutivas, reforzando la relación existente entre lo concluido por los estudiantes, la fundamentación conceptual y las ecuaciones.

La deducción de las ecuaciones de uso práctico se realizaba con la participación activa de los estudiantes, para lo cual el profesor se apoyaba en el modelo que se estuviera usando, a fin de relacionar las ecuaciones constitutivas con deformaciones del modelo debido a las acciones externas. Al final, profesor y estudiantes hacían un análisis conceptual de la ecuación o ecuaciones deducidas y la relación entre las variables, el modelo y los fenómenos de la vida real que estas describían o representaban. Superada la etapa de deducción de ecuaciones y análisis matemático y conceptual, el profesor presentaba uno o dos ejercicios de aplicación cuidadosamente seleccionados, cuyo objetivo era relacionar las ecuaciones constitutivas con los modelos y reforzar el fundamento teórico y matemático del modelo. Estos ejercicios eran resueltos con la participación activa de los estudiantes, para lo cual el profesor formulaba preguntas sueltas sobre el procedimiento, la formulación o el desarrollo conceptual del ejercicio. Después de esto, los estudiantes, en grupo de trabajo, asumían el reto de resolver ejercicios de aplicación de mayor complejidad. El profesor

resaltaba la importancia de las discusiones grupales en torno al desarrollo conceptual y matemático, así como de los resultados obtenidos.

Al final del tema, que podía tomar entre 1 y 3 sesiones de clase, el profesor asignaba ejercicios de aplicación para trabajo individual. Los ejercicios asignados tanto en las sesiones de clase, como los de trabajo individual, eran de aplicación a fenómenos reales o a la profesión, siempre que fuera posible.

La construcción de modelos físicos representativos por parte de los estudiantes se dividió en dos etapas: la primera, en los dos primeros periodos descritos en este estudio (2012B y 2013A) y la segunda en los semestres 2013B, 2014A, 2014B y 2015A. En el primero, los modelos tenían el objetivo de describir fenómenos como torsión, flexión, cortante y tracción, mientras que, en el segundo, el objetivo de los modelos era calcular propiedades mecánicas de los materiales. Entre los modelos más representativos se seleccionaron: puente atirantado, viga compuesta, puente viga, cable en tracción, probetas en compresión, viga en cantiléver, viga simplemente apoyada y cortante sobre pernos y placas. Estos modelos han sido usados posteriormente como material de apoyo a la docencia en los cursos sucesivos. En la segunda etapa del estudio, los modelos además de calcular propiedades mecánicas, medían deformaciones lineales al someter los materiales a fuerzas externas. Para el caso de cargas axiales, estos permitían la medición de las deformaciones longitudinales y transversales por tracción y compresión, según fuera el caso. Para el caso de compresión se medía el acortamiento y el aumento de diámetro en elastómeros ante cargas variadas, a partir de lo cual y por métodos estadísticos se calculaba el módulo de elasticidad y la razón de Poisson. Lo mismo se hacía para el caso de cargas de tracción. En torsión, se medía el ángulo de rotación y la deformación máxima por cortante de elastómeros y neoprenos sometidos a un par de fuerzas. Los modelos de vigas eran sometidos a fuerzas puntuales y cargas distribuidas, a partir de lo cual se medía la deflexión máxima. Los modelos de cortante fueron elaborados con el objeto de medir la resistencia a la falla de pernos fabricados con tiza, yeso y jabón, entre otros materiales. Los proyectos de asignatura se seleccionaban en la segunda semana de clase y las asesorías eran personalizadas para cada grupo de trabajo. Un total de seis horas a la semana eran dispuestas para asesoría de los grupos: cuatro horas de asesoría regular y dos horas de la intensidad semanal de la asignatura (33%). Los grupos solicitaban la asesoría según su necesidad y velocidad de avance en el proyecto. Dado que algunos de los temas para los diferentes proyectos no se habían estudiado aun en clase, los estudiantes debían hacer consultas bibliográficas independientes y solicitar aclaración y ampliación del tema por parte del profesor.

3. Resultados

La introducción de los modelos físicos por parte del profesor, junto con sus componentes asociados como las discusiones grupales y la socialización de las pruebas realizadas al modelo por cada grupo, consumió tiempo de clase que anteriormente era usado para clases magistrales. Por ejemplo, en aquellas clases donde se introducía tema nuevo, los

estudiantes tenían una participación activa de aproximadamente 60% del tiempo útil de clase, mientras el profesor tomaba aproximadamente el 32%, con un 8% aproximado de tiempo muerto. En las clases donde no se introducía tema nuevo, el profesor presentaba videos representativos de los fenómenos, y los estudiantes resolvían ejercicios de aplicación guiados, con lo cual, su porcentaje de participación activa era ligeramente mayor. En total el profesor utilizó diez modelos sencillos durante los seis periodos académicos: modelo para carga axial de compresión, carga axial de tracción, razón de Poisson, flexión de vigas, cizalladura, flexión biaxial, inercia, rigidez, flexión biaxial y círculo de Mohr.

Los estudiantes construyeron un total de 83 modelos físicos y elaboraron 53 modelos matemáticos durante el periodo de estudio (ver Fig. 6). Para ello usaron materiales variados tales como espuma de poliuretano, caucho, madera, aluminio, fibra de vidrio y acero. Se construyeron dos puentes: uno atirantado y uno colgante; modelos para visualizar cizalladura sobre planos y pernos, hechos en madera, fibra de vidrio y acero; vigas en cantiléver para visualización y medición de fenómenos asociados a flexión, deflexión e inercia; vigas en madera representando secciones compuestas y sección transformada; modelos representando compresión sobre probeta cuadrada y cilíndrica; y modelos para esfuerzos sobre planos inclinados. Los modelos fueron diseñados y construidos por los estudiantes con la asesoría del profesor. Las ideas de diseño nacieron enteramente de los estudiantes, los cuales asistían a las asesorías para recibir orientación o aprobación de las diferentes etapas.

El 100% de los grupos hizo uso de la asesoría docente para la construcción de los modelos físicos y matemáticos. De las 6 horas de aula asignadas a la asignatura, 4 horas eran dispuestas para la aplicación y desarrollo de la metodología y las 2 horas restantes eran de trabajo independiente y asesoría de proyectos. El 82% de los proyectos presentados evidenciaba de manera clara el fenómeno que querían mostrar y permitían una medición adecuada de las deformaciones lineales. El 18% de los proyectos tenían falencias bien sea de claridad conceptual de los fenómenos o disposición incorrecta o inadecuada de la estructura física, que impedía la medición de deformaciones.

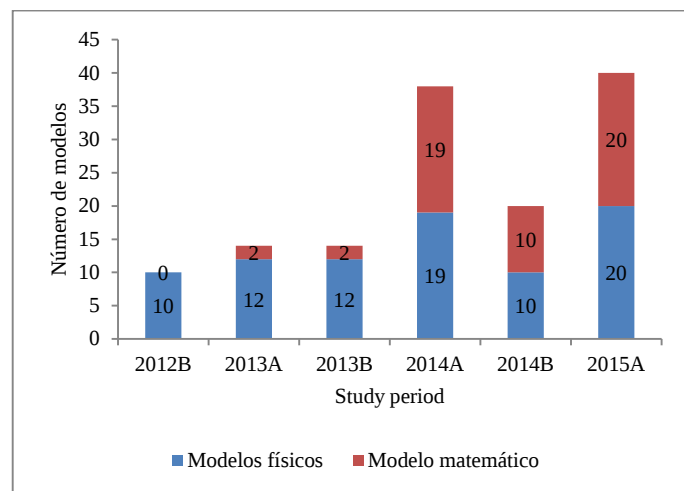


Figura 6. Número de modelos construidos por los estudiantes por periodo de estudio
Fuente: el autor.

Cada grupo de estudiantes diseñó su propio modelo con la asesoría permanente del profesor, cuando así lo requirieran. Todos los grupos hicieron uso de la asistencia docente en diferentes etapas. El 87% indicó haber solicitado ayuda especializada para la manufactura de al menos una parte del modelo y el 13% manifestó haber manufacturado el modelo en su totalidad.

La metodología arrojó resultados respecto al número de estudiantes aprobados, deserciones y notas promedio de cada curso por periodo de estudio, lo cual permitió comparar los datos en los periodos de estudio con los periodos donde no se aplicó la metodología (2011B y 2012A). El porcentaje de estudiantes aprobados se elevó de 36% antes del inicio del estudio a 61% en el último periodo de estudio (2015A) y el promedio académico de 2.5 a 3.21 en una escala de calificación de 1 a 5. La deserción se redujo de 35% a 8% en el mismo tiempo de estudio. Tanto el 36% de estudiantes aprobados como el 2.5 en promedio de grupo obedecen al promedio calculado de los periodos 2011B y 2012A (Figs. 7-8).

La deserción bajó de un 34% en los periodos de control (2011B y 2012A) a un 8% en el último periodo de estudio (2015A). Esto puede apreciarse en la Fig. 9.

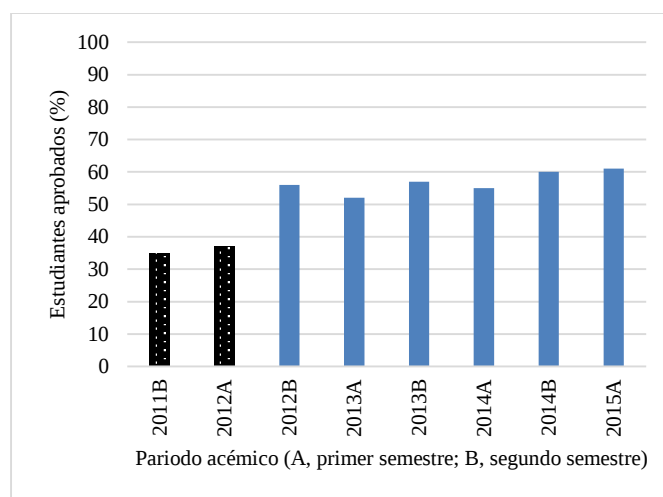


Figura 7. Promedios de estudiantes aprobados por periodo de estudio
Fuente: el autor.

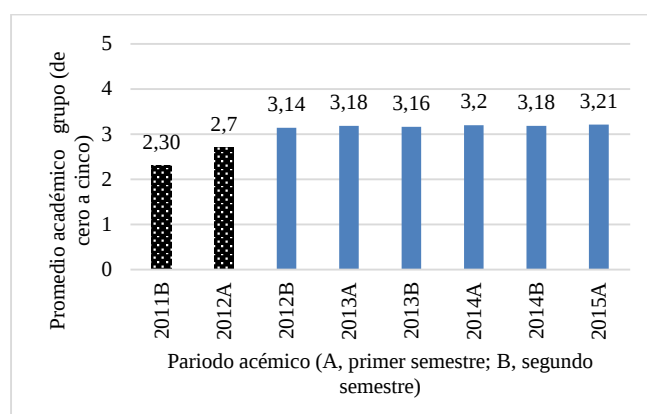


Figura 8 Promedios de calificaciones consolidadas por periodo académico.
Fuente: el autor.

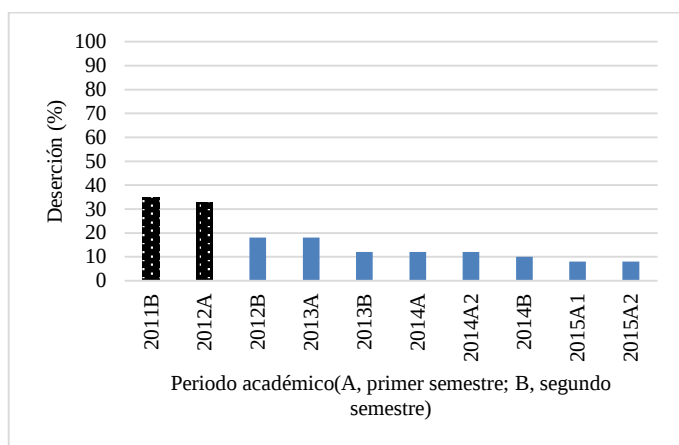


Figura 9. Comportamiento de la deserción antes y durante el periodo de estudio. Fuente: el autor

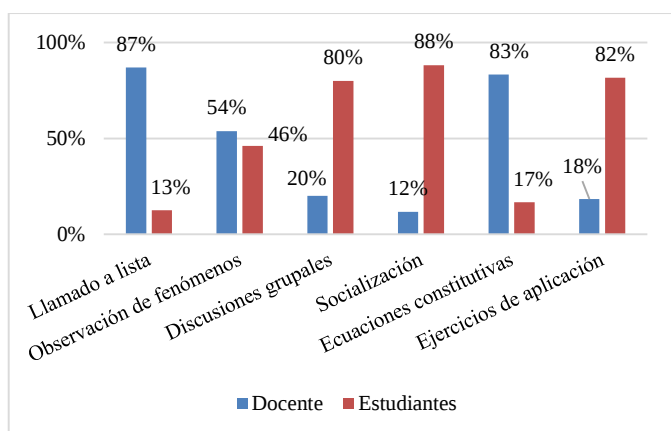


Figura 10. Porcentajes de participación promedios Docente-Estudiantes en las sesiones de clase. Fuente: el autor.

Los tiempos de participación docente-estudiante también variaron de manera sustancial. Estos pasaron de 80%-20% antes de la aplicación de la metodología a 32%-60%. La Fig. 10 muestra los tiempos empleados por los diferentes actores en el periodo de estudio, según la subdivisión del tiempo de clase.

3.1 Caso de estudio: construcción de modelo para medición de deformaciones lineales por tracción

A modo de ejemplo, se describe la experimentación realizada por dos grupos de estudiantes de periodos distintos, después de construir los respectivos modelos de tracción. Cada grupo estaba compuesto por cuatro estudiantes, quienes eran autónomos en el diseño de los componentes del modelo físico. El grupo 1, en el quinto periodo académico, construyó un modelo para aplicación manual de fuerza horizontal, consistente en una estructura en madera formada por láminas en U y riostras horizontales. Después de probar diferentes materiales durante la fase de experimentación, seleccionaron un elastómero tipo caucho Pib Butilo. La fase final para caracterización fue realizada con una probeta de 600mm de longitud y un diámetro inicial de 11.59mm, con una longitud

calibrada de 100mm. Las fuerzas fueron aplicadas por medio de un dinamómetro digital, para lo cual ataron el dinamómetro a un extremo de la probeta y alguno de los miembros tiraba de éste hasta alcanzar la fuerza requerida. Para cada fuerza calcularon una deformación unitaria longitudinal y una transversal. Los esfuerzos para cada estado de carga también fueron calculados. Para medir el alargamiento de la probeta utilizaron una cinta métrica metálica y el cambio de diámetro se midió con un calibrador Vernier digital.

El grupo 2, en el sexto periodo académico, construyó un modelo físico independiente con el mismo material (intencionalmente asignado) pero con autonomía en los demás aspectos, incluyendo el diseño del modelo y los procedimientos de ensayo. El modelo consistía de dos láminas dispuestas horizontalmente y unidas por dos columnas de sección cuadrada en los extremos. Utilizaron una probeta de 700 mm de longitud, con un diámetro inicial de 7.9mm y una longitud calibrada de 100mm. El modelo permitía una aplicación vertical de la fuerza, lo cual hicieron para un total de diez fuerzas con incrementos aproximados de 20N, las fuerzas fueron aplicadas por medio de masas fijas dentro de un recipiente atado a la probeta por debajo del modelo. Los mismos instrumentos y procedimientos de cálculo fueron utilizados para la medición de deformaciones. El objetivo principal trazado por los grupos, era realizar un experimento que les permitiera medir deformaciones longitudinales y transversales, visualizar el fenómeno de razón de Poisson y calcular esfuerzos a partir de una fuerza aplicada. No obstante, realizaron una aproximación al cálculo del módulo de elasticidad del material. En la Fig. 11 se presentan los resultados obtenidos por cada grupo.

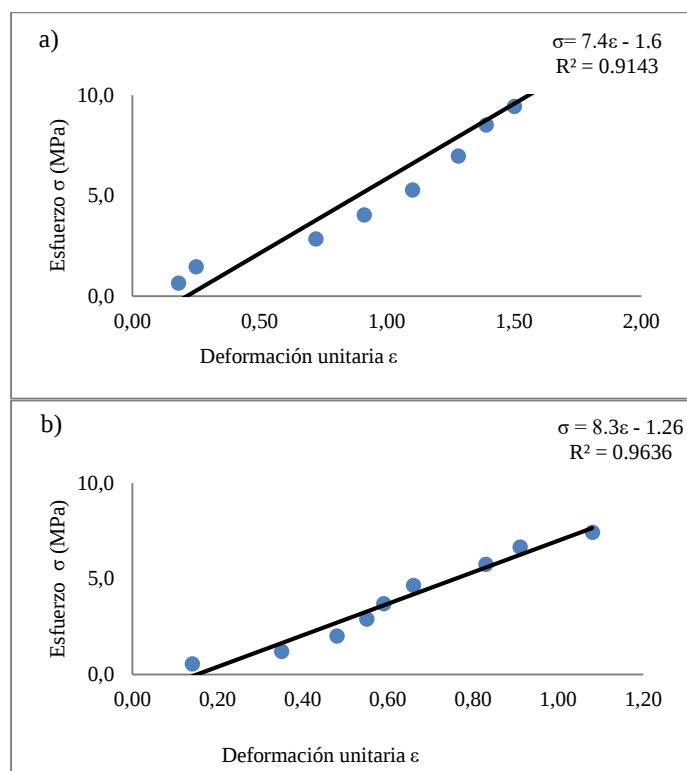


Figura 11. Diagramas esfuerzo-deformación caucho Pib Butilo. a) Experimento grupo 1; b) Experimento grupo 2. Fuente: el autor

4. Discusión de resultados

La construcción de modelos físicos y elaboración de modelos matemáticos ha permitido a los estudiantes ir más allá de las ecuaciones constitutivas; esto es, se ha realizado experimentación haciendo uso de los conceptos y los algoritmos para representar y medir fenómenos o para comparar un modelo físico con el sustento matemático. Para el caso de los modelos de medición de deformaciones lineales por tracción presentados como caso de estudio, los dos grupos, en tiempos de trabajo distinto y con modelos marcadamente diferentes, obtuvieron resultados cercanos entre sí, pero también a las características reales del material. En particular, para el módulo de elasticidad, el primer grupo obtuvo un valor de 8.3MPa, en tanto que el otro calculó un valor de 7.4MPa. Para este material, el fabricante da un valor aproximado para el módulo de elasticidad de 7MPa. [16]. Los coeficientes de Poisson de ambos ensayos, aunque muy cercanos entre sí (0.35 y 0.38), estuvieron un poco alejados del real, el cual se estima en aproximadamente 0.5. Aunque las deformaciones unitarias medidas para el material están en su mayoría fuera del rango lineal, el cálculo de los módulos de elasticidad les generó claridad conceptual.

Los resultados obtenidos en la aplicación de la metodología avalan la necesidad de una modificación de los procesos de enseñanza-aprendizaje de las diferentes asignaturas en ingeniería, especialmente en las asignaturas de fundamentación, como lo es la Mecánica de Materiales. Esto puede evidenciarse claramente en los tiempos de participación. Son los estudiantes quienes tienen el rol protagonista en la solución de ejercicios de aplicación tanto en forma independiente como en aquellos de fundamentación resueltos por el docente (82%). Socialización y Discusión es otro campo donde el estudiante es actor principal (88% y 80% respectivamente). El docente por su parte, controla la sesión de ecuaciones constitutivas, como era de esperarse (83%) y ambos, profesor y estudiantes comparten protagonismo en la observación de los fenómenos. (54% profesor y 46% estudiantes).

5. Conclusiones

Los porcentajes de participación de los estudiantes en las sesiones de clase, junto con el trabajo independiente indican claramente que la metodología está relacionada con una pedagogía activa en la cual el estudiante es protagonista de su propia formación y lidera su proceso de aprendizaje, desde el momento en que experimenta con un modelo sencillo explicativo de un fenómeno, hasta que logra construir su propio modelo. El rol del profesor ha mutado hacia el de un facilitador y orientador de la formación de sus estudiantes, pero bajo ninguna circunstancia se ha disminuido la profundidad con la que este aborda los temas ni el rigor analítico requerido desde la física y la matemática, solo se ha cambiado el foco en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura y se ha variado los tiempos y modos de participación. La metodología usada ha dado resultados satisfactorios en los indicativos de apropiación del conocimiento por parte de los estudiantes, lo cual se ha evidenciado en un mayor grado de seguridad y capacidad argumentativa al enfrentarse a los ejercicios aplicativos, una reducción en los índices de deserción y mejores resultados en esta y en asignaturas con requerimiento de conocimientos previos de Mecánica de Materiales.

Referencias

- [1] Mills, J.E. and Treagust, D.F., Engineering education—Is problem-based or project-based learning the answer?. *Australasian Journal of Engineering Education*, [online]. 3(2), 2003. Available at: http://www.academia.edu/download/31039433/Engineering_Education.pdf
- [2] Moore, T.J., Miller, R.L., Lesh, R.A., Stohlmann, M.S. and Kim, Y.R. Modeling in engineering: The role of representational fluency in students' conceptual understanding. *Journal of Engineering Education*, 102(1), pp. 141-178. 2013. DOI: 10.1002/jee.20004
- [3] Burns, K.L. and Egelhoff, C.J., AC 2011-1261: A heuristic to aid teaching, learning, and problem-solving for mechanics of materials. *American Society for Engineering Education*. [online]. Available at: http://www.asee.org/file_server/papers/attachment/file/0001/1382/2011_ASEE_Final_1261.pdf
- [4] Roylance, D., Jenkins, C. and Khanna, S., Innovations in teaching mechanics of materials in materials science and engineering departments. In *Proceedings of the 2001 Spring Meeting of the American Society for Engineering Education*, [online]. 2001, 4 P. Available at: http://www.web.mit.edu/roylance/www/ASEE_Albuquerque.pdf
- [5] Johnson, P.A., Problem-based, cooperative learning in the engineering classroom. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 125(1), pp. 8-11, 1999.
- [6] Felder, R.M. and Silverman, L.K., Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering Education*, 78(7), pp. 674-681, 1988.
- [7] Felder, R.M., Woods, D.R., Stice, J.E. and Rugaria, A., The future of engineering education II. Teaching methods that work. *Chemical Engineering Education*, 34(1), pp. 26-39, 2000.
- [8] Gainsburg, J., The mathematical modeling of structural engineers. *Mathematical Thinking and Learning*, 8(1), pp. 3-36, 2006.
- [9] Hall, R. and Nemirovsky, R., Introduction to the special issue: Modalities of body engagement in mathematical activity and learning. *Journal of the Learning Sciences*, 21(2), pp. 207-215, 2011. DOI: 10.1080/1058406.2011.611447
- [10] Johri, A. and Olds, B.M., Situated engineering learning: bridging engineering education research and the learning sciences. *Journal of Engineering Education*, 100(1), pp. 151-185, 2011.
- [11] Nathan, M.J., Srisurichan, R., Walkington, C., Wolfgram, M., Williams, C. and Alibali, M.W., Building cohesion across representations: a mechanism for STEM integration. *Journal of Engineering Education*, 102(1), pp. 77-116, 2013. DOI: 10.1002/jee.20000
- [12] Crone, W.C., Using an advanced mechanics of materials design project to enhance learning in an introductory mechanics of materials course. Presented at the 2002 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, American Society for Engineering Education. [online]. 2002, Available at: http://mandm.engr.wisc.edu/faculty_pages/crone/PDF/ASEE_paper_2002_RevisedFINAL.pdf
- [13] Perrenet, J.C., Bouhuijs, P.A.J. and Smits, J., The suitability of problem-based learning for engineering education: theory and practice. *Teaching in Higher Education*, 5(3), pp. 345-358, 2000.
- [14] Hadgraft, R.G. and Young, W., *Teaching Strategy*. Department of Civil Engineering, Monash University, 1998.
- [15] Mahendran, M., Project-based civil engineering courses. *Journal of Engineering Education*, 84(1), pp. 75-79, 1995.
- [16] Tecno Tres A. (n.d.). Elastómeros. Available at: <http://tecnologiaadi.blog.com/files/2013/06/Elast%C3%B3meros.pdf>

J.O. Montoya-Vallecilla, recibe el título de Ing. Civil de la Universidad del Quindío, Colombia en el año 2001 en Armenia-Colombia y posteriormente el grado de MSc. en Estructuras y Cementaciones de la Universidad Politécnica de Madrid, España en la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en el año 2010. Ha sido profesor del Tompkins Cortland Community College de The New York State University (2014 y 2015) e investigador invitado del área de educación en ingeniería en Purdue University, School of Engineering Education (2017) en West Lafayette, Indiana. Desde el año 2011 se desempeña como profesor asociado del programa de ingeniería civil de la Universidad de Ibagué, Colombia. Su interés en la investigación se centra en las metodologías activas de aprendizaje aplicadas a Ingeniería.
ORCID: 0000-0003-0424-1058

Hábitos de la consulta bibliográfica de alumnos de Ingeniería Mecánica Eléctrica

Adelita Bravo-Castillo^a, Carmen del Pilar Suárez-Rodríguez^{a,b,c} & Nora Isabel Ortega-Torres^a

^a Coordinación Académica Región Huasteca Sur, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México. adelita.bcastillo@gmail.com,

^b Escuela Normal del Magisterio Potosino, Plantel 5, Tamazunchale, San Luis Potosí, México. nora.ortega@uaslp.mx

^c Instituto Superior de Tecnologías Apropriadadas, INSTA, Quito, Ecuador, pilar.suarez@uaslp.mx

Resumen— Los libros de texto son ampliamente utilizados en las aulas universitarias. Para conocer la relación entre los hábitos de consulta y el índice de aprobación en cursos de ingeniería mecánica eléctrica de una universidad mexicana, se ha realizado un análisis de regresión lineal, encantándose con $r=0.25$ es decir, no existe una relación evidente entre estas variables. También se ha explorado la percepción de los estudiantes acerca del servicio bibliotecario y sus necesidades. Los resultados ofrecen pautas para mejora de la colección, al ser identificados volúmenes poco usados, libros con alta demanda y cursos que no cuentan con apoyo bibliográfico. Estos hallazgos impactarán en la toma de decisión de crecimiento de la colección. También se plantea la necesidad de realizar investigaciones para conocer a profundidad otros factores que influyen en el aprendizaje de los estudiantes, incluyendo la metodología de enseñanza de los profesores.

Palabras Clave— desarrollo de competencias genéricas; ingeniería mecánica eléctrica; bibliografía de apoyo al plan curricular.

Recibido: 8 de Diciembre de 2017. Revisado: 16 de Abril de 2018 Aceptado: Mayo 10 de 2018

Habits of the bibliographical consultation of students of Electrical Mechanical Engineering

Abstract— Textbooks are widely used in university classrooms; In order to know the relation between the habits of consultation and the approval index in courses of electrical mechanical engineering of a Mexican university, a linear regression analysis has been carried out, enchanting with $r = 0.25$ that's mean, there is no evident relationship between these variables. The perception of the students about the library service and their needs has also been explored. The results offer guidelines for the improvement of the collection, to the extent that little-used volumes are identified, books with high demand and courses that do not have bibliographic support. These findings will impact the decision making of the collection's growth. It also raises the need to conduct research to know in depth other factors that influence the learning of students, including the teaching methodology of teachers.

Keywords— development of generic competences; electrical mechanical engineering; bibliography supporting the curriculum plan.

1. Introducción

La calidad de los programas educativos depende de múltiples factores: la formación disciplinar y calidad docente de los profesores, la infraestructura física y humana así como los programas y recursos que apoyen a los estudiantes a tener un aprendizaje profundo sobre temas científicos y para la vida. Los

hábitos de lectura son importantes dentro de la formación de profesionales de la ingeniería y es una competencia genérica que se desarrolla desde la educación temprana, que requiere de habilidades cada vez más complejas para realizar la lectura de textos científicos. El acervo bibliográfico juega entonces un papel importante, especialmente en escenarios donde los estudiantes no cuentan con los recursos económicos para adquirir libros de apoyo, y sin acceso a librerías en la región. La Universidad Autónoma de San Luis Potosí, invierte grandes cantidades de dinero en la adquisición de libros que apoyan a cada materia de los planes curriculares vigentes, pero no tiene certidumbre si éstos materiales son bien utilizados por la comunidad escolar y/o si las adquisiciones son las adecuadas para impactar positivamente en el aprendizaje de los estudiantes. Es por ello que en éste trabajo se realiza un análisis sobre el uso de los recursos y los hábitos de consulta de los estudiantes de ingeniería mecánica eléctrica, así mismo, se busca identificar si existe una relación entre la consulta de bibliografía y los porcentajes de aprobación de los cursos, factor que puede asociarse a los hábitos de estudio.

11. La Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica en la Huasteca Potosina

En el 2012, en el Municipio de Tamazunchale, San Luis Potosí, México, se inician actividades de la *Coordinación Académica Región Huasteca Sur* (CARHS) perteneciente a la *Universidad Autónoma de San Luis Potosí* (UASLP), con la finalidad de contribuir al desarrollo académico de la región. Este municipio se ubica en una zona de alta marginación económica a pesar de encontrarse en una región montañosa con vegetación exuberante y rodeada de una gran biodiversidad.

En marzo de ese año se abren las preinscripciones al ciclo escolar 2012-2013, se inició clases el 11 de agosto con 142 estudiantes, 5 profesores investigadores de tiempo completo, 10 profesores de asignatura, 6 administrativos y dos directivos en instalaciones provisionales pertenecientes a la *Escuela Preparatoria Tamazunchale*.

Como citar este artículo: Bravo-Castillo, A., Suárez-Rodríguez, C. del P. and Ortega-Torres, N.I., Hábitos de la consulta bibliográfica de alumnos de Ingeniería Mecánica Eléctrica. *Educación en Ingeniería*, 13(26), pp. 54-63, Julio, 2018.

Tabla 1

Ingreso de estudiantes a la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica en la UASLP Campus Tamazunchale desde el 2012 a 2017

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Inscritos	28	30	35	35	34	23
Egresados	5	0	0	0	0	0
Permanecen	6	12	14	17	19	na
Deserción	60.7	60%	51.4%	51.4%	45.2%	na

Fuente: Los autores.

La oferta educativa conformada por cuatro carreras incluye a Ingeniería Mecánica Eléctrica (IME), donde ingresan aproximadamente 35 estudiantes cada ciclo escolar, pero a pesar del seguimiento a través del programa de tutorías, se tiene un índice de deserción promedio del 45% en las primeras 5 generaciones. En la Tabla 1 se muestra un histórico de los datos sobre deserción escolar que como se aprecia ha habido una disminución, pero éstos valores siguen siendo altos.

Una de las principales causas del abandono radica en el alto índice de reprobación durante el primer año, especialmente en las materias de física y cálculo, ubicadas en el primer semestre, las cuales son materias de requisito para cursar 5 materias en el segundo semestre, teniendo como consecuencia que los alumnos no completan el puntaje mínimo requerido para lograr su inscripción al tercer semestre y quedan fuera de la universidad. Cuando logran permanecer, las materias de ingeniería térmica, mecánica de fluidos y resistencia de materiales son una siguiente barrera que ha contribuido a que los alumnos abandonen la institución al no lograr aprobar los cursos.

Con la finalidad de fortalecer el programa de seguimiento estudiantil, se desean conocer los hábitos de estudio de los estudiantes, y determinar si el uso que se le da a la colección está relacionado de alguna manera con las materias de mayor índice de reprobación en la carrera de IME. Los objetivos específicos de esta investigación son: Identificar el porcentaje de uso de los textos y sus patrones de uso en cada área temática, considerando la proporción de títulos y volúmenes disponibles respecto de su circulación, e identificar si existe una relación entre la circulación de los textos con los índices de reprobación de las materias relacionadas a las áreas temáticas de la carrera de IME. Es una investigación transversal de corte mixto y un alcance descriptivo.

1.2. Los orígenes del centro integral de aprendizaje

Inicialmente la biblioteca se ubicó en la primer aula de computo que tenía seis computadoras con acceso a internet, los primeros ejemplares de la colección fueron 154 libros donados por profesores de la Facultad de Ingeniería y el Departamento Físico Matemáticas de la UASLP, brindando el préstamo de estantería cerrada a la planta académica y alumnado de la unidad y estando a cargo de un administrativo.

Posteriormente, el 14 de enero del 2014 se inauguran las instalaciones del Campus por autoridades civiles y universitarias, se establece un espacio para la biblioteca conocido como *Centro Integral de Aprendizaje Huasteca Sur* (CIAHS), en marzo de 2014 se incorpora personal capacitado a la biblioteca, para brindar servicios sobre las colecciones y administración del espacio accesible a la comunidad

universitaria. En ese momento, se había incrementado a 985 libros, pero el acervo bibliográfico se seguía manteniendo bajo estantería cerrada, siendo hasta mayo del mismo año que circula el préstamo externo, facilitando un total de 7 ítems por 5 días a alumnos y 7 ítems por 7 días a profesores y personal administrativo. El servicio es brindando en un horario de lunes a viernes de 8:00 a 18:00 h.

Actualmente el CIAHS sigue aumentando su acervo bibliográfico por medio del presupuesto asignado y al apoyo brindado por parte del profesorado en la selección de literatura para su posterior compra e incorporación a estantería, contando con 3000 volúmenes a junio del 2017.

2. Fundamentos

El sistema de bibliotecas de la UASLP ofrece diversos servicios a la comunidad universitaria, como es mantener vigente la colección, asegurando que este crecimiento se dé considerando la necesidad de uso de la bibliografía tanto para docencia como para investigación. Para ello se tiene definido un plan de acción que permite dar seguimiento a la colección con base a ciertos indicadores [1].

2.1. Desarrollo de la colección

Para apoyar a las actividades de docencia e investigación, la colección del CIAHS incluye medios impresos y medios electrónicos disponibles en una biblioteca virtual llamada *Creativa*, donde se pueden consultar alrededor de 68,372 recursos, incluidos bases de datos, libros electrónicos, con acceso a través del *Consortio nacional de Recursos de información científica y tecnológica* (CONRICYT), además de los contratados por la UASLP y otras bases de datos de acceso libre [2].

2.1.1. Políticas para la adquisición

El plan de gestión y desarrollo de la colección se rige por varias directrices: la asignación de recursos que tiene como base la planeación a través de proyectos de compra, considerando las necesidades de adquisición de las carreras. La colección se incrementa de un 3% a 5% anual considerando títulos y ejemplares, siempre y cuando haya presupuesto suficiente. De igual manera se procura alcanzar la meta de contar con diez ejemplares por alumno de licenciatura. Se considera como prioridad de adquisición, la bibliografía básica que corresponda a los planes y programas de estudio tratando de adquirir mayor cantidad de títulos más que ejemplares, además de adquirir como máximo: 5 ejemplares de libros de texto, 2 ejemplares de apoyo, 1 ejemplar de obra de consulta y un ejemplar de material no convencional como discos compacto y videos, además de un ejemplar en idioma extranjero [1].

2.1.2. Los indicadores

Son herramientas que sirven para evaluar la calidad y eficacia del servicio que se proporciona, así como para valorar los recursos asignados a la biblioteca.

Varias universidades en España, se han dado a la tarea de evaluar el servicio de sus bibliotecas, algunas han considerado

evaluar la totalidad de los servicios ofrecidos, y otras, solo unos aspectos, como el préstamo a domicilio y bibliotecario [3-5].

Basados en la norma ISO 11620 el comité de Bibliotecas Universitarias Nacionales (COBUN) de Perú, diseñó otros indicadores, para evaluar la calidad tanto de la colección como de los servicios. Considerando cinco áreas importantes: servicios y colecciones; infraestructura; presupuesto; personal y procesos técnicos [6].

En México, también se considera a la biblioteca como un factor determinante asociado a la calidad educativa, el Consorcio de Universidades Mexicanas (CUMEX), ha diseñado indicadores de medición de la calidad de bibliotecas y centros de información [7]. El propósito de los indicadores de gestión para bibliotecas universitarias, es “*contar con una herramienta que permite evaluar la calidad y efectividad de los servicios suministrados por la biblioteca y para valorar la eficiencia de los recursos asignados para tales servicios*” [8].

Para evaluar los procesos y el servicio ofrecido por el Sistema de Bibliotecas de la UASLP, así como la percepción del servicio recibido por los usuarios, se utiliza la Norma ISO 11620, además de valorar la eficiencia de los recursos asignados [9].

Para este trabajo de investigación se utilizan indicadores que permitan realizar el análisis de datos de uso de la colección, combinándose con criterios como la materia, adquisición, incremento de la colección, de esta manera podemos obtener la razón de uso y crecimiento de una materia determinada, para con ello incrementar el acervo bibliográfico y darle satisfacción a las demandas de la comunidad. También servirá como referente para identificar aspectos asociados al aprendizaje del programa educativo de IME.

3. Metodología

Para cumplir con el objetivo de identificar si existe una relación entre el uso de la colección general que apoya a la bibliografía básica y complementaria de las materias incluidas en el plan curricular de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, y las materias de mayor índice de reprobación se realizaron las siguientes actividades:

- Análisis del registro de fuentes de uso interno y externo de la colección de material bibliográfico.
- Análisis de petición de solicitud para la adquisición de material bibliográfico, de la planta académica, de esta forma se detecta el incremento de títulos y volúmenes adquiridos entre los años marzo 2014 a junio de 2017.
- Análisis de asistencia de alumnos a la biblioteca, charlas y talleres de capacitación de usuarios, para uso de fuentes, servicios y recursos.
- Revisión de los registros anecdóticos de calificaciones de las 5 generaciones de IME (2012-2016).
- Identificación de asociación entre los resultados del uso de la biblioteca y el comportamiento con los índices de reprobación de las materias, a través de un análisis de correlación lineal.

Para recabar los datos de la colección se utilizó minería de datos en la que se selecciona, y extraen datos estadísticos.

Para la fase de minería de datos, se utilizaron los indicadores de gestión para bibliotecas universitarias, de los cuales se eligieron

aquellos que aportaron información específica de acuerdo a la situación y necesidad de la biblioteca para recuperar los datos necesarios para realizar el análisis, además de un encuesta de siete preguntas, que permitió medir la satisfacción de calidad del servicio, de acuerdo a la opinión de los alumnos de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, aplicada a través de google docs. La encuesta recupera la percepción hacia el trato al cliente, calidad del servicio, uso de la biblioteca, frecuencia de uso de la colección e identificación de necesidades bibliográficas.

4. Resultados y discusión

4.1. Análisis de uso de la colección de acuerdo a los indicadores

Los indicadores de rendimiento son parámetros de medición de la actividad bibliotecaria, su aplicación permite evaluar el rendimiento de la biblioteca y proporciona información para la toma de decisiones y la asignación del presupuesto.

Los estudios de uso de la colección analizan los datos de circulación de los materiales bibliográficos: préstamo a domicilio, uso in situ, identificar el uso que se le da a las colecciones y sus patrones de uso [10].

Para el análisis de los datos, se trabaja con los Indicadores de Gestión Bibliotecarios emitidos por el Comité de Bibliotecas Universitarias de Perú (COBUM). La Tabla 2 comprende los 21 indicadores que permiten conocer que tan efectiva y eficiente es la biblioteca al ofrecer los recursos y servicios considerados por Samamé (2007).

Tabla 2
Indicadores de Gestión para bibliotecas Universitarias

Área	Id.	Nombre
Servicios y colecciones	1.1	Uso de las colecciones.
	1.2	Uso de la colección por área temática.
	1.3	Disponibilidad de los títulos.
	1.4	Uso de las bases de datos.
	1.5	Uso de artículos de revistas electrónicas.
	1.6	Asistencia a las charlas de capacitación para los usuarios.
	1.7	Nivel de satisfacción de los usuarios con el servicio de la biblioteca.
Infraestructura	2.1	Superficie destinada a las salas de lectura.
	2.2	Disponibilidad de asientos.
	2.3	Disponibilidad de computadoras.
	2.4	Disponibilidad de los equipos audiovisuales.
Presupuesto	3.1	Presupuesto dedicado a la actualización de la colección.
	3.2	Presupuesto destinado a la actualización del material según área temática.
	3.3	Presupuesto destinado a la compra y mantenimiento de hardware y software.
	3.4	Presupuesto destinado a la capacitación de los trabajadores.
	3.5	Presupuesto destinado a la elaboración de material de promoción.
	3.6	Costo del procesamiento del material bibliográfico, hemerográfico y especial.
Personal	4.1	Bibliotecarios profesionales por cada 1000 alumnos.
	4.2	Técnicos y auxiliares de biblioteca por cada 500 alumnos.
	.	
Proceso técnico	5.1	Tiempo del proceso de adquisición de un documento.
	5.2	Tiempo empleado en el procesamiento de un ítem.

Fuente: Adaptado de [8].

4.2. Área de gestión: Servicios y colección

4.2.1. Indicador: Uso de las colecciones.

El indicador de uso es uno de los más relevantes, pues de acuerdo a Massísimo (2002) *“la calidad de ésta queda definida en relación con la demanda real de los usuarios, más allá de la polémica existente, sobre si la demanda es el único criterio aceptable para construir las colecciones”* [11].

Para conocer si la colección es acorde a las necesidades de los usuarios de la biblioteca, no solo es necesario identificar la cantidad absoluta de títulos y volúmenes, ya que el porcentaje de crecimiento, da evidencia objetiva para este fin.

En las Tablas 3 y 4 se puede apreciar el crecimiento total en números de la colección en materia de acervo bibliográfico en títulos para la carrera, aproximadamente un 23% y un 24 % en volúmenes son para la carrera de IME, por otro lado vemos que el crecimiento se ha visto muy notorio ya que ha incrementado en más del 50% en títulos y un aproximado del 78% en volúmenes, si consideramos el total del acervo bibliográfico, los resultados en cuanto a incremento han sido favorables, gracias al apoyo y solicitud que generan los docentes, además en la gráfica 1 podemos apreciar el crecimiento de la colección para la carrera en años.

El uso de la colección garantiza la presentación de un servicio adecuado a las necesidades de información y de investigación académica, para ellos en la Tabla 5 se recogieron y analizaron datos sobre la utilización del fondo en sala y préstamo a domicilio, lo cual se puede ver en la evolución en años del número total. Además en la Tabla 6 podemos apreciar el total de ejemplares, de los títulos con mayor grado de demanda, ésta información evidencia el crecimiento que ha tenido la colección.

4.2.2. Indicador: Uso de la colección por área temática.

Se establece la proporción de consulta, según las áreas temáticas del plan curricular, para atender la demanda de los usuarios, considerando los préstamos internos y externos solicitados por los usuarios, en la Tabla 7 se puede apreciar el uso de la colección por materia.

4.2.3. Indicador: Disponibilidad de los títulos.

El desarrollo de la colección debe estar orientado a los fines de la Unidad Académica para poder adecuar el fondo bibliográfico a sus objetivos, programas y a las necesidades de sus usuarios.

La colección de la biblioteca principal de cada Unidad Académica debe proporcionar 5 títulos por materia de la bibliografía básica a la comunidad universitaria, además de formalizar el desarrollo de la colección que sirva de marco para la toma de decisiones en su conformación y mantenimiento, para con ello brindarles la satisfacción a sus usuarios.

Se realiza una descripción acerca de la amplitud y profundidad de las distintas materias que conforman los planes curriculares orientados a la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, para fortalecer el acervo en cuanto a la bibliografía básica del plan.

Tabla 3
Tamaño de la colección

	Acervo general	Acervo IME	Crecimiento de 2014-2016	Porcentaje
Títulos	1,387	302	185	13.33%
Volúmenes	2767	656	442	15.97

Fuente: Los autores.

Tabla 4
Crecimiento de la colección para la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica

	2014	2015	2016
Título	53	109	23
Volúmenes	99	271	82

Fuente: Los autores.

Tabla 5
Datos estadísticos del uso de la colección in situ y a préstamo domiciliar

	Acervo General			IME	
	2014	2015	2016	Total	
Préstamo a domicilio	871	3007	4126	8004	2563
Uso en sala	1768	4117	5648	11533	3624

Fuente: Los autores.

Tabla 6
Títulos con mayor grado de demanda por parte de los alumnos de la carrera

Título	Ejemplares	Uso
Máquinas eléctricas/ Chapman	7	356
Mecánica vectorial para ingenieros: estática /Beer,	4	263
Fundamentos de transferencia de calor /Incropera	5	247
Fundamentos de termodinámica técnica /Moran	3	231
Mecánica de fluidos: fundamentos y ap. / Çengel	4	190
Física para ciencias e ingeniería /Serway	8	176
Mecánica de materiales/ Beer	3	106
Mecánica vectorial p. ingenieros: dinámica /Beer	4	96
Cálculo /Ayres	3	74
Diseño en ingeniería mecánica /Shigley	5	76
Análisis de sistemas de potencia/Grainger	3	71
Manual de inst. eléct. Resid. e industriales/Enríquez	3	57
Fundamentals of engineering thermodynamics/Moran	1	53
Procesos de manufactura/Kalpakjian	3	50
Teoría y problemas de ecuaciones diferenciales /Ayres	1	49
Neumática e hidráulica/Creus	2	47
Ingeniería termodinámica/Rajput	1	45
Principios de transferencia de calor /Frank	5	43
Física e ingeniería mecánica /Serway	1	41
Manufactura, ingeniería y tecnología /Kalpakjian	3	40
Introducción al análisis de circuitos / Boylestad	3	39
Cálculo una variable /Thomas	4	34
La guía completa sobre instalaciones eléctricas/Rojas	2	31
NOM-001-SEDE-2012: inst. eléctricas/Estevez	5	29

Fuente: Los autores.

Las bibliotecas en general, dentro de los planes deben analizar la disponibilidad de la bibliografía básica y complementaria del plan curricular de la carrera, para que sus colecciones se adapten a las necesidades de sus usuarios, y conseguir así que el fondo sea relevante, accesible y útil, de modo que sea posible incrementar el acervo bibliográfico de los planes de estudio con libros nuevos y actualizados.

Considerando el plan curricular de la carrera de la CARHS, se describe en la Tabla 8 la disponibilidad de títulos por materias de la bibliografía básica y complementaria de los nueve semestres que actualmente han sido cursados.

Se realiza una descripción acerca de la amplitud y profundidad de las distintas materias que conforman los planes curriculares orientados a la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, para fortalecer el acervo en cuanto a la bibliografía básica del plan.

Las bibliotecas en general, dentro de los planes deben analizar la disponibilidad de la bibliografía básica y complementaria del plan curricular de la carrera, para que sus colecciones se adapten a las necesidades de sus usuarios, y conseguir así que el fondo sea relevante, accesible y útil, de modo que sea posible incrementar el acervo bibliográfico de los planes de estudio con libros nuevos y actualizados. Considerando el plan curricular de la carrera en la Tabla 8 podemos apreciar la disponibilidad de títulos por materias de la bibliografía básica y complementaria de los nueve semestres, teniendo más bibliografía de apoyo para las materias de los primeros semestres.

Tabla 7
Uso de la colección

Materia	Semestre	Uso		Total
		Sala	Domicilio	
Cálculo	I	51	62	113
Química general	I	53	125	178
Geometría descriptiva	I	7	12	19
Física	I	62	78	140
Álgebra I, II	I y II	96	85	181
Dibujo	I	11	10	21
Cálculo vectorial	II	1	8	9
Cálculo varias variables	II	31	53	84
Ecuación diferenciales	II	33	29	62
Matemáticas aplicadas	III	2	5	7
Estadística	V	10	19	29
Electromagn. I, II	II y III	129	96	225
Circuitos eléct. I, II	VI, VII	81	112	195
Maquinas eléct. A,B	VI	201	155	356
Electrónica I	VI	207	161	368
Sist. de potencia I, II	VII,VIII	42	57	99
Diagramas eléctricos	VII	14	15	29
Instalaciones eléctricas	VII	35	43	78
Ingeniería de control	VIII	14	7	21
Ilum. y protección	IX	42	34	76
Instrumentación	IX			
Mecánica I y II	III,V	316	218	534
Resist. materiales. I, II	I,V	76	76	152
Mecánica de fluidos	V	121	73	194
Cinemática maquinas	V	38	38	76
Circ. Hidr. neumáticos	VI	24	29	53
Procesos de manuf. I, II	VI, VII	27	36	63
Diseño elem. máq. I, II	VI, VII	21	37	58
Sist. hidromecánicos	VIII	16	12	28
Manto. industrial	IX			
Ing. térmica I, II y III	II,IV,V	148	130	278
Plantas térmicas	IX			
Ref. aire acondicionado	IX		3	3
Computación I y II	III, IV			
Ing. asistida comp.	VIII			
Ingeniería de materiales	III	56	48	104
Materiales compuestos	IX			
Inv. de operaciones	VIII			
Control est. de calidad	VIII		1	1
Seg. e higiene industrial	IX			
Admn. y calidad	VII			
Humanidades	V			

Fuente: Los autores.

4.2.4. Indicador: Asistencia a las charlas de capacitación para los usuarios.

Para asegurar la obtención de competencias informativas de los usuarios y el mejor aprovechamiento de los recursos documentales, la biblioteca debe estructurar programas permanentes de formación de usuarios, donde el desarrollo de competencias este presente [12].

La biblioteca debe desarrollar estrategias que permitan a sus usuarios identificar su necesidad de información y hábitos de consulta; así como las competencias informativas con las que cuentan y las que requieran desarrollar, por esta misma razón los bibliotecarios deben promover la participación de los estudiantes y docentes en los programas de formación de usuarios.

La biblioteca organiza capacitación de usuarios a través del departamento de servicios especializados, a nivel individual o colectivo, orientados a talleres informativos sobre el uso de los servicios y recursos, catalogo en línea, biblioteca virtual CREATIVA (bases de datos), entre otros.

Tabla 8.
Disponibilidad de títulos del plan curricular

Materia	Bibliografía a plan curricular	Títulos disponibles	Otros
Cálculo	6	2	14
Química general	2	1	7
Geometría descriptiva	3		9
Física	6	3	10
Álgebra I, II	13	13	8
Dibujo	6	2	5
Cálculo vectorial	4	1	
Cálculo varias variables	3	3	
Ecuación diferenciales	4	2	1
Matemáticas aplicadas	10	1	
Estadística	9	1	4
Electromagn. I, II	129	96	225
Circuitos eléct. I, II	81	112	195
Maquinas eléct. A,B	201	155	356
Electrónica I	207	161	368
Sist. de potencia I, II	42	57	99
Diagramas eléctricos	14	15	29
Instalaciones eléctricas	35	43	78
Ingeniería de control	14	7	21
Ilum. y protección	42	34	76
Instrumentación			
Mecánica I y II	316	218	534
Resist. materiales. I, II	76	76	152
Mecánica de fluidos	121	73	194
Cinemática maquinas	38	38	76
Circ. Hidr. neumáticos	24	29	53
Procesos de manuf. I, II	27	36	63
Diseño elem. máq. I, II	21	37	58
Sist. hidromecánicos	16	12	28
Manto. industrial			
Ing. térmica I, II y III	148	130	278
Plantas térmicas			
Ref. aire acondicionado		3	3
Computación I y II			
Ing. asistida comp.			
Ingeniería de materiales	56	48	104
Materiales compuestos			
Inv. de operaciones			
Control est. de calidad		1	1
Seg. e higiene industrial			
Admn. y calidad			
Humanidades			

Fuente: Los autores.

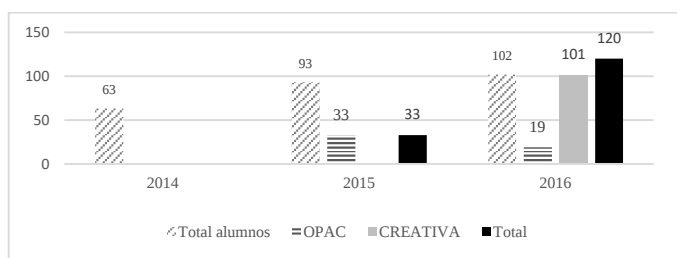


Figura 1. Asistencia a charlas de capacitación.

Fuente: Los autores.

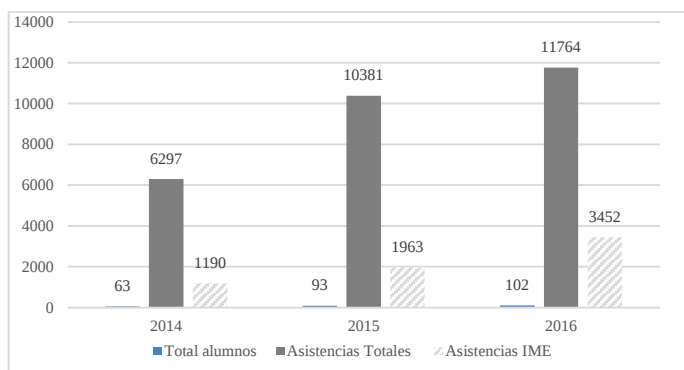


Figura 2. Asistencias usuarios a biblioteca.

Fuente: Los autores.

Desde la incorporación de los cursos de formación de usuarios impartidos por el CIAHS, un dato importante sobre la asistencia en la participación a las capacitaciones de Catálogo electrónico (OPAC) y Biblioteca Virtual Creativa (CREATIVA), se ha visto favorable el incremento y participación de los alumnos cada año transcurrido, lo cual se puede apreciar en la Fig. 1.

La participación en dichas actividades, fue positiva por parte de la comunidad universitaria, durante los cursos de inducción y ciclo escolar, se les da a conocer, los beneficios que las bibliotecas del SISBIB les brindan tales como colecciones, servicios, horarios, capacitación en uso de OPAC, uso de CREATIVA. Además de la participación a capacitaciones se analiza la asistencia de los alumnos a los espacios de la biblioteca, como se aprecia en la Fig. 2, el constante aumento durante los años 2014, 2015 y 2016, para lo cual podemos decir que el servicio es bueno y que en ella encuentran un espacio agradable para la consulta y lectura.

4.2.5. Indicador: Nivel de satisfacción de los usuarios con el servicio de la biblioteca.

Los porcentajes que se aprecian en las Figs. 3 y 4 son el resultado de una encuesta que nos permite medir la calidad del servicio que brinda la biblioteca universitaria, de acuerdo a las opiniones de los alumnos de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la CARH.

Los usuarios que solicitan un servicio reciben amabilidad, cordialidad y suficiente atención a su solicitud por parte del personal a cargo del servicio que les brinda la biblioteca. Además de que al momento de solicitar apoyo al personal para

resolver una necesidad de investigación, la orientación o explicación en la localización del material, el personal que los atiende, se encuentra en la total disponibilidad para atender las necesidades de información de la comunidad universitaria. Mientras que la mayoría de los usuarios se encuentra satisfecho con la calidad del servicio que se les brinda, aun así existe una minoría que no está totalmente de acuerdo en la satisfacción en cuanto a calidad del servicio, por otro lado se encuentra la asistencia a la biblioteca, los usuarios en su mayoría asisten una vez por semana hacer uso de las instalaciones pero esto no significa que usen con frecuencia los materiales bibliográficos que se resguardan en el acervo., lo cual descarta que los alumnos no asistan a la biblioteca por inconformidad en el trato.

En cuanto a uso del material bibliográfico, se consideró pertinente preguntarles a los alumnos ¿Cuál es el título que más usan?, de valor con mayor porcentaje respondieron, mecánica (37%), seguido de mecánica vectorial para ingenieros (21%) y cálculo con (14%), mientras que 28% se divide entre física, electricidad y magnetismo, fundamentos de termodinámica y máquinas eléctricas y teoría y teoría de circuitos, para lo cual lo podemos ver en la Tabla 9. A demás de que se les dio la opción de sugerir títulos, lo cual en la Tabla 10 muestra sugerencias para la incorporación al acervo bibliográfico, considerando la disponibilidad de títulos y volúmenes dentro de la colección, para su posterior uso y circulación.

Uno de los métodos más fiables para conocer el uso de la colección y su relevancia es preguntar sobre ellos directamente a los usuarios, realizando la encuesta de opinión, mediante ella recogemos datos relevantes como satisfacción de biblioteca, servicios, uso de colección.

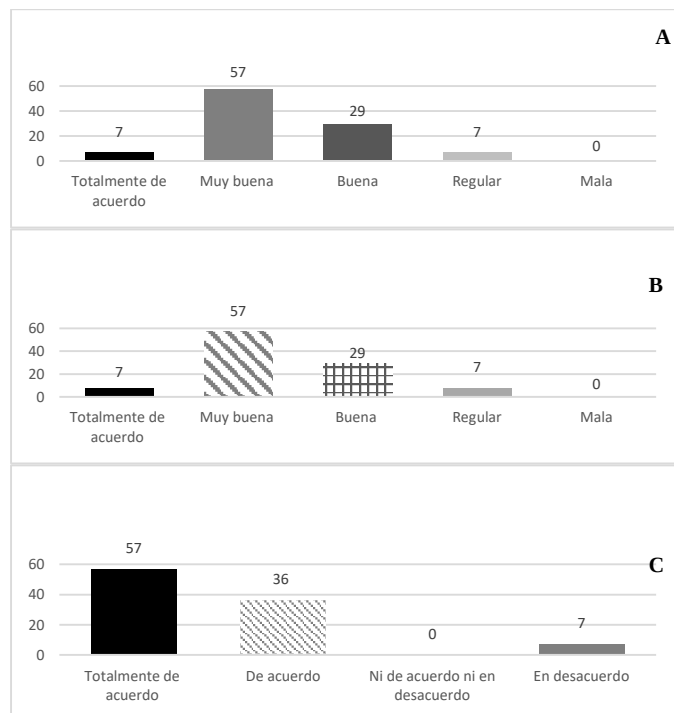


Figura 3. Satisfacción del usuario hacia 3A el trato que recibe del bibliotecario, 3B el apoyo para resolver dudas que recibe del personal y 3C la calidad de los servicios ofrecidos por la biblioteca.

Fuente: Los autores.

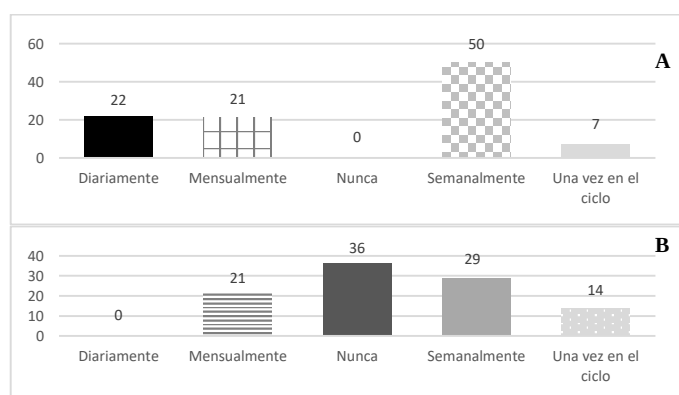


Figura 4. Frecuencia en el uso de material bibliográfico 4A y 4B frecuencia de uso de servicios bibliotecarios a través de internet.

Fuente: Los autores.

Tabla 9

Colección de biblioteca, título de mayor uso

Título	%
Física	7
Mecánica	37
Electricidad y magnetismo	7
Fundamentos de termodinámica	7
Maquinas eléctricas y teoría de circuitos	7
Mecánica vectorial para ingenieros	21
Calculo	14

Fuente: Los autores.

Tabla 10

Recomendación de títulos para ingresar a la colección

Título	%
Física conceptual	7%
Calculo vectorial	15%
Estadística	8%
Calculo de varias variables	23%
Mecánica vectorial para ingenieros	8%
Maquinas	8%
Introducción a la transferencia de calor	8%
Ingeniería térmica	15%
Calculo multivariable	8%

Fuente: Los autores.

4.2.6. Indicador: Presupuesto dedicado a la actualización de la colección.

Anualmente se desarrolla el proyecto de desarrollo de colecciones en el que se justifica la necesidad del presupuesto asignado para el incremento de la colección, constituye la herramienta fundamental para desarrollar con éxito las funciones de planeación, coordinación y control, el cual permite fortalecer el acervo bibliográfico.

El presupuesto para la biblioteca debe ser al menos el 5% del presupuesto global institucional, de los cuales el 40% se signa a cubrir las necesidades de infraestructura y desarrollo de colección [9]

La distribución del presupuesto, se asigna realizando un análisis, tomando en cuenta criterios como (compra en volumen, títulos, presupuesto asignado por año y el ejercido) a través de la propuesta de desarrollo de colecciones, que se presenta a la Dirección General de Sistema de Bibliotecas a

Tabla 11

Presupuesto dedicado a la actualización de la colección

Año	Presupuesto ejercido	Costo promedio
2014	\$28,012.19	\$282.95
2015	\$112,177.06	\$413.95
2016	\$28,466.38	\$474.44

Fuente: Proyecto de desarrollo de colecciones del sistema de bibliotecas.

inicio de año, dando prioridad a los materiales de bibliografía básica y complementaria que se encuentren contemplados en los programas académicos vigentes, de investigación y de actualización. La Tabla 11, muestra el presupuesto asigno a biblioteca por año y el coste promedio por libro.

4.2.7. Indicador: Bibliotecarios profesionales por cada 1000 alumnos.

A fin de garantizar la correcta operación y funcionamiento de los servicios que brinda el Centro Integral de Aprendizaje, y que satisfagan con eficiencia las necesidades de los usuarios, es indispensable que personal sea integrada por especialistas en el área de bibliotecas, por lo tanto debe existir personal especializado en bibliotecología con capacidad y liderazgo por cada 1000 alumnos, además de 1 un apoyo (servicio social) por cada 500 alumnos, con estudios mínimos de secundaria el cual debe recibir capacitación de acuerdo a las tareas que desempeñe, buen trato y cordialidad, ya que el personal es un factor vital para el cumplimiento de las funciones, debido a que contribuye el vínculo entre los recursos documentales y los servicios de información [10].

Las instituciones deben proporcionar a la biblioteca los recursos necesarios para ofrecer servicios adecuados, suficientes y actualizados, en forma sostenida y permanente, acorde la misión, visión y objetivos de la institución; que cubran las necesidades de los usuarios, con forme la naturaleza de los programas académicos.

Los recursos humanos de la biblioteca representan el activo más importante y decisivo en la organización a la cual pertenecen, para dar una respuesta eficaz a las exigencias de medio en el que se desenvuelven.

4.3. Petición de solicitud para la adquisición de material bibliográfico

El libro impreso es una de las principales herramientas de apoyo utilizadas para el proceso de enseñanza aprendizaje, por consiguiente habrá de contribuir en la adquisición de obras de texto, consulta, etc., que permite fortalecer, actualizar e incrementar el acervo bibliográfico de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, para apoyar la docencia y la formación académica de los alumnos, siendo así que durante el periodo de 2014 ha fechas actuales se adquirieron 185 títulos con una total de 402 volúmenes, gracias al apoyo e interés por parte de la planta docente en generar solicitudes.

4.4. Relación entre la colección y los resultados académicos de los estudiantes

En la Tabla 12 se muestra el promedio los porcentajes de aprobación de cada materia de las generaciones 2012 a la 2016

de la carrera de IME, así como el número de consultas realizadas por los estudiantes en esas materias.

Para determinar si existía una correlación entre esas variables se realizó un análisis de regresión lineal utilizando el software Excel, se esperaba que existiera una relación positiva, es decir, que a mayor consulta de la información bibliográfica mayor índice de aprobación de los estudiantes, si bien es cierto, el problema es multifactorial, se esperaba que los efectos de leer bibliografía referente a las disciplinas se viera reflejada en el aprendizaje e impactara por lo tanto en la aprobación de los cursos, aunque a decir verdad el que accedan a la bibliografía es solo un indicador, ya que no significa que lean el libro y mucho menos que asimilen su contenido. De cualquier modo a manera de descripción inicial se desea conocer si de alguna manera hay un impacto positivo, pero como se observa en la Fig. 5.

El grafico de dispersión hace evidente que no se presenta una tendencia o relación entre los datos, las estadísticas de regresión se muestran en la Tabla 12 y se observa que el coeficiente de correlación es cercano a cero y por lo tanto la correlación es casi nula.

Tabla 12

Descripción de porcentajes de aprobación y el número de consultas por materia

Materia	Promedio aprobación	No. Consultas
Administración y Calidad	92.5	0
Algebra I y II	41.8	181
Calculo	31.4	113
Calculo en Varias Variables	28.4	84
Calculo Vectorial	47.8	9
Cinemática de Las Maquinas	92.7	76
Circuitos Hidráulicos y Neumáticos	81	53
Circuitos Eléctricos I y II	80.2	165
Computación I y II	72.1	0
Control Estadístico de Calidad	78.1	1
Diagramas Eléctricos	100	29
Dibujo	42.7	21
Diseño de Elementos de Maquina I	92	58
Ecuaciones Diferenciales	24.7	62
Electromagnetismo I y II	53.75	225
Electrónica I	94.9	368
Estadística	86.4	29
Física	42.8	140
Geometría Descriptiva	63.4	19
Humanidades	96.1	0
Iluminación y Protección	100.0	76
Ingeniería Asistida por Computadora	96.2	0
Ingeniería Térmica I, II y III	51.6	278
Ingeniería de Control	20.8	21
Ingeniería de Materiales	83.8	104
Instalaciones Eléctricas	100.0	78
Instrumentación	100.0	0
Mantenimiento Industrial	100.0	0
Maquinas Eléctricas A y B	84	356
Matemáticas Aplicadas	73.7	7
Materiales compuestos	87	0
Mecánica de Fluidos	75.5	194
Mecánica, I, II y III	36.93	534
Plantas Térmicas	100.0	0
Procesos de Manufactura I y II	91.9	63
Química General	50.8	178
Refrigeración y Aire Acondicionado	36.0	3
Resistencia de Materiales I y II	68	152
Seguridad E Higiene Industrial	100.0	0
Sistemas Hidromecánicos	100	28
Sistemas de Potencia I y II	94.4	99
Investigación de operaciones	81.3	0

Fuente: Los autores.

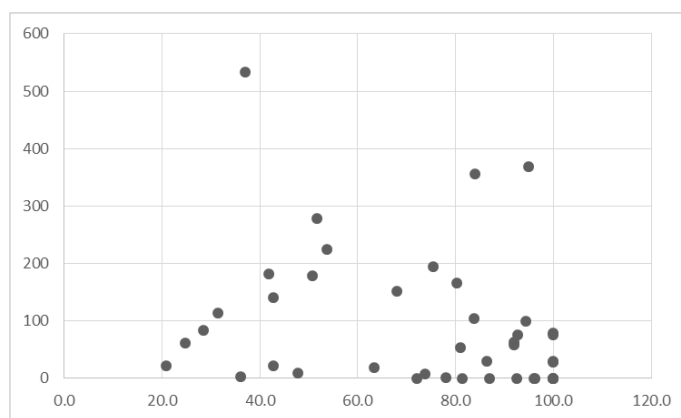


Figura 5. Diagrama de dispersión para identificar la correlación entre el porcentaje de aprobación de las materias y el número de consultas realizadas. Fuente: Los autores.

Tabla 13

Estadísticos de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0.25374218
Coefficiente de determinación R ²	0.06438509
R ² ajustado	0.04099472
Error típico	24.8883651
Observaciones	42

Fuente: Los autores.

Es importante notar que solo ha egresado una generación y existen materias que aún no se han cursado y algunas solo la han cursado dos generaciones, esto impacta porque durante la primera generación a partir del sexto semestre solo había 5 estudiantes, los cuales se mantuvieron hasta el final y a partir de ahí el porcentaje de reprobación fue de cero. Se les hizo una entrevista a los 5 estudiantes para conocer porque si habían tenido índices de aprobación del 100% no habían realizado consultas en la biblioteca, ellos argumentaron que la búsqueda de información y lectura de los temas la hacían directamente de libros electrónicos, y que al ser un grupo más pequeño realizaban círculos de estudio, también refirieron que los títulos de los últimos semestres no estaban disponibles en la biblioteca al ser de mayor grado de especialidad.

Estos resultados hacen necesario el realizar una investigación donde se explique a mayor profundidad este comportamiento.

5. Conclusiones

Se ha encontrado que la colección de la biblioteca ha tenido aproximadamente un 25% de crecimiento anual en títulos y un 35% en volúmenes. El 88% de las materias de la carrera de Ingeniería Mecánica cuenta con al menos un título en la colección, este estudio ha permitido identificar las necesidades de compra de acuerdo a las características del programa educativo. En cuanto a la calidad del servicio, ha permitido identificar áreas de oportunidad de acuerdo a la percepción del usuario sobre el servicio recibido por la bibliotecaria. Se ha identificado la necesidad de adquirir los libros necesarios para cubrir el 100% de la bibliografía tanto básica como complementaria del plan de estudios, además de incorporar

literatura de novedad. Se considera como una debilidad el que utilicen libros electrónicos debido a que no se tiene la certeza de que los estudiantes tengan la autorización para su descarga, esto para proteger los derechos de autor, por otro lado identificar esta práctica permite someter a evaluación la adquisición de volúmenes electrónicos desde la biblioteca virtual, ya que con el servicio actual existen a disposición algunos volúmenes pero no se pueden descargar solo visualizar dentro de las bases de datos, los estudiantes de la coordinación debido a la lejanía de las comunidades y las condiciones económicas no cuentan con servicio de internet en casa lo que limita el acceso a la información. Ha sido visto que la participación activa de los estudiantes en las capacitaciones ha contribuido a mejorar el uso de los recursos bibliotecarios. Se evidencia que, al haber un tope máximo de 5 volúmenes por título, en los libros de mayor demanda, el servicio no es suficiente, por lo cual se busca la manera de implementar acciones que satisfagan las necesidades de los estudiantes. Esta investigación ha permitido identificar las materias de mayor índice de reprobación, algunos hábitos de estudio de los estudiantes y prácticas sobre la búsqueda de información, los estudiantes recurren a material virtual y libros electrónicos lo cual plantea retos en cuanto a la asignación de los recursos para la adquisición de libros, diseñar estrategias de tutorías y seguimiento estudiantil para impactar en sus hábitos de lectura y la necesidad de diseñar esquemas de monitoreo más eficientes que aseguren una mejor calidad educativa. Así mismo, se realiza un estudio más profundo, que permita identificar hábitos de estudio de los estudiantes, el uso de los libros, actividades de trabajo individual y grupal a fin de mejorar su desempeño académico. También se incluye a las metodologías de enseñanza de los profesores.

Referencias

- [1] Mireles-Cárdenas, C., Normas para la construcción de bibliotecas: una aproximación para su evaluación., San Luis Potosí, México: UASLP / ECI. [en línea]. 2015. [Consultada: 08/07/2017]. Disponible en: <http://ninive.uaslp.mx/jspui/handle/i/4075>
- [2] UASLP, Creativa, Departamento de Bibliotecas, [en línea]. [Consultada: 14/06/2017]. Disponible en: <http://creativa.uaslp.mx/>.
- [3] Alonso-Arévalo, J., Echeverría-Cubillas, M.J. y Martín-Cerro, S., La gestión de las bibliotecas universitarias: indicadores para su evaluación. Indicadores en la Universidad: información y decisiones. [en línea]. 1999. 14 P. [Consultada: 20/07/2017]. Disponible en: <http://eprints.rclis.org/4285/1/Indicadores.pdf>
- [4] Pinto, M., Balagué, N. y Anglada, L., Evaluación y calidad en las bibliotecas universitarias: experiencias españolas entre 1994-2006. Revista Española de Documentación Científica, 30(3), pp. 364-383, 2007. DOI: 10.3989/redc.2007.v30.i3.390
- [5] Cruz-Durañona, M. y Marañón-Rodríguez, E., Estrategia para transformar la biblioteca Juan Cristóbal Nápoles Fajardo en un centro de recursos para el aprendizaje y la investigación que contribuya al desarrollo cultural de la Comunidad Universitaria de las Tunas. Didasc@lia: Didáctica y Educación. 9(5), pp. 179-192, 2018.
- [6] González-Castillo, R., Taller sobre indicadores de calidad presentados en las I Jornadas Universitarias de Calidad y Bibliotecas "Los retos de la calidad" [en línea]. 2008, 22 P. [Consultada: 08/07/2017]. Disponible en: <https://eciencia.urjc.es/bitstream/handle/10115/1285/CON%20GONZALEZ%20TALLER%20CALIDAD.pdf;jsessionid=14DAF9DB29163B24E6BB008FB8874803?sequence=1>
- [7] CUMEX, Definición de indicadores de calidad para ingreso y permanencia al CUMex. Secretaría Auxiliar de Relaciones Interinstitucionales. [en línea]. 2008. [Consultada: 06/07/2017]. Disponible en: http://sari.unach.mx/images/Indicadores_de_Calidad_del_CUMex.pdf
- [8] COBUN, C.D., Indicadores de desempeño para bibliotecas universitarias. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. [en línea]. 2008. [Consultada: 06/07/2017]. Disponible: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/libros/2008/indica_buniver.pdf
- [9] Barragán, L.F., Indicadores de gestión en bibliotecas universitarias. San Luis Potosí, México. [en línea]. 2010. [Consultada: 06/07/2017]. Disponible en: <http://slideplayer.es/slide/1106241/>
- [10] Samamé-Mancilla, G.L., Indicadores de desempeño para bibliotecas universitarias nacionales. [en línea]. 2007, pp. 1-16. [Consultada: 10/02/2017]. Disponible en: <http://eprints.rclis.org/11165/?mode=full>
- [11] Sánchez-de Boado, A.Massísimo I À., Evaluación de colecciones en las bibliotecas universitarias (I). Métodos basados en el estudio de la colección. Anales de Documentación. [en línea]. 5, pp. 245-272, 2002. [Consultada: 22/07/2017]. Disponible en: <http://eprints.rclis.org/11993/>
- [12] CONPAB-IES, Normas para bibliotecas de instituciones de educación superior: Consejo Nacional para Asuntos Bibliotecarios de las Instituciones de Educación Superior; Comité Técnico para el Análisis y Actualización de las Normas del CONPAB-IES. — 2 da. Ed. Revisada. La Paz, Baja California Sur: El Consejo, [en línea]. 2012, pp. 61-78. [Consultada: 06/03/2017]. Disponible en: <http://www.conpab.org.mx/librosVersionHtml/pdf/Normas.pdf>

Anexo

Encuesta a usuarios del Centro de Información.

- 1.- En general, estoy satisfecho con la manera como me tratan en la biblioteca.
 - a) Totalmente de acuerdo
 - b) De acuerdo
 - c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo
 - d) En desacuerdo
 - e) Totalmente en desacuerdo
- 2.- En general, estoy satisfecho con el apoyo de la biblioteca para mi aprendizaje (o mis necesidades de investigación o de enseñanza)
 - a) Totalmente de acuerdo
 - b) De acuerdo
 - c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo
 - d) En desacuerdo
 - e) Totalmente en desacuerdo
- 3.- En general, Cómo evaluarías la calidad del servicio que ofrece la biblioteca?
 - a) Muy buena
 - b) Buena
 - c) Regular
 - d) Mala
- 4.- ¿Con qué frecuencia usas el material de la biblioteca?
 - a) Diariamente
 - b) Mensualmente
 - c) Nunca
 - d) Semanalmente
 - e) Una vez en el ciclo
- 5.- ¿Con qué frecuencia usas los servicios de la biblioteca a través de internet?
 - a) Diariamente
 - b) Mensualmente
 - c) Nunca
 - d) Semanalmente
 - e) Una vez en el ciclo
- 6.- De la colección de la biblioteca. ¿Cuál es el título que más usas?
- 7.- Menciona un título de un libro, que quieras que este en la colección.

A. Bravo-Castillo, es Lic. en Bibliotecología, Facultad de Ciencias de la Información, por la UASLP. Responsable del Centro Integral de Aprendizaje Región Huasteca Sur del Sistema de Biblioteca de la UASLP. Promotora de actividades de lectura al interior de la Universidad y en instituciones educativas de educación básica, lo cual la llevado a participar como cuentacuentos y

tallerista de lectura orientadas a la ciencia dentro de la Semana Nacional de Ciencia y Tecnología, Ferias de Ciencia, entre otras.

ORCID: 0000-0002-0279-9157

C.delP. Suarez-Rodríguez, es Lic. en Electrónica Física, Facultad de Ciencias, MSc. en Metalurgia e Ingeniería de Materiales, Facultad de Ingeniería, ambas por la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Dra. en Física Educativa, por el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional. Profesora investigadora de la Coordinación Académica Región Huasteca Sur de la UASLP. Adscrita a la carrera de IME. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel I. Miembro Fundador de la Sociedad Potosina de Física, La red de divulgación de Ciencia y Tecnología del Consejo Potosino de Ciencia y Tecnología y del Grupo de Divulgación "Ciencia en Contexto", Vicepresidente de la Asociación Americana de Profesores de Física sección México.

ORCID: 0000-0003-3043-3037

N.I. Ortega, es Lic. en Economía, Facultad de Economía, UASLP, MSc. en administración con enfoque a comercialización estratégica, en la Universidad del Valle de México, Campus San Luis. Secretaria escolar de la Coordinación Académica Región Huasteca Sur de la UASLP, se ha desempeñado en el sector empresarial realizando la comercialización de productos industriales y automotrices como coordinadora del Departamento al Servicio a Clientes. También ha ejercido su profesión en empresas de servicios como consultor en cadenas de suministros, desarrollo de proveedores, compras planeación, logística e inventarios.

ORCID: 0000-0001-6641-3447

Metodología para obtener resultados exitosos en la dirección de tesis de grado

Gladys Caicedo-Delgado

Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Cali, Colombia. nayiver.gladys.caicedo@correounivalle.edu.co

Resumen— Este artículo presenta una metodología que se ha perfeccionado durante treinta años de experiencia dirigiendo trabajos y tesis de grado en pregrado, maestría y doctorado, en la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad del Valle. Esta metodología presenta las etapas más relevantes para obtener resultados exitosos en la dirección de tesis de grado, donde el término “exitoso” se refiere a que la relación entre el tutor y el estudiante es respetuosa, y que el estudiante aprenda a: estructurar una propuesta de trabajo para identificar y resolver un problema, realizar una búsqueda de literatura científica sobre un tema específico, estructurar y redactar un documento técnico, aplicar el método científico y a realizar presentaciones concretas, sencillas e impactantes. Como experiencia personal al aplicar esta metodología, se obtienen tesis de buen nivel en el tema abordado que pueden ser utilizadas en aplicaciones industriales.

Palabras Clave— dirección; tesis de grado; metodología; director de tesis.

Recibido para revisar Enero 15 de 2018, aceptado Mayo 10 de 2018, versión final Mayo 22 de 2018

Methodology to obtain successful results in the degree thesis management

Abstract— This article presents a methodology that has been perfected during thirty years of experience directing works and theses of degree in undergraduate, masters and doctorate, in the School of Electrical and Electronic Engineering of the Universidad del Valle. This methodology presents the most relevant stages to obtain successful results in the thesis direction, where the term “successful” refers to the relationship between the tutor and the student is respectful, and the student learns to: structure a proposal of work to identify and solve a problem, conduct a search of scientific literature on a specific topic, structure and write a technical document, apply the scientific method and make concrete, simple and impactful presentations. As a personal experience in applying this methodology, good theses are obtained in the topic addressed that can be used in industrial applications.

Keywords— guidance; thesis; methodology; thesis director.

1. Introducción

Un buen profesor universitario debe contar con tres características principales para realizar un trabajo con calidad y con transcendencia, debe ser un buen docente, es decir desarrollar habilidades pedagógicas que le permitan organizar, sintetizar y plasmar en un material didáctico el conocimiento con el fin de transferirlo de una manera efectiva a la mayor parte de los estudiantes. Por otra parte, también debe ser un buen investigador, es decir debe estar permanentemente en la

búsqueda de conocimiento, lo cual implica estudiar continuamente para adquirir nuevos conocimientos teóricos y manejo de software de simulación con el fin de especializarse en uno o dos temas de trabajo. Además, debería conocer las necesidades del medio para aplicar los últimos conocimientos en la solución a problemas reales. De acuerdo a mi experiencia laboral, dado la gran cantidad de estudiantes tesisistas a mi cargo, el estudio de mis temas de investigación lo he desarrollado a través de los tesisistas, esta particularidad me ha permitido desarrollar habilidades de dirección de tesis.

Por otra parte, la realización de las tesis de grado hace parte del proceso de formación académico y científico para los estudiantes y una vez terminadas se utilizan como difusión del conocimiento, a través del documento y de las publicaciones técnicas que son el resultado de trabajos y tesis de grado. Por estas razones, el proceso de dirección de tesis debe abordarse con responsabilidad y profesionalismo científico para obtener resultados serios [1], confiables y que trasciendan.

Sin embargo este trabajo de dirección no es sencillo debido a la complejidad de los temas estudiados, la identificación precisa del problema a resolver, los objetivos deben ser irrepetibles, por lo tanto, se debe contar con un banco de problemas a resolver en su área de trabajo. Además, para cada tesis se debe estructurar la aplicación del método científico para la validación de sus resultados. En cuanto a la parte humana se tiene una gran deficiencia por parte de los estudiantes en la identificación de las ideas principales y la estructuración de un texto técnico, sin olvidar las diferencias de los estudiantes en cuanto a su forma de aprender, nivel de autonomía intelectual, compromiso con su trabajo de acuerdo a sus circunstancias económicas y familiares, lo que implica que el estilo de dirección no puede ser único.

Según [2] las dificultades más comunes para elaborar una tesis son: elección del tema (45%), elección del área (17%), recopilación de información (12%), estructuración de la propuesta (8%) y diversas (18%) que corresponden a: ausencia de líneas de investigación, la falta de interés por parte del estudiante, deficiencias en la dirección de la tesis, carencia de fuentes de información y referencias, poco tiempo para dedicarlo a la investigación, falta de creatividad y experiencia en investigación por parte del director.

Como citar este artículo: Caicedo-Delgado, G., Metodología para obtener resultados exitosos en la dirección de tesis de grado. Educación en Ingeniería, 13(26), pp. 64-70, Julio, 2018.

El objetivo de este artículo es presentar una metodología de dirección de tesis, que he perfeccionado durante 30 años con más de cien tesis dirigidas en ingeniería eléctrica, en maestría en ingeniería eléctrica y el doctorado en ingeniería con énfasis en ingeniería eléctrica. La cual ha sido utilizada con buenos resultados, ya que al finalizar la tesis los objetivos se cumplen en el tiempo estipulado, el tema se desarrolla con profundidad y los resultados obtenidos son confiables debido a la utilización del método científico. Debido a lo anterior al finalizar el trabajo se cuenta con un documento fácil de leer y artículos para ser publicados en revistas científicas.

Lo novedoso de esta metodología es que además de considerar los aspectos técnicos, también considera aspectos pedagógicos y humanos, pues trabajamos con seres humanos que tienen fortalezas y debilidades, no solo técnicas sino también personales, las cuales deben tenerse en cuenta en la asignación de los objetivos y el estilo de seguimiento.

2. Etapas de la metodología

2.1. *Enganche y entrevista para selección de tesis*

2.1.1. Enganche de los estudiantes

En general se realiza de tres formas:

- Imagen del profesor como director de tesis

Los estudiantes realizan pocas elecciones respecto a su curriculum, una es la selección de sus electivas y otra a sus tutores, esto implica que existe competencia entre los profesores para captar los mejores estudiantes. Los estudiantes consultan con los estudiantes más avanzados sobre los tutores, y el aspecto de mayor relevancia consultado es sobre el nivel de compromiso del tutor con el tesista, es decir el acompañamiento que realiza el director durante toda la tesis que se refleja en la asignación de un horario de atención para realizar seguimiento, aclarar dudas, orientación en el material de estudio de acuerdo a su avance, definir y estructurar cada capítulo, revisión y corrección de cada capítulo, definición y revisión de la presentación final y del artículo a publicar.

- Presentación de su trabajo en el curso de anteproyecto

También pueden engancharse estudiantes realizando en el curso de anteproyecto presentaciones sobre sus temas de investigación, las diferentes tesis y proyectos realizados y a realizar.

- Información en cartelera e internet

Según mi experiencia prefiero seleccionar los tesis que solicitan en mi oficina este servicio de dirección de tesis, y aunque pocos me conocen porque dicto clases en los últimos semestres ya han solicitado referencias sobre mi estilo de trabajo y están dispuestos a trabajar con disciplina y rigurosidad para obtener resultados de calidad. Durante estos 30 años de trabajo, el 98% de mis tesis vienen referenciados por mis ex tesis.

2.1.2. Entrevistas a los estudiantes

Las preguntas que realizo para determinar el compromiso que tienen los estudiantes para desarrollar su tema de tesis son: disponibilidad de tiempo para realizar la tesis, forma de financiación de sus estudios, entorno familiar, ha iniciado otra

tesis con otro profesor, método de estudio y promedio acumulado de la carrera.

Los criterios que utilizo para aceptar los tesis son: que cumplan con las tareas que se asignan en el tiempo establecido, que asistan a las reuniones en los horarios establecidos, que sean respetuosos y acepten jerarquías. También es muy importante que sean autónomos para trabajar, lo cual es difícil evidenciar en una entrevista.

2.2. *Criterios de asignación de temas de tesis*

Los profesores generalmente tienen uno o dos líneas de investigación, en estos temas que son de nuestro dominio la dirección de estas tesis es más sencilla. Sin embargo a veces se considera estratégico iniciar una nueva línea de trabajo, lo que implica empezar de cero porque la temática se desconoce, por lo tanto existe un riesgo en la asignación de objetivos muy extensos, estos temas deben realizarse con los mejores estudiantes y en caso de tener objetivos muy extensos se debe enviar al programa académico una carta solicitando cambio de objetivos para oficializar los nuevos objetivos y que el estudiante termine su trabajo en el tiempo límite.

Los criterios para asignar los temas de tesis son acordados con los estudiantes después de conversar sobre sus preferencias temáticas y habilidades (matemáticas, desarrollo de software, desarrollo de hardware, interés hacia la docencia, asesoría, investigación o empresario). Luego presento al estudiante las diferentes propuestas de tesis que puedo ofrecer para que seleccione una.

2.3. *Responsabilidades del director y del estudiante*

2.3.1. Responsabilidades del director

Los directores de tesis debemos ser la luz que ilumina el camino del estudiante durante la realización de su trabajo o tesis de grado, sin esta luz será difícil que alcancen su meta. Además, debemos tener en cuenta que como seres humanos nuestros estudiantes tienen: temor a lo desconocido y deficiencias académicas y personales. Además, cuando detecto deficiencias personales se las verbalizo para que el estudiante haga conciencia de su hábito y trabaje en mejorarlo, las más comunes son: aprender a escuchar, seguir instrucciones, organizar sus ideas antes de hablar, puntualidad, mejorar su seguridad y defender respetuosamente sus ideas y su trabajo. También, como directores somos responsables de:

- Definir el tema y objetivos de la tesis
- Orientar al estudiante durante todo el tiempo de duración de la tesis
- Asignar trabajo semanal y hacer seguimiento
- Garantizar la escritura de un buen documento que cumpla la norma de redacción de texto.
- Garantizar una presentación final clara, sencilla y precisa.

2.3.2. Responsabilidades del estudiante

Los estudiantes deben respetar la jerarquía y adaptarse al estilo de dirección del director, además deben conocer la

reglamentación de la Universidad sobre la realización del anteproyecto, entrega del documento, evaluación y sustentación de su trabajo o tesis de grado. También son responsables de:

- Cumplir con las tareas asignadas por el director.
- Desarrollar autonomía intelectual.
- Estudiar para alcanzar claridad conceptual sobre el tema.
- Redactar un documento claro, estructurado y preciso que facilite su lectura.
- Cumplir con la reglamentación de la Universidad sobre trabajo y tesis de grado.

2.4. Tipos de temas de tesis

Los temas de tesis pueden ser muy variados, a continuación se presenta un listado sobre los más realizados:

- Revisión bibliográfica o estado del arte sobre un tema.
- Conceptualización teórica sobre un tema.
- Diseño o implementación de un prototipo (equipo, sistema de seguridad, sistema de regulación).
- Diseño o implementación de software didáctico, automatización de procesos o decisión.
- Desarrollo de metodología nueva o existente para resolver un problema particular.
- Modelos matemáticos de un equipo o sistema particular.
- Evaluación de diferentes modelos matemáticos de un mismo equipo.
- Evaluación comparativa de un equipo en diferentes marcas.
- Análisis funcional de sistemas existentes o nuevos.
- Análisis de la evaluación del desempeño de ubicación de equipos sobre un sistema.
- Organización estructurada sobre un tema (fraudes en un servicio, tipos de fallas en un elemento o sistema).
- Influencia de la conexión de un equipo sobre la respuesta de un sistema (simulado-real).
- Modernización de un equipo o sistema.
- Guías didácticas de ejemplos analíticos y simulados sobre un tema.
- Solución de un problema concreto de un equipo o sistema existente
- Criterios de ajuste de equipos especializados.
- Especificaciones de equipos especializados.
- Metodologías para identificación de fallas en sistemas complejos.
- Clasificación de tipologías de falla en equipos.
- Metodología de ubicación de falla en sistemas complejos.
- Levantamiento de información de ajuste de equipos especializados.

2.5. Orientación y seguimiento de tesis

Una vez aceptado un nuevo tesista y asignado los objetivos de su tesis, el director debe realizar un seguimiento continuo con el fin de identificar los aspectos en los cuales debe apoyar al estudiante y cómo debe orientarlo en el estudio y la búsqueda del conocimiento. Es importante en esta etapa considerar los siguientes aspectos:

2.5.1. Tomar sus datos personales

Se solicita la siguiente información: correo electrónico, teléfono celular, número de cedula y código estudiantil con el fin de mantener una comunicación permanente, enviar información y realizar los permisos de entrada a los sitios que se requieren visitar. Cuando se tienen muchos tesistas, esta información se almacena en un archivo en Excel, de esta manera se puede consultar fácilmente. En las tesis que requieren confidencialidad se hace firmar un acta de confidencialidad sobre el manejo de la información.

2.5.2. Asignación de horario de trabajo

Es importante acordar un horario de atención de una hora semanal, si por alguna circunstancia cualquiera de los dos no puede asistir debe informarle a la otra persona. Al inicio de cada sección el estudiante presenta la tarea asignada al director y al final del horario, de acuerdo a los avances, el director debe asignar una nueva tarea que pueda preferiblemente realizarse en una semana. El manejo de los horarios de atención se realiza sobre una Tablet, la cual permite realizar la planeación mensual de todos tesistas y llevar un registro de las tareas que debe realizar cada estudiante semanalmente.

2.5.3. Escritura del anteproyecto [3,4]

Cuando un estudiante busca un director de tesis, el tema de la investigación se limita generalmente a los temas de trabajo del profesor. El primer compromiso del director con el tesista es asignar los objetivos de la tesis, luego se debe iniciar el proceso de escritura del anteproyecto o propuesta de la tesis en la cual se define que se va a hacer, como se va a hacer, los recursos con los que se cuentan y el tiempo de duración. Es decir, el anteproyecto es el documento donde se realiza la planeación del proyecto, debe ser concreto y utilizarse máximo 10 páginas. Aunque la estructura del anteproyecto es definida por cada institución, en general consta del siguiente contenido:

• Justificación

En este punto se debe indicar porqué es importante desarrollar el proyecto, puede tener argumentos técnicos, académicos, económicos, científicos, sociales, etc.). También debe mostrar el desarrollo del problema en sus etapas más importantes y lo que se ha hecho para solucionarlo.

• Formulación del problema

Se debe expresar en forma concreta cuál es la dificultad técnica, económica o social que se resolverá en la investigación. También se deben resaltar los aspectos complejos asociados al problema a resolver que ameritan realizar un proyecto de grado. Al finalizar se debe plantear la hipótesis de la investigación a resolver.

• Objetivos

El objetivo principal debe ser preferiblemente uno solo y que pueda ser demostrable con el método científico, los objetivos específicos máximo cinco y deben plantearse y organizarse de una manera secuencial para alcanzar el objetivo principal y que puedan entregarse resultados tangibles. El

objetivo principal debe definir el alcance del problema a resolver, generalmente empieza con un verbo en infinitivo muy específico que describa en forma precisa la actividad a realizar en la tesis; además, debe ser limitado para ser desarrollado en el tiempo estipulado para cada trabajo o tesis de grado y contar con los recursos necesarios para que sea viable.

- **Título**

Generalmente, el título se obtiene del objetivo principal, reemplazando el verbo en infinitivo por su respectivo sustantivo.

- **Resultados esperados**

Se refieren a los resultados que se obtendrán del proyecto, estos deben ser tangibles y concretos y deberían obtenerse al cumplir los objetivos específicos.

- **Metodología**

Es la descripción de cómo y con qué recursos se obtendrán los resultados del proyecto, generalmente se realiza tomando cada uno de los objetivos específicos y asignando las actividades requeridas y los recursos necesarios para alcanzarlo. Al final se debe colocar cuál es el resultado entregable en cada etapa. Además, en la metodología se debe ilustrar el rigor científico del desarrollo de la propuesta y plantear como se validarán los resultados del proyecto.

- **Marco teórico**

Corresponde a las bases teóricas del problema y a un resumen de la literatura disponible. Por lo tanto, es una breve síntesis de la historia del problema a resolver o a investigar y de cómo se ha resuelto hasta el momento.

- **Cronograma**

Presenta la descripción de cada una de las actividades del proyecto y su duración en el tiempo, se deben incluir todas las actividades descritas en la metodología y estimar su tiempo de ejecución de acuerdo a la experiencia del director. El tiempo total no debe superar el tiempo máximo de terminación permitido del proyecto de acuerdo a la normativa de la institución.

- **Presupuesto**

Se deben incluir los costos de todos los recursos utilizados: personal que participa, material bibliográfico, bases de datos, visitas, alquiler y construcción de equipos, adquisición de software y hardware, papelería, impresión, entre otros. Se debe indicar cuales recursos son aportados por cada institución y por el estudiante y aclarar cuáles de estos rubros son contrapartida en especie.

Para la escritura del anteproyecto inicio explicando al estudiante un panorama general de la temática relacionada con el problema a resolver, luego le entrego varias tesis dirigidas relacionadas con el tema y cuando el estudiante comprende la temática, le explico el problema que se debe resolver y el sitio donde se va a resolver. Luego entrego varios anteproyectos de temas similares que han desarrollado otros estudiantes y le explico que debe ir en cada punto del contenido de la propuesta, ellos como tarea deben traer cada semana un punto de anteproyecto y el día de la consulta se revisa y se corrige. De esta manera, se avanza con el anteproyecto y luego se precisa de acuerdo a las observaciones que realizan los profesores de la materia del anteproyecto.

2.5.4. Definir y estructurar capítulos

Una vez se termina la escritura del anteproyecto y se aprueba, se realizan las siguientes actividades:

- **Definir los capítulos de la tesis:**

Generalmente se hace una correspondencia de cada uno de los capítulos con cada objetivo específico.

- **Escribir cada uno de los capítulos:**

Cada capítulo debe tener un nombre, iniciar con un resumen de un párrafo donde se describe qué se hizo, cómo se hizo y cuáles fueron los resultados del capítulo; luego de acuerdo al contenido planteado se estructura la numeración del capítulo. Finalmente, se termina con un párrafo donde se presentan las conclusiones del capítulo y se describen los temas que se abordarán en el próximo capítulo.

El capítulo inicial debería empezar con los conceptos teóricos que se utilizarán en la solución del problema a resolver, en este caso debe remitirse al estudiante a los libros clásicos para que estudie los conceptos más importantes sobre el tema. Deben asignarse tareas concretas sobre su estudio y luego el estudiante en su hora de atención debe realizar una presentación sobre lo estudiado, en cada presentación se deben identificar los vacíos que tiene el estudiante sobre el tema y asignarle una nueva tarea; después de algunas presentaciones cuando el estudiante comprenda el tema y utilice el lenguaje técnico apropiado, en conjunto se define el contenido del capítulo el cual debe tener resultados concretos, tendientes a cumplir con los resultados que deben entregarse en cada objetivo específico.

- **Revisar y corregir cada capítulo**

Una vez terminado cada capítulo inmediatamente se debe revisar: la estructura del capítulo, cumplimiento de las normas de redacción de textos solicitada por el programa académico, la ortografía y redacción. También, la inclusión de las referencias, la numeración de las figuras, ecuaciones y tablas, las cuales deben mencionarse en el texto y luego ilustrarse. Las Figuras se solicitan en Visio primero para tener una alta resolución y los capítulos se corrigen en una tablet que permite realizar la corrección como si se trabajara con papel, no se requiere imprimir. Cuando el estudiante realiza la corrección del capítulo se compara con el archivo anterior, para garantizar que el estudiante considere las observaciones.

- **Revisar el documento completo de la tesis**

Después de haber revisado todos los capítulos, se revisa el documento completo y se hace énfasis en:

El resumen: Debe incluir en un párrafo la descripción de qué se hizo, cómo se hizo, cuáles fueron los resultados y lo novedoso del trabajo.

La introducción: Debe incluir la justificación del tema estudiado, su complejidad, descripción breve de la revisión bibliográfica, objetivo y alcance de la tesis y la organización del documento.

Las conclusiones: Se obtienen de los resultados principales de cada uno de los capítulos, también se deben mencionar las fortalezas y debilidades del trabajo, así como los trabajos futuros que pueden desarrollarse.

2.5.5. Redacción de la tesis [5]

El documento final de una tesis debe ser fácil de comprender y servir como referencia a otros, además se debe tener responsabilidad por lo que se escribe, por lo tanto se debe ser respetuoso con otros autores y entidades y cuidadoso con los

adjetivos utilizados. Además, la mayoría de los estudiantes de pregrado tienen deficiencias en la redacción de documentos técnicos, sin embargo la redacción es una habilidad que se desarrolla con la práctica. A continuación se indican los aspectos más relevantes que comparto a mis estudiantes:

- La redacción del documento debe realizarse en forma impersonal.
- Se deben utilizar los tiempos verbales adecuados.
- Se debe utilizar un lenguaje técnico preciso.
- Las ideas se describen de lo general a lo particular.
- Utilizar oraciones cortas y afirmativas.
- En los párrafos debe platearse una sola idea.
- Las oraciones y los párrafos deben ir concatenados, a través del uso de los conectores.

Las pautas importantes en la redacción:

- **Precisión:** se debe utilizar un lenguaje exacto para evitar ambigüedades.
- **Claridad:** Se obtiene cuando el objetivo a redactar es concreto, cuando se tiene una buena estructura en la organización de las ideas, existe coherencia entre las frases mediante el uso de los conectores apropiados y se hace buena utilización de la puntuación.
- **Brevedad:** Está asociada a utilizar frases concretas y directas, se deben eliminar los detalles innecesarios.
- **Sencillez:** Se refiere a utilizar palabras simples que se utilizan frecuentemente y son fáciles de comprender.

En la redacción es importante la forma y el fondo de lo que se escribe, como se ilustra en la Figura 1. El fondo se asocia al objetivo que se desea transmitir, el cual debe estar muy claro y debe ser apoyado de las ideas principales. Estas ideas se deben clasificar y organizar para que su lectura sea rápida.

La forma de la redacción técnica se asocia a como se van a expresar las ideas, si la idea es compleja se debe invertir tiempo en realizar una estructura para facilitar la redacción, tal como se ilustra en la Figura 2. Inicialmente, se parte de una idea general hasta llegar a una idea concreta a redactar.

Además, se complementa el tema de pautas de redacción con un material que se entrega con ejemplos. En mi experiencia inicialmente a la mayoría de los estudiantes se les corrige demasiado los primeros capítulos, pero van aprendiendo y al final la corrección de redacción es mínima.

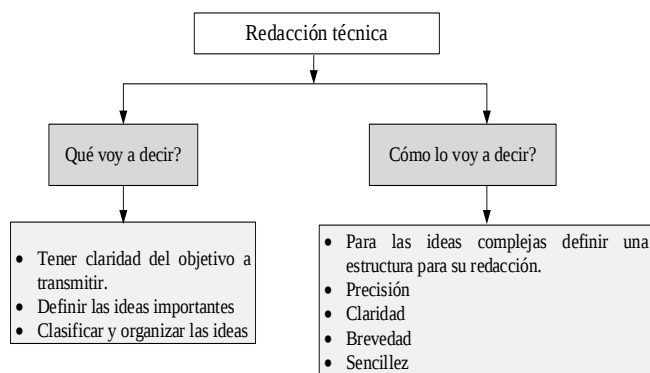


Figura 1. El fondo y la forma de la redacción técnica.
Fuente: Elaboración propia.

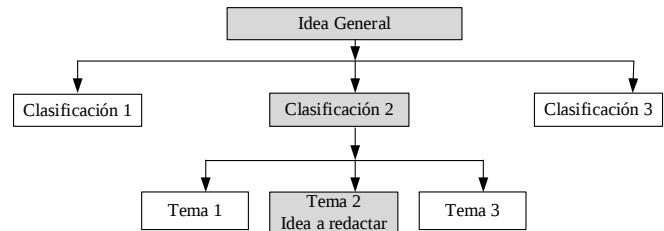


Figura 2. Estructura para la redacción técnica.
Fuente: Elaboración propia

2.5.6. Búsqueda y organización de la información [6]

La investigación bibliográfica capacita al lector sobre el tema, es un punto de partida del documento, justifica algunos puntos de nuestra tesis, permite a otras personas consultar nuestras fuentes bibliográficas y permite enmarcar el proyecto dentro del contexto nacional e internacional. La revisión bibliográfica consta de dos etapas la búsqueda y revisión de la información.

2.5.6.1. Búsqueda de la información [6]

Corresponde a la revisión, selección y organización del material bibliográfico. Los pasos de la búsqueda son: ¿qué se busca?, ¿dónde se busca? y ¿cómo se busca?

- ¿Qué se busca?:

Se debe definir claramente el tema de búsqueda y la búsqueda se debe realizar hasta el final del proyecto.

- ¿Dónde se busca?:

En internet se utilizan motores de búsqueda (MB), multibuscadores (MTB), bases de datos especializadas y portal asociado (PT). Los buscadores se clasifican de acuerdo al tipo de información y pueden ser buscadores genéricos y temáticos. En la Tabla 1 se indican buscadores genéricos, en la Tabla 2 se indican Multibuscadores genéricos y en la Tabla 3 se indican portales asociados genéricos.

En la Tabla 4 se ilustran algunos buscadores temáticos de artículos en ingeniería, en la Tabla 5 se ilustran algunos buscadores temáticos de libros en ingeniería y en la Tabla 6 se ilustran algunos buscadores temáticos de otros documentos en ingeniería.

Tabla 1.
Motores de búsqueda genéricos [6]

Nombre	Tipo de buscador	Enlace	Inglés	Español
Google	MB	www.google.com	*****	*****
Ask Jeeves	MB	www.ask.com	*****	***
Yahoo	MB	www.yahoo.com	*****	***
Altavista	MB	www.altavista.com	*****	*****
Lycos	MB	www.lycos.com	*****	***
Excite	MB	www.excite.com	*****	***
MSN	MB	Search.msn.com	*****	*****
Look Smart	MB	www.looksmart.com	*****	***

* Recomendación de idioma de búsqueda por temas de ingeniería

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.
Multibuscadores genéricos [6]

Nombre	Tipo de buscador	Enlace	Ingles	Español
My Way	MTB	www.myway.com (Google, Alta Vista, Ask Jeeves, LookSmart)	*****	*****
Hotbot	MTB	www.hotbot.com (Google, Ask)	*****	*****
Search	MTB	www.search.com (Google, Ask, Looksmart)	*****	*****
Tus buscadores	MTB	www.tusbuscadores.com/	****	****

* Recomendación de idioma de búsqueda por temas de ingeniería
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.
Multibuscadores genéricos [6]

Nombre	Tipo de buscador	Enlace	Ingles	Español
Terra	PT	www.terra.com (google)	*****	*****
Galaxy	PT	www.galaxy.com (Fusionbot)	****	***
Northern Light	PT	www.northernlight.com	**	**
Go	PT	go.com (yahoo)	****	***

* Recomendación de idioma de búsqueda por temas de ingeniería
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.
Buscadores temáticos en ingeniería – Artículos [6]

Nombre	Tipo de buscador	Enlace
Scope	MB	www.scope.com
Engineering village 2	MB	www.engineeringvillage2.org
EBSCO	BD	http://search.epnet.com
JSTOR	BD	http://www.jstor.org/
Science direct	BD	www.sciencedirect.com
IEEE	BD	http://ieeexplore.ieee.org

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.
Buscadores temáticos en ingeniería – Libros [6]

Nombre	Tipo de buscador	Enlace
Sciece direct	BD	www.sciencedirect.com
ENGnetbase	MB	www.engnetbase.com

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6.
Buscadores temáticos en ingeniería – Otros documentos [6]

Nombre	Tipo de buscador	Enlace
Odysseus IEEE	MB	http://odysseus.ieee.org/
IEEE Computer society	MB	http://search2.computer.org
Citeseer	BD	http://citeseer.ist.psu.edu/

Fuente: Elaboración propia.

- ¿Cómo se busca?:
La busca puede ser básica o avanzada.

Búsqueda básica: Se realiza sobre cualquier tipo de tema sin ninguna restricción, generalmente se realiza sobre buscadores genéricos.

Búsqueda avanzada: Se realiza sobre un tipo de tema utilizando restricciones definidas por el usuario, generalmente se realizan sobre buscadores temáticos.

Cuando se realizan búsquedas pueden presentarse algunos problemas: el buscador devuelve muchos resultados, el buscador no devuelve ningún resultado o devuelve muy pocos, el buscador tarda mucho en resolver la consulta. Para estos casos se recomienda utilizar: un número adecuado de palabras claves sobre el tema, operadores lógicos o caracteres especiales con palabras específicas, los distintos campos que ofrece el buscador y las búsquedas avanzadas. También se recomienda limitar la búsqueda excluyendo palabras similares y realizando la limitación por el tipo de archivo.

2.5.6.2. Revisión bibliográfica [6]

Está relacionado con la selección, clasificación, organización y comprensión del material bibliográfico, con el fin de extraer las ideas principales para nuestro propósito.

- Selección de la información

Después de encontrar varios artículos es importante realizar una selección para saber cuáles pueden ser de interés, esta selección preliminar se realiza leyendo: el Título, el Resumen, la introducción y las conclusiones.

- Clasificación de la información

Dado que un tema puede tener diferentes enfoques, los artículos se pueden clasificar según la temática, orden cronológico, métodos de análisis, métodos de solución entre otros.

- Organización de la información

Una vez seleccionados y clasificados los artículos, es importante almacenarlos en una base de datos donde se clasifiquen utilizando los siguientes campos: año, título, autores, resumen y conclusiones.

- Comprensión de la información

Para definir que artículos se van a estudiar para su comprensión, se debe tener en cuenta que el autor debe ser reconocido en el área de estudio, el artículo debe realizar contribuciones y tener referencias bibliográficas actualizadas. En el estudio del artículo se deben identificar los aportes y resultados obtenidos, así como los modelos, método matemático y técnica computacional utilizados.

Para la comparación de artículos de una misma temática, se deben definir índices de evaluación que permitan comparar las bondades de las diferentes soluciones al mismo problema.

2.5.7. Presentación de sustentación [7,8]

La presentación de la sustentación del trabajo o tesis de grado debe ser clara, sencilla, breve, argumentada y amena para que el mensaje llegue a la mayor parte del auditorio. A continuación se presenta la estructura general de una presentación de los resultados de la tesis:

- Portada
- Justificación

- Conceptos generales
- Definición del problema
- Revisión bibliográfica
- Etapas del desarrollo de la investigación
- Aportes
- Conclusiones y trabajos futuros
- Agradecimientos

Una vez el estudiante realiza la presentación, esta se revisa y se modifica hasta que se logran los objetivos de profundidad y calidad en el tema abordado, sencillez y tiempo de exposición. Las recomendaciones para los tesisistas son: revisar con tiempo el equipo donde se realizará la presentación, tener buena presentación personal, dominar los nervios y la actitud ante los jurados debe ser respetuosa y con mente abierta, si los jurados tienen razón se acepta y si no se argumenta en forma respetuosa.

3. Conclusiones

Nuestros estudiantes sobre todo los del pregrado, cuando realizan un trabajo de grado es la primera vez que se enfrentan a realizar: un anteproyecto, búsqueda de información de una temática en forma profunda, la estructura de un documento completo, la redacción de un texto técnico completo y una presentación donde se ilustran resultados de un trabajo, por lo tanto hay que enseñarles los aspectos más importantes de cada tarea y acompañarlos en este proceso, no solo para que realicen un buen trabajo sino para que disfruten de la investigación.

La mayoría de la tesis que fracasan o se demoran mucho tiempo es porque los directores no asignan y delimitan unos objetivos para una temática de trabajo que sean viables, es muy frecuente que se asignen objetivos de tesis de maestría a los estudiantes de pregrado, lo cual implicaría un trabajo arduo no solo para el estudiante sino para el profesor.

Para ser un buen profesor universitario debe contar con tres características principales para realizar un trabajo con calidad y con transcendencia, debe ser un buen docente, es decir desarrollar habilidades pedagógicas que le permitan organizar, sintetizar y plasmar en un material didáctico el conocimiento con el fin de transferirlo de una manera efectiva a la mayor parte de los estudiantes. Por otra parte, también debe ser un buen investigador, es decir debe estar permanentemente en la búsqueda de conocimiento, lo cual implica estudiar continuamente para adquirir nuevos conocimientos teóricos y manejo de software de simulación, con el fin de especializarse en uno o dos temas de trabajo.

Los profesores además de dominar un tema de investigación, debemos conocer los problemas reales que se presentan en el medio para aplicar nuestros conocimientos, de lo contrario inventaremos problemas que en la mayoría de los casos son más complejos que los reales.

Para obtener buenos resultados en la dirección de tesis, el director no solo debe dominar su tema de investigación y conocer el método científico, sino que debe acompañar al estudiante para definir de manera muy concreta: el problema de investigación, los objetivos y la metodología para obtener los resultados. Además, es de gran importancia realizar un seguimiento y apoyo (académico y personal) del trabajo del estudiante, desde el primer día que lo acepta como tesisista hasta

el día de su sustentación. La gratificación de este trabajo de dirección se obtiene cuando un estudiante sustenta, se observa su evolución en el tema. Inicia un estudiante y sustenta un profesional, es la ceremonia académica más significativa para un profesor. Si no realizamos bien esta labor de dirección de tesis no tendremos los mejores estudiantes como nuestros tesisistas.

Los tesisistas son los estudiantes con los que tenemos un contacto más cercano, esforcémonos para que aprendan nuestros buenos hábitos como docentes e investigadores y alcancen su sueño de graduarse, no permitamos que terminen resentidos por realizar mal nuestro trabajo. Cada día los estudiantes son más conscientes de la importancia del tutor en el éxito de su trabajo o tesis de grado, por esta razón en su decisión está primando más el director que el tema de tesis.

Referencias

- [1] Araneda, L., Apuntes docentes, Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Políticas y Sociales, No. 2. Diseño de una tesis universitaria, Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Políticas y Sociales, Editorial de la Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador, 2001.
- [2] Muñoz, C., Como elaborar y asesorar una investigación de tesis, primera edición, Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México, 2011, 41 P. ISBN 970-17-0139-9.
- [3] Universidad Politécnica Hispano Mexicana, Manual para la elaboración de tesis y trabajos de investigación, Puebla. [en línea]. 2009. Disponible en: <http://www.uphm.edu.mx/manuales/Manual-para-elaboracion-de-tesis-y-trabajos-de-investigacion.pdf>
- [4] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC, Norma Técnica Colombiana NTC 1486, Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación, sexta edición, 2008.
- [5] López, C., Regla, I. y Almenteros, I., Redacción y edición de documentos, Editorial de Ciencias Médicas ECIMED, La Habana, Cuba, 2011. ISBN: 978-959-212-298-7
- [6] Candelo, E. y Caicedo, G., Clase búsqueda de información, Curso Anteproyecto Ingeniería Eléctrica, Universidad del Valle, Cali, Colombia, 2012.
- [7] Mora, S.L., Claves para realizar buenas presentaciones, Publicaciones Altoría, Tarragona, España, 2014. ISBN: 978-84-941844-2-0
- [8] Sokuvis, S., Pasos para preparar una presentación oral, [en línea]. Disponible en: http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/bmn/pasos_preparar_presentacion_oral.pdf

G. Caicedo-Delgado, recibió el título de Ing. Electricista en 1986, el título de MSc. en Sistemas de Generación de Energía en 1991 y el título de Dr. en Ingeniería – Énfasis: Ingeniería Eléctrica en 2004, todos ellos de la Universidad del Valle, Cali, Colombia. Se vinculó a la Universidad del Valle, en el año 1988. Pertenece al grupo de investigación en alta tensión GRALTA y su línea de investigación es en operación, control, protecciones y estabilidad en sistemas eléctricos de potencia.
ORCID: 0000-0002-8679-7465.

Análisis bibliométrico de la educación en ingeniería desde el año 2007 a 2017

Mateo J. De León-Camero, Camila Solórzano-Muñoz & Guillermo E. Valencia

Programa de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia. guillermoevalencia@uniatlantico.edu.co, mjdeleon@uniatlantico.edu.co, csolorzano@uniatlantico.edu.co.

Resumen— Este artículo muestra el análisis bibliométrico acerca de la educación en ingeniería, partiendo de la información obtenida de la base de datos Web of Science (WoS) de un periodo de 11 años entre 2007 y 2017. Para elaborar este artículo se contó con el software llamado HitsCite que proporcionó resultados cuantitativos y cualitativos clasificados en categorías como lo son: países más participativos, producción por años, lenguajes frecuentes, revistas, instituciones, entre otras, donde se concluyó que durante los últimos 4 años ha incrementado el número de artículos publicados con respecto a este tema, aunque en el 2017 hubo una disminución significativa de publicaciones, que USA es el país que más publica anualmente, por lo que el Inglés es el idioma predominante y que la Journal Of Engineering Education es la revista con mejor producción de publicaciones.

Palabras Clave— ingeniería; educación; bibliometría.

Recibido para revisar Abril 1 de 2018, aceptado Mayo 10 de 2018, versión final Mayo 22 de 2018

A bibliometric analysis of the engineering education from 2007 to 2017

Abstract— This paper shows the bibliometric analysis about engineering education, based on the information from Web of Science (WoS) database in a period of 11 years between 2007 and 2017. To elaborate this paper, it was counted with the software called HitsCite that provided quantitative and qualitative results classified into categories such as: more participatory countries, production by years, frequent languages, journals, institutions, etc. It was concluded that during the last 4 years the number of articles published has increased regarding this issue, though in 2017 there was a significant decrease in publications; USA is the country that makes more annual publications, so English is the predominant language and the Journal of Engineering Education is the journal with the best production of publications.

Keywords— engineering; education; bibliometry.

1. Introducción

Se define como educación la enseñanza y doctrina que se da a niños, jóvenes y adultos, instruido por medio de la acción docente [1]. Educar se define además como desarrollar el conocimiento, la habilidad o el carácter de los estudiantes [2].

La educación en ingeniería juega un papel importante en los desarrollos intelectuales y tecnológicos globales, pues los avances en esta área están inspirados por el cambio y a su vez han marcado un punto de partida para avances en otros campos

[3]. Teniendo en cuenta que la educación de esta ciencia se considera un conjunto combinado de conocimientos, habilidades y actitudes esenciales para fortalecer la productividad, el espíritu empresarial y la excelencia en un entorno que se basa cada vez más en productos, procesos y sistemas tecnológicamente complejos y sostenibles [4]. A nivel internacional se ha reconocido la necesidad de incorporar estas habilidades de comportamiento humano en la educación de ingeniería con el fin de obtener una educación balanceada entre atributos técnicos y no técnicos [5].

En la última década se han llevado a cabo un sinnúmero de estudios sobre los diversos conceptos, estrategias, ideas y metodologías que han conquistado el campo de la formación de ingenieros, pues los estudiantes aprenden de muchas maneras, por ejemplo lógicamente, intuitivamente, memorizando, visualizando, entre otras [6]. De esta misma forma los métodos de enseñanza también varían, entre principios, aplicaciones, énfasis en la memoria y otros en el entendimiento [7]. Sin embargo, La pedagogía dominante para la educación de ingeniería sigue siendo la tradicional clase magistral, a pesar de la gran cantidad de investigaciones sobre educación que demuestra su ineficacia, por lo que se ha venido pidiendo un cambio en la forma de enseñar esta ciencia [8].

Con frecuencia, se ha señalado que las metodologías de aprendizaje activo y significativo favorecen la aceptación de actitudes críticas en los estudiantes, pues los condiciona a establecer vínculos entre la teoría y la práctica, y destacar su aprendizaje en los aspectos contextuales del trabajo ingenieril [9] y, a nivel mundial las universidades se dirigen al desarrollo de programas para la enseñanza de la innovación, instruyendo a los futuros ingenieros sobre cómo participar tomando parte activa en los procesos de la misma, en los que el papel de la ingeniería es fundamental, por lo que para lograrlo la propuesta principal es involucrar a los alumnos en proyectos [10].

También, el surgimiento de redes de comunicaciones mundiales y nuevas tecnologías informáticas ha redefinido el concepto de aprendizaje a distancia y la entrega de contenido educativo de ingeniería por medio de él [11]. Por lo que una de las propuestas más popularizadas ha sido el aprendizaje electrónico que se presenta como potencial para cambiar

Como citar este artículo: De León-Camero, M.J., Solórzano-Muñoz, C. and Valencia, G.E., Análisis bibliométrico de la educación en ingeniería desde el año 2007 a 2017. Educación en Ingeniería, 13(26), pp. 71-76, Julio, 2018.

drásticamente la educación de ingeniería y en la educación continua de los ingenieros en ejercicio [12].

A su vez, se han estudiado las dificultades de la enseñanza de la ingeniería y la impartición de la educación en la misma, de ahí, el debate entre la complejidad del tema de la enseñanza y de la competencia docente. No obstante, los diferentes enfoques permiten identificar que la complejidad de la docencia se debe a aspectos de diferente magnitud y naturaleza que determinan sus múltiples referencias. [13]

Sin embargo, ¿qué cantidad y tipos de investigación se están realizando al respecto actualmente? Además, ¿qué patrones de colaboración son evidentes en el campo? Para abordar estas preguntas, se efectuó un análisis íntegro acerca de la investigación global relacionada con educación en ingeniería en los últimos once años, partiendo de una investigación bibliométrica del tema [14,15].

La investigación bibliométrica hace referencia a la metodología de investigación que utiliza análisis cuantitativos y estadísticas para describir tendencias de investigación [16]. Estos métodos se han aplicado para evaluar los resultados de investigación de autores, revistas, institutos y países para identificar y cuantificar la cooperación internacional [17]. Se consideran una herramienta importante para evaluar las actividades de investigación, así como los enfoques científicos y el desempeño de los países [18,19]. Y, sus indicadores suministran información sobre los resultados del proceso investigador, su evolución, visibilidad, volumen y estructura. Permitiendo valorar la actividad científica, y el impacto tanto del trabajo como de las fuentes [20].

2. Metodología

En el presente artículo se pretende estudiar los principales participantes o actores en la investigación, escritura y publicación de material relacionado con la educación en ingeniería por medio de un análisis bibliométrico.

Se tuvo como objetivo principal, conocer la influencia e impacto que la educación de esta importante ciencia aplicada como es la ingeniería está teniendo alrededor del mundo. Procesando los distintos indicadores bibliométricos y así realizar un análisis de la cantidad de publicaciones por año país, autores, instituciones, para así identificar la calidad investigativa de los diferentes países, revistas a partir de índices de producción y calidad de los documentos.

Los datos para el estudio de este artículo fueron descargados de la base de datos de Thomson Reuters *Web Of Science (WoS)* página web que brindó información científica a través de referencias bibliográficas de un periodo de 11 años entre los años 2007 y 2017 bajo la búsqueda de título “engineering education”, el día 27 de octubre de 2017 y cuyos resultados están constituidos por 1164 publicaciones entre artículos, material de editorial, recopilatorios, cartas etc.

El análisis de resultados científicos, países, revistas, autores, institutos y palabras claves como la cantidad de publicaciones (TA) por año, autor, revista y país, el H-index por citas (H-index(TC)) y el índice de citación por año (TC/y) fueron obtenidos de software HistCite. El análisis convencional de resultados y el índice de citas por publicación (TC/TA) fueron

procesados por Microsoft Excel 2010. Las gráficas para la tendencia de publicaciones por años, y comparación del top 5 de países más influyentes fueron hechas en Origin Pro 2017. La distribución geográfica de los documentos se trazó utilizando MapChart.net, y los H-index de cada revista fueron tomados de Scimago Journal & Country Rank. El análisis de colaboración entre autores, fue realizado con Bibexel y Pajek, herramientas de software para el análisis de redes.

3. Resultados y discusión

3.1. Características de los resultados

De este estudio, se encontraron 14 tipos de documentos en un total de 1,164 publicaciones durante el período de 11 años (2007 a 2017). El artículo, comprende el 73,1% de la producción total de material encontrado siendo así el tipo de documento dominante, lo que denota que éstos son el principal medio de comunicación y propagación del tema en la comunidad científica. Noventa y cinco por ciento de todos los documentos fueron publicados en inglés. También aparecieron otros doce idiomas, los más frecuentes fueron español (2,0%), alemán (0,9%), español (0,4%), portugués (0,7%), croata y ruso (0,3%).

La investigación relacionada con la educación en ingeniería ha adquirido ímpetu conforme avanzan las sociedades. La Fig. 1 muestra que las publicaciones relacionadas con educación en ingeniería crecieron constantemente llegando a su pico máximo en 2016, con 165 publicaciones, 2.14 veces el número de publicaciones realizadas en 2008. Sin embargo, no han tenido un comportamiento constante, pues en 2017 una disminución considerable, casi al nivel de las publicaciones obtenidas del año 2009.

3.2. Distribución por países

El análisis de la distribución por países de la investigación puede evidenciar la capacidad investigativa y de desarrollo de nuevas tecnologías de un país. Un total de 78 países contribuyeron a la investigación de educación en ingeniería desde distintas perspectivas. A partir de la Fig. 2 se puede observar que la lista es

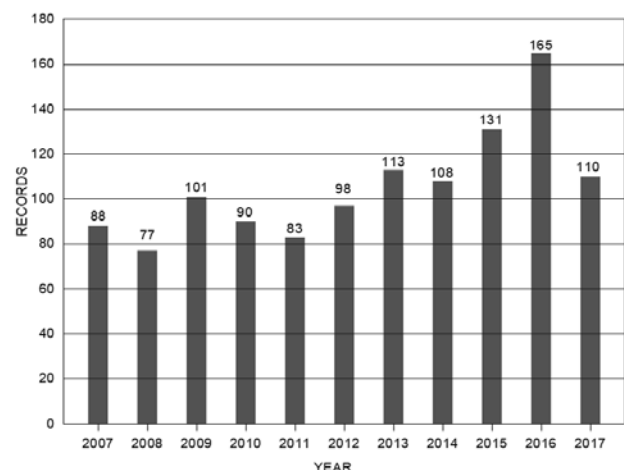


Figura 1. Tendencia de crecimiento de los artículos relacionados con la investigación de educación en ingeniería.

Fuente: Los autores.



Figura 2. Distribución geográfica global de las publicaciones.
Fuente: Los autores.

encabezada por EE. UU con un acumulado de 398 publicaciones seguido por países desconocidos, España, Reino Unido y Turquía siendo los principales contribuyentes al desarrollo y la aplicación de los estudios en educación de ingeniería.

Para visualizar la influencia geográfica de los investigadores, se realizó un paralelo entre los países que más publicaron durante el periodo 2007-2017. El país más activo resultó ser Estados Unidos, con la mayor cantidad de publicaciones. Las cantidades de publicaciones anuales de los 5 países más productivos se analizaron con mayor detalle en la Fig. 3, donde es evidente que ningún otro país ha superado el índice de producción de EE.UU, sin embargo, cabe resaltar como la cantidad total de publicaciones de España se ha incrementado desde 2010 y como los países desconocidos han reducido su índice mucho más de la mitad de la cantidad producida en su pico máximo, en 2009.

En la Tabla 1 se clasificaron los países elegidos de acuerdo con sus citas en orden descendente donde los países que poseen un alto índice de citas por publicación (TC/TA) indica que producen artículos de buena calidad investigativa. Resultó notorio como Turquía que fue uno de los países más productivos en este lapso de tiempo, no resultó tan citado como otros que, a pesar de su poca producción de artículos, éstos resultaron ser de mayor calidad y aporte investigativo, como es el caso de Dinamarca e Israel.

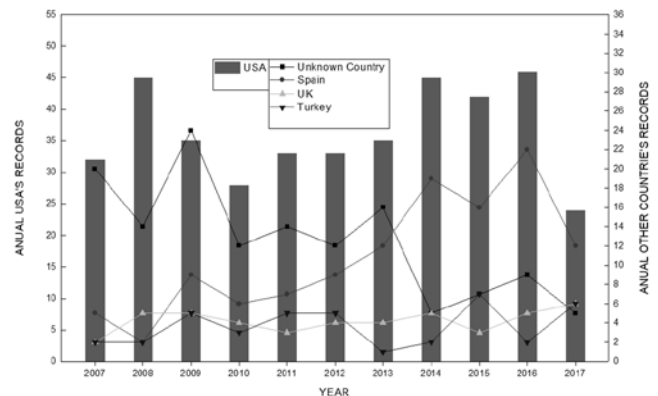


Figura 3. Publicaciones anuales de los 5 países más productivos.
Fuente: Los autores.

Tabla 1
TOP 10 de los países con mayor índice de citas por publicación

#	Country	%	TC/TA
1	USA	34.2	0,769
2	Spain	10.2	0,252
3	Unknown	11.9	0,196
4	Denmark	1.7	0,85
5	UK	4.0	0,239
6	Malaysia	1.5	0,588
7	Canada	2.3	0,333
8	Israel	0.9	0,818
9	Peoples R China	2.7	0,281
10	Australia	3.0	0,229

Fuente: Los autores.

Tabla 2

TOP 10 de los países con mayor índice de citas por publicación

#	Journal	TA (%)	H-index
1	International Journal of Engineering Education	281(16,89)	37
2	Journal of Engineering Education	58(3,49)	82
3	Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice	55(3,31)	27
4	Computer Applications in Engineering Education	46(2,76)	20
5	European Journal of Engineering Education	30(1,80)	22
6	IEEE Transactions on Education	21(1,26)	55
7	International Journal of Electrical Engineering Education	20(1,20)	17
8	Engineering Studies	17(1,02)	14
9	Science and Engineering Ethics	17(1,02)	37
10	Abstracts of Papers of The American Chemical Society	15(0,90)	486

Fuente: Los autores.

3.3. Productividad de revistas y autores

De las 1664 publicaciones realizadas en las revistas, en la Tabla 2 se presentan las 20 revistas más productivas. Estas 20 revistas, o 5.2% de las 385 revistas, representaron entre ellas 653 artículos o el 56,1% de los artículos, lo que evidenció una gran concentración de la producción de material por parte de dichas veinte. La revista con mayor producción fue International Journal of Engineering Education, con un 16,89% del total de publicaciones. Sin embargo, la revista que sin producir un gran número de publicaciones fue muy referenciada, resultó ser Journal of Engineering Education con un índice de citas por publicación de 2,98.

Los artículos relacionados con la educación, publicados en estas revistas, han recibido en promedio 19.2 citas, lo que indica que los artículos relacionados con la educación en ingeniería que han sido publicados en estas revistas han tenido amplias influencias en este campo.

Se realizó un análisis de la productividad del autor y se enumeró los 10 autores más productivos en la Tabla 3. Ibrahim A. contribuyó la mayoría de los artículos (20), seguido por Borrego M. con 19 publicaciones, quien además presentó un alto valor en el índice citaciones por año, TC/y, con un valor de 14.69. Basado en este índice, le siguen Froyd JE. (4.83), Beddoes K.(4.02), y Kolmos A.(2.16), lo que indica que los cinco autores anteriormente mencionados tenían la mayoría de los artículos de alta calidad.

Además de esto, H-index (TC) es un indicador importante de la influencia de los autores dentro del grupo de documentos estudiados, pues hace referencia al conjunto de documentos más citados del autor y el número de citas locales que ha recibido.

Los mayores H-index (TC) se encontraron en los artículos producidos por Maura Borrego y Kacey Beddoes, revelando que tuvieron un mayor impacto dentro de la colección de documentos que otros autores en 2007-2017.

La Fig. 4 muestra la red de cooperación correspondiente a los autores más productivos. Esta figura se realizó utilizando Pajek. Es común que los autores con publicaciones académicas elevadas en el mismo campo usualmente tengan una estrecha cooperación entre ellos ya que se encuentran como socios de investigación potenciales, situación que refleja un aumento de sus capacidades investigativas y una mejoría en el desarrollo de

Tabla 3

TOP 10 de autores productivos en la investigación de educación en ingeniería

#	Author	TA (%)	TC	TC/y	H-index (TC)
1	Ibrahim A	20 (1,7)	0	0.00	0
2	Borrego M	19 (1,6)	122	14.69	7
3	[Anonymous]	11 (0,9)	0	0.00	0
4	Froyd JE	8 (0,7)	30	4.83	2
5	Lantada AD	8 (0,7)	1	0.20	1
6	Beddoes K	7 (0,6)	28	4.02	3
7	Chen WF	7 (0,6)	0	0.00	0
8	Finelli CJ	7 (0,6)	1	0.33	1
9	Kolmos A	7 (0,6)	12	2.16	2
10	de Graaff E	6 (0,5)	0	0.00	0

Fuente: Los autores.

investigaciones con respecto al tema debido a sus intereses de investigación similares.

Los tres principales países con mayor material productivo (Borrego M, Froyd JE y Beddoes K) se caracterizan también por tener una cooperación entre ellos.

4. Análisis de palabras clave

El análisis estadístico de palabras clave puede usarse para identificar direcciones en la ciencia. De los documentos estudiados, Solo 567 palabras clave, correspondientes al 48,6% se usaron en más de 10 artículos, y estuvieron presentes en la investigación relacionada con educación como se puede observar en la Tabla 4. Con la excepción de “engineering education”, “education” y “engineering” que fueron las palabras de búsqueda en este estudio, las tres palabras clave más utilizadas fueron “higher education”, “sustainability” y “project-based learning”.

Es necesario investigar, planear e innovar en el área de educación en ingeniería, teniendo en cuenta que la “educación superior” debe adaptarse de la mejor manera posible a los cambios económicos y sociales del nuevo mundo. La ingeniería como pilar para la “sostenibilidad” siguió siendo un objetivo importante en varios campos de investigación de la educación en el campo. El “aprendizaje en base a proyectos” fue el principal método de aprendizaje investigado en los documentos estudiados.

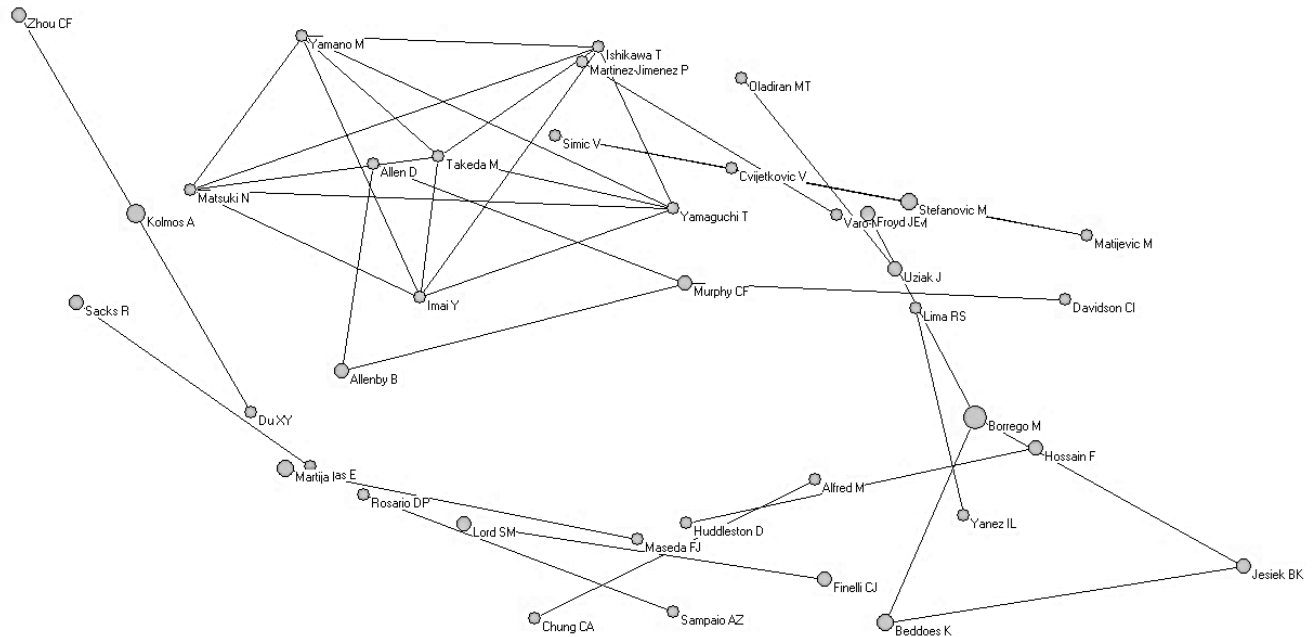


Figura 4. Red de citaciones entre autores.
Fuente: Los autores.

Tabla 4
TOP 10 de autores productivos en la investigación de educación en ingeniería

1	Keyword	Recs	%
1	Engineering Education	215	18.5
2	Education	60	5.2
3	Engineering	44	3.8
4	Higher Education	20	1.7
5	Sustainability	20	1.7
6	Project-Based Learning	19	1.6
7	E-Learning	18	1.5
8	Problem-Based Learning	18	1.5
9	Active Learning	17	1.5
10	Assessment	16	1.4
11	Engineering Education Research	15	1.3
12	Innovation	15	1.3
13	Software Engineering Education	15	1.3
14	Sustainable Development	15	1.3
15	Accreditation	13	1.1
16	Curriculum	13	1.1
17	Design	12	1.0
18	Design Education	11	0.9
19	Evaluation	11	0.9
20	Collaborative Learning	10	0.9

Fuente: Los autores.

5. Conclusiones

Con el rápido progreso en el campo de ingeniería y tecnología, resulta primordial evaluar la capacidad investigativa general al respecto de las estrategias educativas y la educación en esta rama de la ciencia para así poder plantear estrategias de desarrollo a largo plazo. Las tendencias de educación

innovadoras como el aprendizaje activo y constructivo, recibieron más atenciones debido a sus características únicas y perspectivas de investigación. Para resumir los resultados de investigación existentes y proporcionar futuras direcciones de investigación, se realizó un análisis exhaustivo de las literaturas relacionadas con educación de ingeniería publicadas entre 2007 y 2017 para describir las características de las literaturas relacionadas y reconocer los focos de investigación globales, desde los autores hasta los países.

Los resultados muestran que la cantidad de publicaciones relacionadas con la educación en el área de ingeniería se incrementó a una tasa de crecimiento anual promedio del 27% en la última década. International Journal of Engineering Education publicó la mayoría de los artículos, seguido por Journal of Engineering Education, la revista con mejor calidad de documentos entre los resultados obtenidos.

Se visualizó la distribución geográfica mundial de las publicaciones en la investigación relacionada con educación en ingeniería, con grandes conglomerados espaciales de documentos colaborados a nivel nacional e internacional en EE. UU y España. Entre los 10 autores más fructuosos, Maura Borrego de la Universidad de Texas contribuyó con la mayor cantidad de artículos y los documentos con el mayor H-index seguida por Kacey Beddoes, lo que indica que tenían más artículos de alta calidad y mayor influencia, además permiten generar una visión del posicionamiento del género femenino en la investigación sobre educación.

El análisis de red sugirió que Estados Unidos estaba en la posición central de la red nacional de colaboración, siendo los autores anteriormente mencionados los principales focos de citación. Además, los artículos colaborativos nacionales fueron

los más frecuentes. Por último, un análisis de palabras clave encontró varias preferencias terminológicas predominantes, confirmando la posición central de “engineering education” y “education” y observando el predominante interés de investigación en “problem-based learning”, “e-learning”, “active learning”, “innovation”, “sustainable” y “software engineering education”.

Referencias

- [1] R. A. de la Lengua Española, Diccionario de la lengua española. 23ª Edición. Versión electrónica, 2015. [en línea]. Disponible en: <http://dle.rae.es/?w=diccionario>.
- [2] Maheshwari, V.K., Concept of Education, en: Philosophical commentary on issues of today. [en línea]. Disponible en: <http://www.vkmaheshwari.com/WP/?p=558>.
- [3] Olds, B., Moskal, B. and Miller, R., Assessment in engineering education: evolution, approaches and future collaborations, Journal of Engineering Education, 94, pp. 13-25, 2005. DOI: 10.1002/j.2168-9830.2005.tb00826.x
- [4] Crawley, E., Malmqvist, J., Östlund, S. and Brodeur, D., The CDIO syllabus: learning outcomes for engineering education, de Rethinking Engineering Education, Massachusetts: Springer US, pp. 60-62, 2007. DOI: 10.1007/978-0-387-38290-6
- [5] Cordova-Wentling, R.M. y Price, R., Human behavior skills in engineering education, 2007 ASEE Annual Conference and Exposition, Honolulu, 2007.
- [6] Duque-Escobar, M., Competencias, aprendizaje activo e indagación: un caso práctico en ingeniería, Revista Educación en Ingeniería, 1(2), pp. 7-18, 2006. DOI: 10.26507/rei.v1n2.41
- [7] Felder, R. and Silverman, L., Learning and teaching styles in engineering education, Engineering Education, 78(7), pp. 674-681, Abril 1988.
- [8] Mills, J. and Treagust, D., Engineering education—Is problem-based or project-based learning the answer, Australasian Journal of Engineering Education, pp. 2-16, 2003.
- [9] Camargo, J. y García, A., Pensamiento crítico y aprendizaje activo en ingeniería, Revista Educación en Ingeniería, 4(7), pp. 98-106, 2009. DOI: 10.26507/rei.v4n7.76
- [10] Vega-González, L.R., La educación en ingeniería en el contexto global: propuesta para la formación de ingenieros en el primer cuarto del Siglo XXI, Ingeniería, Investigación y Tecnología, 14(2), pp. 177-190, 2013. DOI: 10.1016/S1405-7743(13)72235-2
- [11] Bourne, J., Harris, D. and Mayadas, F., Online engineering education: learning anywhere, anytime, Journal of Engineering Education, 94, pp. 131-146, 2005. DOI: 10.1002/j.2168-9830.2005.tb00834.x
- [12] Jones, E., Implications of SCORM™ and emerging e-learning standards on engineering education, de 2002 ASEE Gulf-Southwest Annual Conference, Lafayette, 2002.
- [13] Fernández-Gómez, E. y Luna-Serrano, E., Evaluación de la docencia y el contexto disciplinario: la opinión de los profesores en el caso de ingeniería y tecnología, Revista Mexicana de Investigación Educativa, IX(23), pp. 891-911, 2004.
- [14] Jesiek, B., Borrego, M., Beddoes, K., Hurtado, M., Rajendran, P. and Sangam, D., Mapping global trends in engineering education research, 2005–2008., International Journal of Engineering Education, 27(1), pp. 77-90, 2011.
- [15] Niu, B., Hong, S., Yuan, J., Peng, S., Wang, Z. and Zhang, X., Global trends in sediment-related research in earth science during 1992–2011: a bibliometric analysis, Scientometrics, 98(1), pp. 511-529, 2014. DOI: 10.1007/s11192-013-1065-x
- [16] Xian, H. and Madhavan, K., Anatomy of scholarly collaboration in engineering education: a big-data bibliometric analysis, Journal of Engineering Education, 103(3), pp. 486-514, 2014. DOI: 10.1002/jee.20052
- [17] Hicks, D. and Katz, J., How much is a collaboration worth?. A calibrated bibliometric model, Scientometrics, 40(3), pp. 541-554, 1997. DOI: 10.1007/BF02459299
- [18] Okubo, Y., Bibliometric indicators and analysis of research systems: methods and examples, OECD science, Technology and Industry Working Papers, 1997, 70 P. DOI: 10.1787/208277770603
- [19] Beddoes, K., Jesiek, B. and Borrego, M., Identifying opportunities for collaborations in international engineering education research on problem-and project-based learning, Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning, 4(2), pp. 7-34, 2010. DOI: 10.7771/1541-5015.1142
- [20] Camps, D., Limitaciones de los indicadores bibliométricos en la evaluación de la actividad científica biomédica, Colombia Médica, 39(1), pp. 74-79, 2008.

G.E. Valencia-Ochoa, nacido en Barranquilla, Colombia. Es profesor a tiempo completo en la Universidad del Atlántico, Colombia. Recibió un título en Ing. Mecánica de la Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia en 2005. MSc. en Ingeniería Mecánica de la Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia en 2008. Dr. en Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia en 2014. Es profesor asistente del programa de Ingeniería Mecánica, Especialización en Gestión Eficiente de la Energía y Maestría en Gestión Energética en la Universidad del Atlántico. ORCID: 0000-0001-5437-1964

C. Solórzano-Muñoz, nacida en Barranquilla, Colombia. Recibió el título de Bachiller Académico con énfasis en Humanidades en 2013, de la Institución Educativa Distrital Madre Marcelina, Barranquilla, Colombia. Se vinculó a la Universidad del Atlántico en el programa de Ingeniería Mecánica en el año 2014 y es actualmente estudiante activo de dicha institución. Se encuentra realizando su tesis de graduación. ORCID: 0000-0002-1886-2907

M.J. De León-Camero, nacido en Barranquilla, Colombia recibió el título de Bachiller Técnico Industrial con especialidad en Dibujo Técnico en 2013, de la Institución Educativa Técnico Industrial "Blas Torres De La Torre", Soledad, Colombia. Se vinculó a la Universidad del Atlántico en el programa de Ingeniería Mecánica en el año 2014, y es actualmente estudiante activo de dicha institución. Se encuentra realizando su tesis de graduación. ORCID: 0000-0001-5119-566X

Tecnologías de la información y comunicación (TIC) para el apoyo de procesos de gestión del conocimiento en aulas virtuales

Sonia I. Mariño

*Departamento de Informática. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes. Argentina.
simarinio@yahoo.com*

Resumen— La Gestión del Conocimiento (GC) se presenta como un paradigma en la sociedad del s. XXI, siendo la educación un elemento clave. En este trabajo se presenta una propuesta de uso de herramientas Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para apoyar la GC, como sustento del diseño de aulas virtuales teóricamente fundamentadas. Se describe el método diseñado con la finalidad de guiar y lograr el modelo propuesto. Los estudios y reflexiones permiten elaborar una propuesta para construir un modelo de aulas virtuales sustentado en conceptos de GC y que apoyen las actividades educativas según se utilicen las herramientas TIC en los momentos de socialización, exteriorización, combinación e interiorización siguiendo los procesos de la Gestión del Conocimiento.

Palabras Clave— sociedad del conocimiento; gestión del conocimiento; tecnologías de la información y comunicación; taxonomías herramientas TIC

Recibido para revisar Marzo 19 de 2018, aceptado Mayo 10 de 2018, versión final Mayo 24 de 2018

Information and communication technologies (ICT) to support knowledge management processes in virtual classrooms

Abstract— Knowledge Management (KM) is presented as a paradigm in society of 21st century, with education being a key element. This paper presents a proposal of KM-tools, as to support the design of theoretically based virtual classrooms. The method designed in order to guide and achieve the proposed model is described. The studies and reflections allows to elaborate a model of virtual classrooms based on KM concepts and to support educational activities based on ICT tools, which are used in socialization, externalization, combination and internalization moments according to the processes of Knowledge Management.

Keywords—knowledge society; knowledge management; information and communication technologies; ICT tools taxonomies

1. Introducción

La sociedad del conocimiento, una natural evolución de la sociedad de la información, se caracteriza por la explosión de datos e información para su transformación en conocimiento. En la compleja sociedad actual, la Gestión del Conocimiento (GC) es una disciplina emergente.

La GC puede definirse como un proceso sistemático y organizacionalmente especificado para adquirir, organizar y comunicar tanto el conocimiento tácito como el explícito de los

recursos humanos, de modo que otros sujetos puedan hacer uso de él para ser más efectivos y productivos en sus trabajos [1-3].

En [4] se cita a Malhotra quien considera que la GC “contribuye con los aspectos fundamentales de la adaptación, supervivencia y competencia organizacional, frente a los cambios ambientales discontinuos”. Así las organizaciones del siglo XXI deben adaptarse a los nuevos requerimientos y es allí donde la GC propicia un entorno orientado a crear, transferir y aplicar el conocimiento de los recursos humanos, entre aquellos que las componen y hacia otros externos. En numerosos trabajos se ampliaron definiciones y alcances de los procesos que involucra la GC [1,5]. La Tabla 1 presenta algunas definiciones de GC desde el punto de vista de diferentes autores.

Tabla 1
Síntesis definiciones de Gestión del Conocimiento

Autor/es	Definiciones de GC
Alavi y Leidner (1999) [1]	Proceso sistemático y organizacionalmente especificado para adquirir, organizar y comunicar tanto el conocimiento tácito como el explícito de los empleados, de modo que otros empleados puedan hacer uso de él para ser más efectivos y productivos en sus trabajos.
Wiig (1993) [6]	Marco conceptual que abarca las actividades y perspectivas requeridas para obtener una visión general, crear, tratar con y beneficiarse de los activos corporativos de conocimientos y de sus roles particulares como soporte para el negocio y las operaciones de la corporación. Construcción y aplicación sistemática, explícita y deliberada de conocimiento para maximizar la efectividad organizacional con respecto al conocimiento al usar sus activos de conocimiento.
Tiwana (2001) [7]	Proceso creador de valores de negocio que generan ventajas competitivas desde el desarrollo, la comunicación y la aplicación del conocimiento a través de la interacción con los grupos de interés, optimizando el crecimiento de las organizaciones y generación de valor agregado.
Del Moral, A. (2007) [8]	Mejora de las prestaciones organizativas por detección de los individuos a fin de capturar, compartir y aplicar sus conocimientos colectivos para tomar decisiones óptimas en tiempo real.

Fuente: Mariño, S. I., 2017, a partir de revisión de la literatura

Como citar este artículo: Mariño, S.I., Tecnologías de la información y comunicación (TIC) para el apoyo de procesos de gestión del conocimiento en aulas virtuales. Educación en Ingeniería, 13(26), pp. 77-81, Julio, 2018.

En las organizaciones, como son las dedicadas a la Educación Superior el conocimiento es el bien más preciado, puede ser explícito o tácito [5,7,9]. El conocimiento procede de los sujetos que conforman las organizaciones y de las relaciones que entre ellos emergen.

Así un concepto asociado a Gestión del Conocimiento es Capital Intelectual, constituido por el Capital Humano, el Capital Estructural y el Capital Relacional [11,12]. En [12] se sostiene que el Capital Intelectual constituye el conjunto de activos intangibles de una organización que generan valor o tienen potencial de generarlo en el futuro. Sin embargo, se puede considerar sólo aquel conocimiento selectivo, esencial y estratégico estrechamente relacionado con la generación de valor y de beneficios.

En [13,14] se realiza una revisión y síntesis de diversos modelos de gestión de conocimiento expuestos en la literatura. Estos estudios dan cuenta de la visión de distintos autores, dado que algunos presentan diseños generales, otros dan cuenta de modelos definidos para contextos específicos. A modo de ejemplificar se mencionan algunos de los tratados en [15-18].

Las Universidades del s. XXI son uno de los principales actores de los procesos de la Gestión del Conocimiento, brindando una diversidad de estrategias para apoyar la capitalización del saber en pro de una sociedad que crece vertiginosamente. En estas instituciones la gestión del conocimiento se presenta como una estrategia general de la teoría de la gestión moderna que apoya, ayuda y aporta en la toma de decisiones [14,15].

Actualmente, las aulas virtuales se constituyen en uno de los principales exponentes que materializan y propician procesos de administración de conocimientos, promoviendo interacciones sin restricciones espacio-temporales. Estas herramientas de las TIC se utilizan para mediar procesos educativos a distancia, apoyar los presenciales o como estrategias de aprendizaje mixto o b-learning.

En este trabajo se presenta una propuesta de uso de herramientas TIC para apoyar la Gestión del Conocimiento, como sustento del diseño de aulas virtuales teóricamente fundamentadas basada en el modelo de gestión de conocimiento SECI, cuyas siglas referencias a los momentos de Socialización, Exteriorización, Combinación e Interiorización, según [10]. Se describe el método y los resultados que podrán aplicarse en la construcción de un modelo de aulas virtuales basado en aspectos teóricos de la Gestión del Conocimiento, para apoyar las actividades educativas en entornos no presenciales.

2. Metodología

La metodología aplicada en este trabajo es de tipo exploratorio. Se basa en las siguientes etapas:

- Revisión de fundamentos de la GC. En la literatura se describen distintos abordajes en torno a la Gestión del Conocimiento, sus modelos, herramientas TIC y no TIC, así como otros temas con los cuales se relaciona como son liderazgo, comunidades de práctica, lecciones aprendidas, buenas prácticas, ética, propiedad intelectual, entre otros.
- Revisión de la GC desde una perspectiva de las TIC. Las TIC y sus herramientas son uno de los elementos que se

tratan desde la GC. Se realizó el relevamiento, la selección y el estudio de trabajos que proponen taxonomías de herramientas informáticas para la GC [19- 22].

- Reflexión en torno al modelo SECI [10] a partir de un relevamiento de modelos para la gestión del conocimiento y con la finalidad de determinar las herramientas más utilizadas en aulas virtuales y que reflejen desde su aplicación los momentos de socialización exteriorización, combinación e interiorización.
- Elaboración de una propuesta para diseñar aulas virtuales, definiendo las herramientas TIC siguiendo conceptos que definen el denominado modelo SECI.

3. Resultados

En esta sección se describen los logros preliminares de la presente propuesta.

3.1. Revisión de taxonomías TIC para la GC

Las TIC son herramientas que acompañan un proceso de GC a fin de acrecentar y resguardar el Capital Intelectual de la Organización. Se pretende abordar la relación entre la GC y las TIC, dado que existe un nexo que permite trabajar bajo un mismo objetivo. Es decir, el punto clave son el conocimiento y los procesos que involucran su administración utilizando las denominadas herramientas de Gestión del Conocimiento que surgen con el uso de las TIC.

Ruggles define las herramientas o instrumentos de gestión del conocimiento como aquellas que soportan la realización de aplicaciones, actividades o acciones como la generación, codificación o transferencia del conocimiento [17].

Estas herramientas pueden considerarse como acciones técnicas, mentales organizacionales que aportan al seguimiento de flujos de datos y en la administración de la información para producir conocimiento oportuno y valioso.

Estas herramientas para apoyar los procesos de GC se pueden basar o no en las TIC [13]. Entre aquellas que carecen del uso de las TIC se mencionan a: capacitaciones, comunidades de práctica, revisiones después de la acción, historias de aprendizaje, ferias de conocimiento, aldeas de trabajo, conversaciones colaborativas, programas de sugerencias, entre otros.

En [13] se propone la categoría denominada “Modelos científicos y tecnológicos de gestión del conocimiento” que vincula la GC y las TIC. Específicamente los modelos tecnológicos que hacen uso de las TIC (Internet, bases de datos, sistemas expertos y de información, computadoras, servidores, etc.) como una forma para optimizar y facilitar el uso y aplicación del conocimiento con distintas tecnologías, sean o no comprendidas por la Inteligencia Artificial [14].

La revisión bibliográfica permite detectar taxonomías especialmente diseñadas para categorizar herramientas o artefactos de software para gestionar conocimiento. En este sentido en [19] se sintetizan un listado de tipos de herramientas clasificadas según el ciclo: de creación del conocimiento y de conversión del conocimiento. Por su parte, en [20] se presenta una clasificación compuesta por siete categorías: de búsqueda y

recuperación de la información; de filtrado y personalización de la información; de almacenamiento y organización de la información; de análisis de información; de gestión de flujos y comunicación; de aprendizaje y comercio electrónico; de gestión empresarial.

En [21] se elabora una clasificación de herramientas TIC sustentada en el Modelo SECI [10], las categorías se denominan como: codificación y transferencia del conocimiento, creación, codificación y transferencia del conocimiento, creación y codificación del conocimiento

La propuesta de [22] se sustenta en la creación del conocimiento explícito e implícito. La taxonomía elaborada clasifica a las herramientas según sean de: búsqueda y personalización de la información, trabajo en grupo, portales corporativos, herramientas de simulación.

En este trabajo se expone una propuesta que se sustenta en los procesos ontológicos y epistemológicos que definen al modelo SECI [10], y se particulariza para el diseño de un aula virtual. La elección de este modelo de gestión del conocimiento se sustenta en su amplia validación en diversos dominios del conocimiento desde una perspectiva interdisciplinaria, y en este caso se aporta una propuesta sustentada en la teoría en el campo de la informática aplicada a la educación.

3.2. El modelo SECI

El modelo SECI se trata ampliamente en la literatura. Sus siglas referencian a los denominados procesos de Socialización, Externalización, Combinación e Internalización. La propuesta inicial responde a Nonaka y se amplió a partir del trabajo de Nonaka y Takeuchi [10].

Este modelo de Gestión del Conocimiento analiza el conocimiento organizacional en las dimensiones epistemológica y ontológica, y explicación su creación y conversión mediante la denominada "espiral del conocimiento", de naturaleza dinámica y continua. La dimensión epistemológica distingue entre conocimiento implícito y explícito se incorporan las fases de transición, se evidencia en el modelo desarrollado.

La dimensión ontológica distingue el conocimiento como individual (existe en las mentes y habilidades corporales de los sujetos, es específico del contexto y de las personas) y social (reflejado en las reglas, procedimientos, rutinas y normas compartidas colectivamente y presentes a escala grupal, organizacional e interorganizacional) [10,11].

El modelo SECI, trata la transformación del conocimiento de tácito a explícito y de individual a colectivo a través de los siguientes modos de conversión: socialización (tácito a tácito), externalización (tácito a explícito), combinación (explícito a explícito) e internalización (explícito a tácito). Así se establece que la:

Socialización. Representa el conocimiento acordado y se vincula con el proceso de conversión de conocimiento de tácito en tácito, implica la comunicación entre sujetos.

Externalización. Trata el conocimiento conceptual. Este proceso aborda la conversión de conocimiento tácito en explícito. Involucra la puesta en escena de diferentes inferencias en la producción, la evaluación y la aplicación de

conocimientos dado que los sujetos pueden recurrir a distintas estrategias para formalizarlos.

Combinación. Es el conocimiento sistémico, surge de la conversión de conocimiento explícito a explícito.

Internalización. Implica la conversión de conocimiento explícito en tácito. Se refiere al conocimiento operacional.

3.3. Propuesta

La revisión de las herramientas de las TIC para apoyar procesos de GC y su sistematización proporciona el marco de trabajo inicial de un proyecto complejo e incremental sostenido en principios de administración del conocimiento. Constituye el punto inicial que posibilita reflexiones en torno a las herramientas TIC no incluidas en las taxonomías tratadas en el presente trabajo y que permiten ampliar estas propuestas.

Análisis como el expuesto pueden explicitarse al comparar exhaustivamente otras taxonomías de herramientas como las expresadas por [21,22]. Es así como es viable definir nuevas taxonomías, como la que se expone en la Tabla 2, y en particular considerando el rol del estudiante que interactúa en un aula virtual.

Cabe aclarar que una herramienta TIC puede aplicarse en distintos momentos, según sea el grado de involucramiento de los estudiantes. Es así como puede considerarse que el Foro en un momento permite socializar el conocimiento, la exteriorización de una postura puede propiciar otras intervenciones, dando lugar a un proceso de combinación del conocimiento construido, y finalmente, si los sujetos se apropian de estas intervenciones, que deben ser mediadas por el docente o tutor, pueden lograrse procesos de interiorización del nuevo conocimiento. Ejemplo como el expuesto se suceden en ciclos espiralados de creación del conocimiento como los que aboga el modelo SECI.

Se coincide con las ideas expuestas en [23,24] en que las capacidades cognitivas de los individuos determinan las percepciones en torno a un objeto de estudio. En este caso en particular, se refiere en cómo se suceden los momentos comprendidos por el modelo SECI en el diseño, implementación o uso asociados a las herramientas de la TIC.

La Tabla 2 muestra una relación de herramientas TIC que apoyan las prácticas de gestión de conocimientos, en la columna 1 se listan algunas de las herramientas ampliamente disponibles en aulas virtuales, en la columna 2 se mencionan los distintos procesos del modelo SECI en que pueden aplicarse, y finalmente algunas notas.

Como se visualiza algunas herramientas se asocian a más de un proceso del modelo SECI, el criterio que guía esta definición se asocia al perfil de usuario (Docente, Alumno) y a la función educativa a la que aporta cada herramienta TIC según el ciclo de conocimiento en que se aplica y utiliza. Así ésta puede apoyar procesos de socialización, de externalización, de combinación y de interiorización. Cabe aclarar que la propuesta se sustenta en las distintas relaciones que pueden establecerse conforme a procesos espiralados de creación, uso y difusión del conocimiento en entornos educativos.

Tabla 2.

Propuesta de herramientas TIC para apoyo a procesos de GC en aulas virtuales

Herramientas TIC	Proceso SECI	Notas
Contenidos	Socialización	Presentación del material a los estudiantes Se espera que los estudiantes se apropien de los temas
	Exteriorización	
	Combinación	
	Interiorización	
Foros	Socialización	Nueva información se produce en función a las preguntas y respuestas formuladas y resueltas, sean unidireccionales o bidireccionales, individuales y colectivas
	Exteriorización	
	Combinación	
	Interiorización	
Preguntas Frecuentes	Socialización	Se proponen actividades a completar por los estudiantes. La puesta en común de aportes individuales y colectivos, así como la apropiación de las resoluciones lograrán aprendizajes significativos
	Exteriorización	
	Combinación	
	Interiorización	
Chat	Socialización	Difusión de cronograma de actividades, que socializa, exterioriza y combina el aporte de distintos sujetos para su apropiación y así asegurar su ejecución.
	Exteriorización	
	Combinación	
	Interiorización	
Tareas	Socialización	Se proponen actividades a completar por los estudiantes. La puesta en común de aportes individuales y colectivos, así como la apropiación de las resoluciones lograrán aprendizajes significativos
	Exteriorización	
	Combinación	
	Interiorización	
Agenda	Socialización	Difusión de cronograma de actividades, que socializa, exterioriza y combina el aporte de distintos sujetos para su apropiación y así asegurar su ejecución.
	Exteriorización	
	Combinación	
	Interiorización	

Fuente: El autor.

A modo de ejemplo en la elaboración de contenidos, el docente o equipo docente transforma el conocimiento de tácito en explícito a través de procesos de socialización (se entiende como la transmisión de los contenidos a ser seleccionados y establecer acuerdos), exteriorización (es decir, explicitar los acuerdos en enfoques y contenidos) y la combinación (distintos docentes acuerdan enfoques y contenidos a ser tratados y explicitados en los documentos disponibles); la interiorización se puede analizar desde el rol docente, dado que los acuerdos establecidos deben ser entendidos y apropiados por el equipo docente, y desde los estudiantes en la idea fuerza que estos son interpretados y asimilados para lograr aprendizajes significativos. Reflexiones similares pueden establecer con las distintas herramientas TIC elegidas como elementos de la propuesta.

4. Conclusiones

Se coincide con lo expuesto en [19], quienes afirman que las TIC se encuentran en constante evolución. En este sentido la matriz disciplinar del paradigma de la complejidad es dinámico, arborescente, en constante construcción [24]. Lo expuesto sustenta un estudio continuo de las taxonomías de herramientas TIC para la GC a fin de incluir las novedades y tecnologías emergentes que se producen en la informática e impactan en dominios educativos.

La presente indagación y propuesta se constituye en una base para el diseño de artefactos software orientado a la

administración de actividades de enseñanza-aprendizaje sustentadas en los procesos de la Gestión del Conocimiento y donde las aulas virtuales aportan en espacios educativos formales e informales definidos para actividades presenciales, no presenciales o de b-learning.

La innovación expuesta en el presente trabajo radica en explicitar cuales herramientas TIC se utilizan, que procesos de GC sustentan y a qué categoría de GC corresponden, respaldada en paradigmas que valoricen el rol de los sujetos en el diseño, desarrollo y uso de las TIC. Como se observa en la Tabla 2, las herramientas elegidas son ampliamente utilizadas en las aulas virtuales existentes en campus virtuales y diversas plataformas educativas, estas se utilizan en distintos momentos como son la socialización, exteriorización, combinación e internalización de los conocimientos individuales y colectivos y que transforman los conocimientos de tácitos en explícitos en diversos ciclos espiralados donde los aprendizajes y experiencias previas se constituyen en la tesis, su revisión en la antítesis y de esta tensión surgen mejoras que reflejan la tesis por lo cual puede pensarse en un abordaje dialéctico.

La presente propuesta se podrá completar con la introducción de otras herramientas de las TIC e incluyendo el rol de otros sujetos que intervienen en procesos educativos como son los tutores, los administradores de contenidos, entre otros. Las constantes revisiones podrán plasmarse en una nueva taxonomía de herramientas TIC para la GC.

Además, el modelo expuesto se considera replicable en diversos contextos de producción y difusión del conocimiento académico, científico y tecnológico, por lo que se continuará analizando su adaptación y los resultados que emerjan.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional del Nordeste, el trabajo se enmarca en estudios de investigación y posgrado desarrollados en la misma.

Referencias

- [1] Alavi, M. and Leidner, D., Review: knowledge management and knowledge management systems: Conceptual Foundations and Research Issues. *MIS Quarterly*, 25(1), pp. 107-136, 2001. DOI: 10.2307/3250961.
- [2] Davenport, T.H. and Prusak, L., *Working knowledge: how organizations manage what they know*. Boston MA: Harvard Business School Press, 2000, DOI 10.1145/348772.348775.
- [3] Peluffo, M.B.A. y Catalán-Contreras, E., *Introducción a la gestión del conocimiento y su aplicación al sector público*. Manuales Serie CEPAL. Santiago de Chile, 2002.
- [4] Ponce-Alvarez, A.A., *Fundamentos de la gestión del conocimiento*. Contribuciones a las Ciencias Sociales. [en línea]. 2009. En: <http://www.eumed.net/rev/cccs/06/aapa.htm>.
- [5] Polanyi, M., *Knowing and being*. *Mind*, 70(280), 1961.
- [6] Wiig, K., *Knowledge management methods: practical approaches to managing knowledge*. Arlington: Schreiner Press, 1993.
- [7] Tiwana, A., *The essential guide to knowledge management: E-business and CRM Applications*, Prentice Hall PTR, 2001.
- [8] Del Moral, A., *Gestión del Conocimiento*, Thomson-Paraninfo, 2007.
- [9] Pérez-Lindo, A., Varela, C., Grosso, F., Camós, C., Trotini, A.M., Burke, M.L. y Darin, S., *Gestión del conocimiento: un nuevo enfoque aplicable a las organizaciones y la universidad*, Ed. Grupo Editorial Norma, 2005.

- [10] Nonaka, I. y Takeuchi, H., Proceso de creación del conocimiento, [en línea]. Disponible en: <http://www.gestiondelconocimiento.com>, 1995.
- [11] Bučková, J., Knowledge management in public administration institutions, *Procedia Economics and Finance*, 34, pp. 390-395, 2015.
- [12] Terzieva, M., Project knowledge management: how organizations learn from experience, *Procedia Technology*, 16, pp. 1086-1095, 2014. DOI: 10.1016/j.protcy.2014.10.123
- [13] Barragán, A., Aproximación a una taxonomía de modelos de gestión del conocimiento, *Intangible Capital*, 5(1), pp. 65-101, 2009.
- [14] Mariño, S.I., Los sistemas expertos para apoyar la gestión inteligente del conocimiento, *Vínculos*, 11(1), pp. 101-108, 2014, DOI: 10.14483/issn.2322-939X.
- [15] Smokotin V.M., Petrova G.I. and Gural S.K., Theoretical principles for knowledge management in the research university, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2014, pp. 229-232.
- [16] Pérez, D. y Dressler, M., Tecnologías de la información para la gestión del conocimiento, *Intangible Capital*, 15(3), pp. 31-59, 2007.
- [17] De Freitas, V. y Yáber, G., Modelo holístico de sistema de gestión del conocimiento para las instituciones de educación superior, *Revista Enl@ce*, 11(3), pp. 123-154, 2014.
- [18] Mariño, S.I., Curso gestión del conocimiento, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. Universidad Nacional del Nordeste. 2017-2018.
- [19] Tomás-Miquel, J.V., Poler-Escoto, R., Capó-Vicedo, J. y Expósito-Langa, M., Las herramientas de gestión del conocimiento. Una visión integrada. VIII Congreso de Ingeniería de Organización. Libro de Comunicaciones CIO. [en línea]. 2004, pp. 725-734. Disponible en: <http://io.us.es/cio2004/comunicaciones/725-734.pdf>
- [20] Núñez-Paula, A. y Núñez-Govín, Y., Propuesta de clasificación de las herramientas - software para la gestión del conocimiento. ACIMED, [en línea]. 13(2), 2005. Disponible en: http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol13_2_05/aci03_05.pdf.
- [21] Reyes-Meleán, C., Una breve introducción a las tecnologías de la información para la gestión del conocimiento, *Intangible Capital*, 4(0), pp. 1-12, 2004.
- [22] Grau, A., Herramientas de gestión de conocimiento, *EOIAmerica*, 2002.
- [23] Mirabal, J., Gestión dinámica de conocimiento organizacional. *Enl@ce Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 12 (), pp. 55-78, 2015.
- [24] Novack, J.D., Constructivismo humano: un consenso emergente. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), pp. 213-235, 1988.
- [25] Morin, E., Introducción al pensamiento complejo, Edit. ESF, 1990.

S.I. Mariño, es Lic. en Sistemas, MSc. en Informática y Computación, MSc. en Epistemología y Metodología de la Investigación Científica, tiene estudios de posgrado en Ciencias Cognitiva. Profesora titular del Departamento de Informática, se desempeña en actividades de docencia e investigación en la Universidad, dirigiendo proyectos de I+D y formando recursos humanos de grado y posgrado.
ORCID: 0000-0003-3529-7003

Proceso KDD como apoyo a las estrategias del proyecto SARA (Sistema de Acompañamiento para el Rendimiento Académico)

Leidy Carolina Calvache-Fernández, Valentina Álvarez-Vallejo & Jorge Iván Triviño-Arbeláez

Facultad de Ingeniería, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia. lccalvachef@uqvirtual.edu.co, valvarezv@uqvirtual.edu.co, jitrivino@uniquindio.edu.co

Resumen— Uno de los principales problemas que enfrenta Colombia en cuanto a la educación, concierne a los altos índices de deserción estudiantil en la Educación Superior, según fuentes del Ministerio de Educación Nacional, de cada cien estudiantes que ingresan a la educación superior cerca de la mitad no logran concluir su propósito educativo [1]. En este trabajo se presenta el proyecto SARA (Sistema de Acompañamiento para el Rendimiento Académico), proyecto creado por el programa de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad del Quindío, además de un análisis y propuesta de incluir el proceso denominado KDD (Knowledge Discovery in Databases), como un soporte de análisis de datos, consiguiendo así definir estrategias que ayuden en la intervención de la vida académica de los estudiantes, a través de la inclusión de técnicas de minería de datos para identificar patrones que permitan caracterizar o predecir posibles casos de deserción dentro del programa.

Palabras Clave — bodega de datos; deserción estudiantil; KDD (knowledge discovery in databases); minería de datos; SARA (sistema de acompañamiento para el rendimiento académico).

Recibido para revisar: Febrero 16 de 2018, aceptado: Mayo 16 de 2018, versión final: Mayo 28 de 2018

KDD (Knowledge Discovery in Databases) process as support of the SARA (Accompaniment System for the Academic Performance) project strategies

Abstract— One of the most important problems which is facing our country about education, it is regarding the high indicators of students dropout in universities. According to the sources of the Ministry of National Education, almost fifty percent of the students who enter to university don't manage to finish their studies. In this study, it is showing the SARA project (Accompaniment System for the Academic Performance), this project was created by the computer science and system engineering program at the Quindío University as well as a proposal to include the process called KDD (Knowledge Discovery in Databases) to support the data analysis, therefore, strategies are defined in order to help to intervene in the academic life of students throughout the use of data mining techniques to identify patterns which allow to profile or predict different cases of dropout inside of the program.

Keywords— data warehouse; dropout; KDD (knowledge discovery in databases); data mining; SARA project (accompaniment system for the academic performance).

1. Introducción

La deserción estudiantil en los programas de pregrado a nivel nacional tiene un impacto negativo en el desarrollo económico y social de un país, ya que las pérdidas financieras y sociales que representan los estudiantes desertores son altas para la sociedad [2]. Existen muchas situaciones que encierran el contexto de la

deserción estudiantil como el perfil vocacional que define los intereses, aptitudes, personalidad y capacidades que tiene una persona con respecto a la elección de una carrera universitaria [3], otros factores como los económicos, familiares, sociales y/o personales hacen parte de este contexto. Se puede definir entonces la deserción estudiantil como el fenómeno que comprende a quienes no siguieron la trayectoria esperada de su programa académico, es decir, un estudiante que no se matricula en el mismo programa académico durante dos o más períodos consecutivos y no se encuentra como graduado o retirado por motivos disciplinarios [4].

El Ministerio de educación nacional realiza un seguimiento a la deserción estudiantil mediante el Sistema para la Prevención de la Deserción en las Instituciones de Educación Superior (SPADIES), en el informe de Estadísticas Deserción y Graduación del 2015 presentado por el Ministerio de Educación Nacional, se registra una tasa de deserción del 9.3% en formación Universitaria. Por su parte la Universidad del Quindío como lo registra el SPADIES tiene una tasa de deserción del 8.6% al finalizar el año 2015, una tasa superior a la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad de Nariño con un índice de deserción del 5.92% y 7.11% respectivamente en el mismo año.

El programa de Ingeniería de Sistemas y Computación como un programa adscrito a la Universidad del Quindío no se encuentra al margen de esta gran problemática, al cierre del año 2016 el SPADIES registró para el Programa de Ingeniería de Sistemas y Computación una tasa de deserción del 12.5 %.

Este documento está estructurado de la siguiente manera: la sección 2 está dedicada al estado del arte donde se evidencian trabajos relacionados y los resultados obtenidos, seguidamente esta la sección 3 donde se contextualiza las estrategias manejadas por el proyecto SARA, la sección 4 muestra la metodología propuesta y cada una de las etapas del proceso KDD, en la sección 5 se detallan los resultados y la discusión, finalmente la sección 6 muestra las conclusiones y trabajos futuros del artículo.

2. Trabajos relacionados

El proceso KDD en la educación no es un término nuevo y su estudio y aplicación ha sido muy importante y relevante en los últimos años, el uso de este proceso permite analizar grandes volúmenes de

Como citar este artículo: Calvache-Fernández, Proceso KDD como apoyo a las estrategias del proyecto SARA (Sistema de Acompañamiento para el Rendimiento Académico). Educación en Ingeniería, 13(26), pp. 82-89, Julio, 2018.

datos encontrando relaciones y patrones no triviales [5].

Tanto a nivel Nacional e Internacional, muchas Universidades han desarrollado proyectos de investigación con respecto a la deserción estudiantil guiados en la aplicación de KDD. En Colombia, Universidades como la Universidad de Nariño y la Institución Universitaria CESMAG llevaron a cabo un proyecto de investigación el cual tenía como objetivo detectar patrones de deserción estudiantil en los programas de pregrado de estas dos Universidades, se aplicaron diferentes tareas y técnicas de minería de datos obteniendo perfiles socioeconómicos y académicos. Este proyecto unificó la información de las dos Universidades encontrando un patrón general que contiene notas, materias perdidas y resultados de las Pruebas Saber 11, permitiendo soportar la toma de decisiones y motivar estrategias en los programas de retención estudiantil que actualmente se encuentran establecidos dentro de las Universidades. Los perfiles arrojados por medio de técnicas de Minería de datos indican que se generaron modelos consistentes con la realidad observada [6].

En Argentina, la Universidad Gastón Dachary realizó una investigación para analizar el fenómeno de la deserción estudiantil, que tuvo en cuenta la información personal y los antecedentes académicos para identificar factores que influyen en la deserción de los estudiantes de la carrera de Ingeniería informática, se utilizaron múltiples algoritmos de clasificación como J48, BayesNet y OneR. Se identificó que las variables más influyentes son las asignaturas aprobadas, procedencia y edad de ingreso. El mayor porcentaje de deserción según los resultados se da en el primer año de la carrera [7].

Un grupo de estudiantes de la Universidad de Misiones en Argentina enfocaron su tesis en la utilización de técnicas de minería de datos para clasificar y agrupar a los estudiantes de acuerdo a sus características académicas, factores sociales y demográficos, todo esto con el objetivo de reducir el porcentaje de deserción en los programas académicos de esta Universidad. Dentro de esta tesis se informa que los mejores resultados en cuanto al análisis de la deserción se obtuvieron bajo la técnica de árboles de decisión y han planeado la posibilidad de contemplar más variables socioeconómicas [8].

Otro trabajo relacionado con esta temática se llevó a cabo en la Universidad de Oklahoma en los Estados Unidos, el principal objetivo de esta investigación era predecir estudiantes en riesgo de deserción e intervenir de forma apropiada, este estudio utilizó datos recopilados durante cinco años al igual que una variedad de técnicas de minería de datos para caracterizar el perfil de deserción. Dentro de los resultados se pudo analizar que el conjunto de datos equilibrado obtiene mejores resultados que los no equilibrados; además, las variables educativas y financieras se encuentran como los factores más importantes dentro de este fenómeno [9].

Finalmente, la Universidad de Purvanchal de la India, realizó una investigación para obtener un modelo predictivo y generar una lista que incluya aquellos estudiantes que podrían necesitar de apoyo académico, el modelo predictivo se realizó por medio un proceso KDD. Los patrones de deserción resultantes permitieron realizar una comparación entre los múltiples algoritmos de árboles de decisión, entre los cuales están ID3, C4.5, CART y ADT, el mejor resultado se obtuvo con el algoritmo ID3 con el 90.9091% de instancias correctas. Los atributos más relevantes de la investigación fueron los

ingresos y la ocupación de la madre [10].

Los trabajos mencionados son un ejemplo de las numerosas investigaciones donde se implementó un proceso KDD para buscar soluciones o estrategias encaminadas en la retención estudiantil.

3. Proyecto SARA

El Sistema de Acompañamiento para el Rendimiento Académico SARA, es un proyecto constituido a mediados del año 2014, se crea con el propósito de ayudar y acompañar académicamente a los estudiantes del Programa de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad del Quindío, en los primeros semestres o aquellos que tiene bajo rendimiento académico, brindando apoyo en temas o en áreas que presentan mayor dificultad de aprendizaje [11].

SARA ha venido consolidando un modelo de estrategias de acompañamiento estudiantil permanente que incentiva un mejor desarrollo personal, académico y vocacional de la mano de Bienestar Institucional, buscando incrementar la motivación y la posibilidad de permanencia de los estudiantes que ingresan al programa de Ingeniería de Sistemas y Computación. Se estudian y se ponen en práctica una variedad de estrategias que buscan no solo mejorar el nivel educativo de los estudiantes, sino que también se brindan herramientas que permitan afrontar de una manera adecuada sus estudios.

Entre las estrategias manejadas por el proyecto SARA se encuentran la inducción a estudiantes nuevos, inducción a biblioteca y bases de datos virtuales, se realiza un seguimiento continuo de las Pruebas BADyG (Batería de Aptitudes Diferenciales y Generales), se coordinan asesorías con docentes y estudiantes, finalmente se realiza un seguimiento y acompañamiento a estudiantes en situación condicional, este tipo de condición permite dar continuidad a los estudiantes que han demostrado algunas deficiencias como la pérdida consecutiva de espacios académicos

4. Metodología

Tomando como metodología el Proceso de descubrimiento de conocimiento en base de datos o KDD, se inicia con un estudio de la problemática desde un enfoque holístico partiendo desde una revisión literaria de la deserción estudiantil en diferentes IES y finalizando concretamente en el Programa de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad del Quindío. Se seleccionaron de las bases de datos de la Universidad del Quindío los datos que relacionan características personales, socioeconómicas y académicas de los estudiantes. Con los datos recopilados para el análisis se construyó un repositorio que fue procesado y transformado con el propósito de obtener un conjunto de datos depurado y listo para la aplicación de algoritmos de Minería de Datos. Se descubrieron reglas y perfiles personales, socioeconómicos y académicos de los estudiantes utilizando la técnica de Árboles de decisión y Orange como herramienta de implementación. Los patrones resultantes fueron interpretados, evaluados, y finalmente usados para soportar la toma de decisiones en el proyecto SARA, permitiendo fortalecer la retención estudiantil en el programa académico. La Fig. 1 detalla el proceso metodológico para el desarrollo del trabajo.

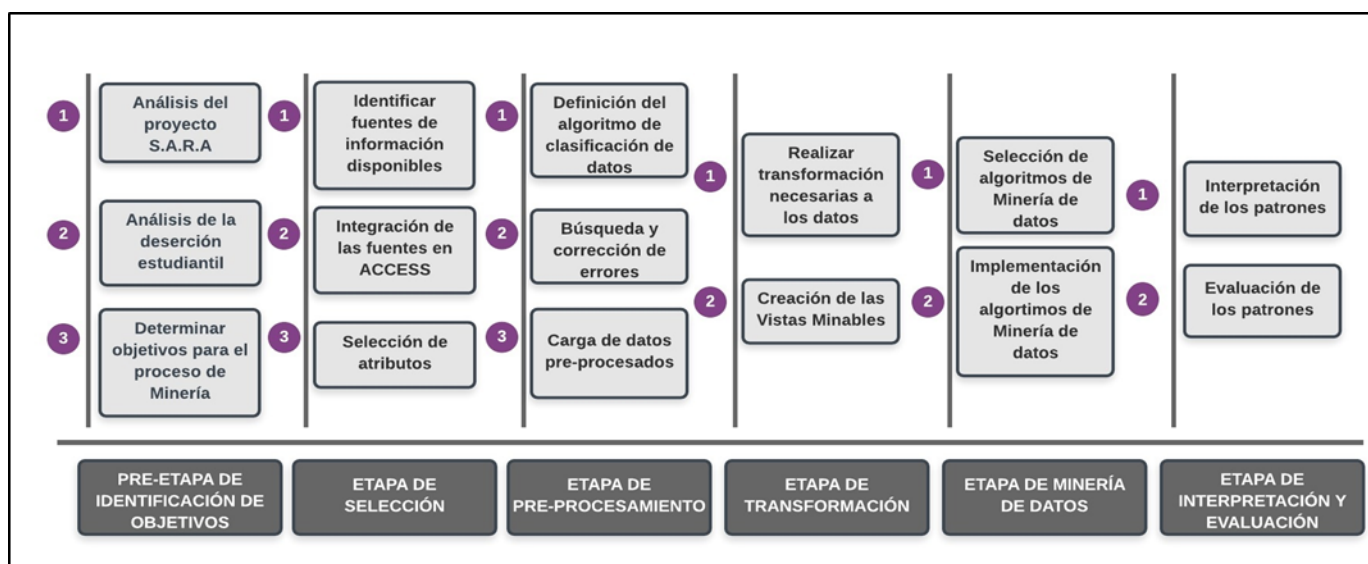


Figura 1. Implementación Metodología proceso KDD.

Fuente: Los autores

4.1. Pre - etapa de identificación de objetivos

Según [12] esta pre-etapa consiste en el conocimiento y la identificación del objetivo KDD desde el punto de vista del cliente. Esta etapa es de vital importancia ya que se debe de conocer previamente los objetivos, procesos y actividades de la organización donde se desea intervenir, dado que tener un conocimiento previo permitirá encaminar el proceso de minería de manera que se pueda obtener resultados óptimos y de calidad, se decidió como primera actividad realizar un análisis del proyecto SARA y de cada una de sus estrategias manejadas como se muestra en la sección 3, seguidamente se incorpora a este trabajo un análisis de la deserción para identificar variables y su comportamiento en relación a este fenómeno. El análisis de la deserción se realizó de forma Dinámica y por Cohorte; la primera hace referencia a la medición del fenómeno durante un espacio de cinco años que comprenden los periodos 2013-1 hasta 2017-2, sin tomar ninguna cohorte en especial, sino que se tomó la población total, es decir, los estudiantes que registran matrícula académica durante este lapso de tiempo. En cuanto al análisis de la deserción por cohorte, se toma la definición del SPADIES que hace referencia al Porcentaje acumulado de estudiantes de una cohorte que no ha registrado matrícula por dos o más períodos consecutivos en un programa académico.

Se considera que esta pre-etapa es crucial dentro del proceso, ya que dependiendo de los objetivos definidos en esta instancia se determinó los datos que han de usarse dentro del proceso de extracción de conocimiento, así mismo, si los datos con los que se dispone permiten alcanzar o no los objetivos previstos. Para este trabajo es importante analizar e identificar los factores de deserción que más relevancia tienen tanto en la fase de inscripción como en el transcurso de la vida académica de los estudiantes. La fase de inscripción que hace referencia al proceso de admisión que el estudiante realiza para ingresar al programa académico, esta fase recopila información personal y socioeconómica del estudiante. Para el transcurso de la vida académica se tiene como referente el desarrollo de la vida universitaria, donde se analizó su desempeño

Tabla 1.

Objetivos de Minería de Datos

Objetivos de Minería de Datos
Objetivo 1. Identificar características comunes en el ámbito personal y socioeconómico que permitan predecir si un estudiante que va a ingresar al programa está en riesgo o no de deserción.
Objetivo 2. Determinar patrones de los estudiantes con referencia a resultados de parciales, acuerdos y monitorías, para establecer el comportamiento de dichas variables en el fenómeno de la deserción.

Fuente: Los autores

académico que involucra resultados de parciales, registro de asistencia en asesorías e información de estudiantes que se encuentran en situación condicional.

A continuación, se detalla cada uno de los objetivos definidos para el proceso de minería en concreto. Ver Tabla 1.

4.2. Etapa de selección

El objetivo de esta etapa es determinar las fuentes de datos y el tipo de información a utilizar, es la etapa donde los datos relevantes para el análisis son extraídos desde las fuentes de datos, para el caso de estudio se seleccionaron las bases de datos Matriculados Totales, Colegios, Encuesta, y Primíparos de la Oficina de Planeación y Desarrollo. Adicionalmente las bases de datos Resultados de Parciales, Acuerdos y Monitorías suministradas por el proyecto SARA.

De las fuentes de datos Matriculados Totales, Colegios, Encuesta, y Primíparos se seleccionó la población total entre 2013-1 y 2017-2, es decir, todos los estudiantes que han registrado matrícula académica entre estos periodos inclusive, sin tomar una Cohorte en específico, entendiéndose esto como Deserción Dinámica, se obtuvo como resultado un repositorio con información personal y socioeconómica de los estudiantes con un total de 1644 registros y 23 atributos, el cual será identificado como REP01 a lo largo de este documento.

Tabla 2.

Descripción de los atributos del repositorio: REP01

N°	Atributo	Descripción
1	Edad	Edad del estudiante
2	Jornada	Jornada del programa al que pertenece el estudiante (Diurna/Nocturna)
3	Ciudad_Residencia	Ciudad de residencia del estudiante
4	Genero	Género del estudiante (Femenino/Masculino)
5	Estado_Civil	Estado civil del estudiante (Solter@, Casad@, Viudo, Unión Libre, Madre Soltera y Separad@)
6	Grupo_Etnico	Grupo étnico al que pertenece el estudiante si aplica (Negritudes, Pastos, Achagua, Awa, Embera, Pastos, Pijaos, Wayuu, Yanacona)
7	Victima_Conflicto	Si el estudiante es víctima del conflicto armado (Si/No)
8	Es desplazado	Si el estudiante es desplazado (Si/No)
9	Es Discapacitado	Si el estudiante es discapacitado (Si/No)
10	Nombre_Discapacidad	Nombre de la discapacidad del estudiante si aplica
11	Estrato_Socioeconómico	Estrato socioeconómico al que pertenece el estudiante
12	Régimen_salud	Régimen de salud del estudiante (Contributo o subsidiado)
13	Categoría_Sisbén	Categoría del Sisbén del estudiante
14	Cant_grupo_familiar	Número de personas por el que está conformado la familia del estudiante
15	Nucleo_familiar	Núcleo por el que está conformado su familia (Alguno de sus padres, Dos padres y hermanos, Hermanos o familiares, Solo, Solo sus dos padres, Sus hijos, Espos@ o compañer@, Sus hijos)
16	Aporta_Economicamente	Si aporta económicamente a la familia (Si/No)
17	Cantidad_Ingresos	Cantidad de ingresos del estudiante en salarios mínimos
18	Fuente_financiación	Fuente por la cual financia sus estudios (Beca, Padres, Ingresos Personales, Entidades Financieras, Icetex, Espos@ o compañer@)
19	Labora	Si el estudiante labora o no (Si /No)
20	Nombre_Institucion	Nombre de la institución donde termino sus estudios de bachiller
21	Inst_Naturaleza	Naturaleza de la institución donde termino sus estudios de bachiller (Publica / Privada)
22	Municipio_Institucion	Municipio donde está ubicada la institución donde termino sus estudios de bachiller
23	Departamente_Institucion	Departamento donde está ubicada la institución donde termino sus estudios de bachiller

Fuente: Los autores

De las fuentes de datos Resultados de Parciales, Acuerdos y Monitorias se seleccionó la Cohorte del 2016-1, entendiéndose esto como Deserción por Cohorte, teniendo como resultado un repositorio con información académica de los estudiantes, con un total de 143 registros y 14 atributos, el cual será identificado como REP02 a lo largo de este documento. Finalmente, las fuentes de datos Graduados y Estado Estudiante suministradas por la Oficina de Calidad, permitió descartar estudiantes que no

hacen parte del análisis de la deserción estudiantil como: estudiantes graduados, en continuidad académica, retirados por motivos disciplinarios y estudiantes de intercambio.

En la Tabla 2 se detallan los atributos que se seleccionaron para el análisis en referencia al repositorio REP01:

En la Tabla 3 se detallan los atributos que se seleccionaron para el análisis en referencia al repositorio REP02:

Como resultado se obtuvo un repositorio en Microsoft Access que integró la información de REP01 y REP02. Como actividad final de esta etapa se realizó un reconocimiento por tabla y gráfico que permitió identificar el estado en el que se encuentran las fuentes de datos incorporadas en el estudio, ver Fig. 2. El reconocimiento incluye una descripción de las variables de cada fuente, formato y tipo de dato, moda y media, cantidad de valores nulos y la cantidad de valores diferentes que puede tomar el atributo, todo esto con el fin de identificar el estado de cada uno de los repositorios y usar este análisis para la posterior etapa.

4.3. Etapa de pre-procesamiento

Esta etapa consiste en un análisis intensivo del conjunto de datos seleccionado en la etapa anterior, donde se ponen en práctica operaciones y técnicas necesarias para eliminar ruido, inconsistencias o redundancias con las que puedan venir los datos. El principal objetivo de esta etapa es preparar los datos seleccionados para la posterior aplicación de los algoritmos. Como primera actividad se implementó un algoritmo desarrollado bajo el lenguaje Java, dicho algoritmo permitió automatizar el proceso de clasificación (Desertor y No Desertor).

Tabla 3.

Descripción de los atributos del repositorio: REP02

N°	Atributo	Descripción
1	Acuerdo	0 si la persona no ha estado en acuerdo y 1 en caso contrario
2	P1POO	Resultado o nota del primer parcial de Paradigma Orientada a Objetos
3	P2POO	Resultado o nota del segundo parcial de Paradigma Orientada a Objetos
4	P3POO	Resultado o nota del tercer parcial de Paradigma Orientada a Objetos
5	P1CALCULO_DIF	Resultado o nota del primer parcial de Cálculo Diferencial
6	P2CALCULO_DIF	Resultado o nota del segundo parcial de Cálculo Diferencial
7	P3CALCULO_DIF	Resultado o nota del tercer parcial de Cálculo Diferencial
8	P4CALCULO_DIF	Resultado o nota del cuarto parcial de Cálculo Diferencial
9	P1GEOMETRIA	Resultado o nota del primer parcial de Geometría Analítica
10	P2GEOMETRIA	Resultado o nota del segundo parcial de Geometría Analítica
11	P3GEOMETRIA	Resultado o nota del tercer parcial de Geometría Analítica
12	P4GEOMETRIA	Resultado o nota del cuarto parcial de Geometría Analítica
13	CALCULO	0 si no ha asistido a asesorías en el Área de Cálculo y 1 en el caso contrario
14	PROGRAMACION	0 si no ha asistido a asesorías en el Área de programación y 1 en el caso contrario

Fuente: Los autores

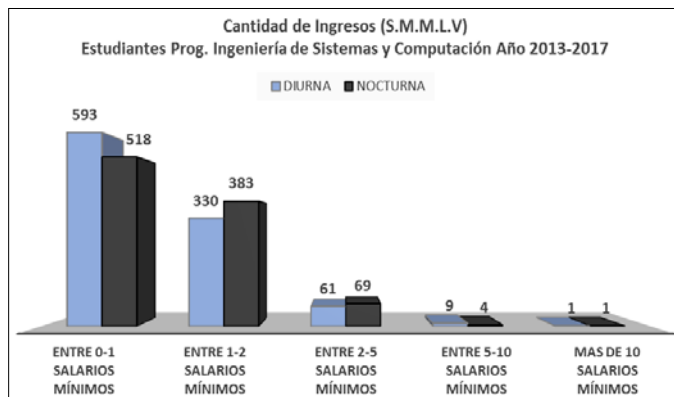


Figura 2. Cantidad de Ingresos (S.M.M.L.V). Prog. Ingeniería de Sistemas y Computación. Año 2013-2017.

Fuente: Cálculo de los autores

Por medio del reconocimiento realizado en la etapa anterior identificaron aquellas inconsistencias o errores con los que venían las fuentes permitiendo analizar de esta manera la calidad de los datos. Teniendo en cuenta la importancia de los atributos seleccionados, los valores nulos encontrados fueron actualizados con la moda o media dependiendo de la naturaleza del atributo, y así las inconsistencias encontradas fueron corregidas con el valor más aproximado al valor real.

4.4. Etapa de transformación

La etapa de transformación de los datos es la etapa que proporciona la vista minable, es decir, los datos listos para ser analizados por los algoritmos de minería. La transformación de los datos es la construcción de atributos, la cual consiste en construir automáticamente nuevos atributos aplicando alguna operación o función a los atributos originales con el objeto de que estos nuevos atributos hagan más fácil el proceso de minería [13]. Para facilitar la extracción de patrones se discretizaron los valores numéricos a valor nominales, como

Tabla 4.

Rangos de discretización de la edad del Estudiante

Edad	Discretización
Edad >=15 & Edad <=20	1
Edad >=21 & Edad <=23	2
Edad >=24 & Edad <=28	3
Edad >=29 & Edad <=56	4

Fuente: Los autores

Tabla 5.

Selección del algoritmo de minería de datos

Objetivos	Tarea	Algoritmo
1. Identificar características comunes en el ámbito personal y socioeconómico que permitan predecir si un estudiante que va a ingresar al programa está en riesgo o no de desertar.	Predecir un valor discreto.	Algoritmo de árboles de decisión
2. Determinar patrones de los estudiantes con referencia a resultados de parciales, acuerdos y monitorias, para establecer el comportamiento de dichas variables en el fenómeno de la deserción.	Predecir un valor discreto.	Algoritmo de árboles de decisión

Fuente: Los autores

ejemplo se tiene la edad del estudiante, otros atributos como el régimen de seguridad, nombre de discapacidad, estado civil entre otros se numerización para favorecer el proceso de minería.

Para discretizar la edad se tomó en cuenta la discretización simple o simple binning mencionada el libro (Hernández et al., 2004). La discretización más sencilla también llamada simple binning es aquella discretización que realiza intervalos del mismo tamaño y utiliza el mínimo y máximo valor como referente, para ello se resta el máximo y el mínimo valor, el valor resultante de la resta se divide por la cantidad de intervalos deseados, puede resultar más adecuado aquellos intervalos que tienen un número constante de individuos o aquella discretización que mantiene una distribución similar a la normal. Para el caso de estudio se tomó el mínimo valor de la edad (15 años) y máximo valor (56 años) como referente, creando cuatro rangos que mantengan

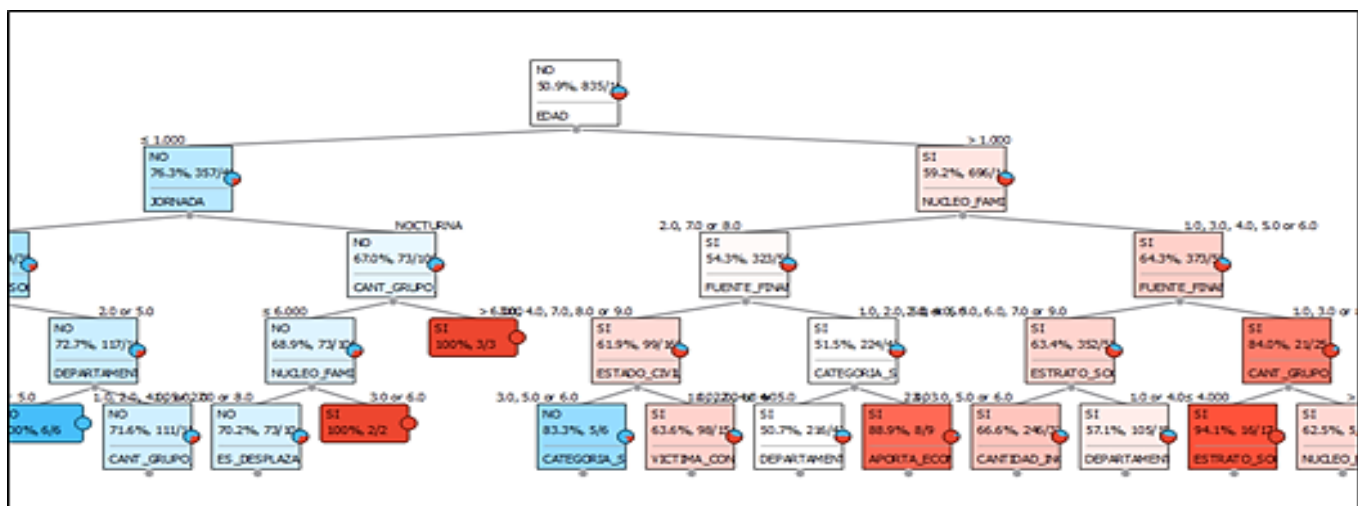


Figura 3. Árbol de decisión resultante.

Fuente: Los autores.

la proporción de los datos, puede notarse que los intervalos no poseen un tamaño fijo ya que era necesario asegurar una distribución proporcional de los individuos.

Una vez realizada cada una de las transformaciones requeridas, la última actividad de esta etapa es la creación de las vistas minables, dichas vistas fueron usadas para la aplicación de los algoritmos de minería de datos.

4.5. Etapa de minería de datos

Minería de Datos es la siguiente etapa del proceso KDD, cuyo objetivo es producir conocimiento, es decir, encontrar relaciones entre los datos que no han sido detectadas a simple vista, para ser usado por el cliente o la organización como apoyo a sus decisiones. Es importante mencionar que para la aplicación de la

Tabla 6.
Interpretación de reglas Objetivo 1

Regla	Interpretación	Clase	Probabilidad
1	Estudiantes cuya edad es mayor de 20 años Que no vivan con alguno de los siguientes miembros: ➤ Dos padres y hermanos, ➤ Solo sus dos padres ➤ Sus hijos Que sus gastos no sean financiados por: ➤ Becas de la Universidad ➤ Entidades financieras ➤ Usted y su esposa Que su estrato Socioeconómico sea diferente de 1 y 4 Que la cantidad de ingresos sea alguno de los siguientes: ➤ Entre 2 y 5 (S.M.M.L.V) ➤ Entre 5 y 10 (S.M.M.L.V) ➤ Mayores a 10 (S.M.M.L.V) Que su categoría del Sisbén sea; 3,4 o 5 Que la cantidad de personas que conformen su núcleo sea mayor a 3 personas.	Deserta	100%
2	Estudiantes cuya edad es mayor de 20 años Que no vivan con algunos de los siguientes miembros: ➤ Dos padres y hermanos, ➤ Solo sus dos padres ➤ Sus hijos Que sus gastos sean financiados por: ➤ Becas de la Universidad, ➤ Entidades financieras ➤ Usted y su esposa Que la cantidad de integrantes de su familia sea mayor e igual a 4 personas.	Deserta	94.1%
3	Estudiantes cuya edad sea mayor a 20 años Que su núcleo familiar este conformado por alguno de los siguientes miembros: ➤ Dos padres y hermanos ➤ Solo sus dos padres ➤ Sus hijos Que sus gastos sean financiados por: ➤ Becas de la Universidad ➤ Becas Externas ➤ Icetex ➤ Ingreso de padres y/o familia Que su categoría del Sisbén sea igual a 3	Deserta	83.3%
4	Estudiantes cuya edad es menor e igual a 20 años Que pertenezcan a la jornada diurna Que su estrato socioeconómico sea diferente de 2 y 5 Que su grupo familiar este compuesto por menos de 7 personas.	No Deserta	83.6%
5	Estudiantes cuya edad sea mayor a 20 años Que su núcleo familiar este compuesto por alguno de los siguientes miembros: ➤ Dos padres y hermanos ➤ Solo sus dos padres ➤ Sus hijos Que su fuente de financiación sea diferente de: ➤ Becas de la Universidad ➤ Becas Externas ➤ Icetex ➤ Ingreso de padres y/o familia Que su estado civil sea alguno de los siguientes estados: ➤ Separado ➤ Unión Libre ➤ Viudo(a)	No Deserta	83.3%

Fuente: Los autores

Tabla 7.
Interpretación de reglas Objetivo 2

Regla	Interpretación	Clase	Probabilidad
1	Aquellos estudiantes que al menos presenten el tercer parcial del área de Paradigma Orientada a Objetos, además una nota mayor o igual a 3,4 en el último parcial de Geometría Analítica.	No Deserta	100%
2	Aquellos estudiantes que presenten el tercer parcial del área de Paradigma Orientada a Objetos. Que la nota del cuarto parcial de Geometría sea menor o igual a 3,4. Que sus notas en el tercer parcial de Cálculo Diferencial sea mayor o igual a 2,7. El tercer parcial de Geometría sea mayor o igual a 2,7. Que el segundo parcial de Paradigma Orientada a Objetos sea mayor a 3,4. Y que asista a las monitorías del área de Cálculo en los siguientes temas: ➤ Circunferencias y parábolas ➤ Derivadas implícitas ➤ Derivadas.	No Deserta	100%
3	Aquellos estudiantes que no asisten al tercer parcial del área de Paradigma Orientada a Objetos.	Deserta	92.3%
4	Aquellos estudiantes que no presenten el tercer parcial del área de Paradigma Orientada a Objetos, además que la nota del segundo parcial del área de Cálculo Diferencial sea menor o igual a 3,4 o simplemente no lo presente.	Deserta	98%

Fuente: Los autores

etapa de Minería de datos se debe tener en cuenta la tarea apropiada para identificar factores influyentes en la deserción, la tarea de minería de datos aplicada para el caso de estudio es la Clasificación, una vez identificada la tarea se eligió la técnica de minería de datos que resuelva esta necesidad, la técnica usada para los objetivos propuestos es Árboles de Decisión, ver Tabla 5.

Los árboles de decisión fueron implementados en la herramienta Orange, las reglas más relevantes se muestran en la sección 5 de Resultados las cuales superan una probabilidad de ocurrencia del 80%.

4.6. Etapa de interpretación e evaluación

Continuando con las etapas del proceso KDD se procede a la siguiente etapa denominada Interpretación e Evaluación, en este punto se verifica la calidad de los patrones resultantes. Idealmente, los patrones descubiertos deben tener tres cualidades: ser precisos, comprensibles e interesantes, es decir, útiles y novedosos

La evaluación de los modelos se realizó por medio de componentes brindados por Orange, obteniendo una precisión del 70.2% y 80% para el objetivo 1 y 2 respectivamente. Adicionalmente se descartaron los patrones irrelevantes, dejando únicamente los de mayor ocurrencia. Finalmente se tradujo cada uno de los patrones en términos entendibles para el proyecto SARA. Como se puede visualizar en la Fig. 3 los resultados son presentados en forma de árbol n-arios en donde a partir de un nodo padre o raíz se desprenden n cantidad de hijos.

Cabe resaltar que se maneja una escala e intensidad de colores donde cada color representa los posibles valores que puede tomar la variable, para este caso la variable clase (Desertor o No desertor).

5. Resultados y discusión

Como resultado de interpretar los Árboles de decisión generados por Orange a partir de los repositorios *REP01* y *REP02*, se obtuvieron las reglas de clasificación más relevantes

con una probabilidad mínima del 80% como se muestra en la Tabla 6 para el Objetivo 1 y en la Tabla 6 para el Objetivo 2.

Como se puede observar en la Tabla 6 los factores de deserción más relevantes en cuanto al ámbito personal y socioeconómico hacen referencia al núcleo familiar, la cantidad de integrantes que lo conforman y la fuente de financiación. Particularmente la probabilidad de deserción es más alta cuando no se vive con; Dos padres y hermanos, Solo sus dos padres y Sus hijos, o cuando su fuente de financiación involucra Becas de la Universidad, Entidades financieras o Usted y su esposa, adicionalmente que el grupo familiar este compuesto por más de 3 personas.

En referencia a la Tabla 7, en aspectos académicos los factores de más relevancia tienen que ver con un promedio de notas bajo, particularmente no presentar los parciales del área de Paradigma Orientada a Objetos se ha convertido en el factor de mayor impacto. Adicionalmente cabe resaltar que uno de los factores que garantiza mayor índice de supervivencia es la asistencia a asesorías, un estudiante que asiste al menos a una asesoría de programación garantiza su supervivencia durante su carrera.

6. Conclusiones y trabajo futuros

Para la ejecución de este trabajo se aplicaron una serie de conocimientos que se adquirieron a lo largo de nuestra vida académica, los conocimientos plasmados en este documento abarcan conceptos de bases de datos, Inteligencia de Negocios y Minería de datos, siendo esta última el área la de mayor aplicabilidad.

Finalizando cada una de las etapas de proceso KDD y habiendo cumplido con todos los objetivos en su totalidad, puede concluirse de este trabajo lo siguiente:

- ✓ La implementación del proceso KDD basado en minería de datos permite encontrar conocimiento útil y novedoso que no es perceptible a simple vista. La Minería de datos para el contexto de la deserción estudiantil permite al programa y especialmente al proyecto S.A.R.A, conocer cuales variables deberán tenerse en cuenta con mayor prioridad para intervenir en la retención de los estudiantes.

- ✓ Al arrojar patrones, un proceso de Minería de datos permite el manejo eficiente de la información y soportar la toma de decisiones dentro de una organización o empresa, brindando la posibilidad de mejorar aspectos o procesos de su entorno. Al detectar información relevante y no trivial, un proceso de minería permitirá dar un valor diferenciador para la organización.
- ✓ La etapa de pre-procesamiento es la etapa que consume gran parte del tiempo, requiere de un análisis detallado ya que asegurar la calidad de los datos nunca será una tarea fácil.
- ✓ El conocimiento producto de los patrones permitirá generar e incluir estrategias alineadas con la visión y los objetivos que persigue SARA, las cuales podrían estar encaminadas en la intervención de la vida académica de los estudiantes que se perfilan como potenciales desertores, algunas de estas estrategias podrían estar relacionadas con analizar la distribución horaria de asesorías para mejorar ambientes de estudio y crear estrategias motivacionales para que los estudiantes se incorporen con mayor frecuencia en ellas.
- ✓ En cuanto a la aplicación de técnicas de minería de datos en el ámbito educativo, muchos de los patrones encontrados en este trabajo se pueden convertir en un punto de partida para motivar estrategias tempranas de retención estudiantil, relacionadas con la flexibilidad horaria, asesorías académicas, ayudas psicológicas y acompañamiento académico que permitan a los estudiantes continuar con su ciclo educativo.
En cuanto a trabajos futuros se sugiere que:
- ✓ Se establezcan revisiones de las fuentes de datos, principalmente cuando se analiza las Cohortes que serán objeto de estudio, ya que por medio del reconocimiento realizado en la etapa de Selección se pudo identificar que existen estudiantes que aparecen como nuevos en distintas Cohortes, lo cual implica una alteración en los índices de Deserción estudiantil, se recomienda entonces un análisis a mayor profundidad de las fuentes con las que se está trabajando a nivel Institucional
- ✓ El surgimiento de nuevas tecnologías ha hecho que el mundo actual genere datos de forma masiva, las bases de datos no relacionales por su alta escalabilidad han permitido adaptarse de forma adecuada a un crecimiento continuo de datos; las redes sociales, aplicaciones, páginas web, entre otras, son ejemplo de tecnologías que usan este tipo de bases de datos no estructurada. En futuros trabajos se piensa en incluir redes sociales con el propósito de conocer la opinión de los estudiantes del Programa de Ingeniería de Sistemas y Computación acerca de las estrategias enmarcadas por SARA, de esta manera se contará con un elemento crucial que permitirá conocer y evaluar la efectividad de las estrategias e incluir en las estrategias las recomendaciones más apropiadas.
- ✓ La aplicación de nuevas técnicas de minería de datos como Clúster o Red neuronal se pueden convertir en una alternativa para descubrir segmentos de poblaciones o relaciones que no se pudieron encontrar mediante la aplicación de Árboles de decisión.

Referencias

- [1] Guzmán-Ruiz, C., Muriel-Durán, D. y Franco-Gallego, J., Deserción estudiantil en la educación superior colombiana. Metodología de seguimiento, diagnóstico y elementos para su prevención, Ministerio de Educación Nacional, 2009.
 - [2] Cepero-González, A., Las preferencias profesionales y vocacionales del alumnado de secundaria y formación profesional específica, Tesis, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Granada, Granada, España, 2010.
 - [3] Universidad Pedagógica Nacional, La deserción estudiantil: reto investigativo y estratégico asumido de forma integral por la UPN, 10 P, 2008.
 - [4] Ministerior de Educación, SPADIES, Sistema para la Prevención de la Deserción de la Educación Superior, 2002. [en línea]. Disponible en: <https://www.mineducacion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/w3-article-254707.html>.
 - [5] Pereira, R.T., Romero, A.C. y Toledo, J.J., La minería de datos como un método innovador para la detección de patrones de deserción estudiantil en programas de pregrado en instituciones de educación superior, ACOFI, IFEEES, 9 P, 2013.
 - [6] Timaran, R., Jimenez, J., Pereira, R.T. y Toledo, J.J., Detección de patrones de deserción estudiantil en programas de pregrado de instituciones de educación superior con CRISP-DM, en Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación, Buenos Aires, Argentina, 2014, pp. 1-19.
 - [7] Eckert, K.B. y Suénaga, R., Análisis de deserción-permanencia de estudiantes universitarios utilizando técnica de clasificación en minería de datos, Form. Univ., 8(5), pp. 3-12, 2015, DOI: 10.4067/S0718-50062015000500002.
 - [8] Pautsh, J.G.A., Minería de datos aplicada al análisis de la deserción en la carrera de analista en sistemas de computación, Tesis de grado, Facultad de Ciencias de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones, Posadas, Argentina, 2009, 111 P.
 - [9] Delen, D., A comparative analysis of machine learning techniques for student retention management, Decis. Support Syst., 49(4), pp. 498-506, 2010. DOI: 10.1016/j.dss.2010.06.003.
 - [10] Head, S.P., Mining educational data to reduce dropout rates of engineering students, Inf. Eng. Electron. Bus., 2(2), pp. 1-7, 2012. DOI: 10.5815/ijieeb.2012.02.01.
 - [11] Quiceno, C. and Pulgarón, R., S.A.R.A Sistema de acompañamiento para el rendimiento académico, ACOFI, 2016, 8 P.
 - [12] Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G. and Smyth, P., From data mining to knowledge discovery in databases, AI Mag., pp. 37-54, 1996, DOI: 10.1609/aimag.v17i3.1230.
 - [13] Hernández, J., Ramirez, M. and Ferri, C., Introducción a la minería de datos. España, 2004.
- L.C. Calvache-Fernández**, recibió el título de Ing. Sistemas en la Universidad del Quindío en el año 2018, Armenia, Colombia. Desde el 2016 trabajó como auxiliar de bases de datos de la vicerrectoría de investigaciones de esta misma Universidad hasta diciembre de 2017. Actualmente labora como analista de inteligencia comercial en Avianca Holdings.
ORCID: 0000-0003-1726-1023
- V. Álvarez-Vallejo**, recibió título de Ing. de Sistemas y Computación en la Universidad del Quindío, Armenia, Colombia. Desde el 2016 al 2017 trabajó como auxiliar de labor de asesoría, vigilancia, supervisión y control del Laboratorio de Ingeniería de Sistemas y Computación de esta misma Universidad. Actualmente es la administradora COAVI del Grupo Empresarial Don Pollo.
ORCID: 0000-0002-4325-4401.
- J.I. Triviño-Arbeláez**, recibió el título de Ing. Sistemas en la Universidad del Quindío en el año 2004, Armenia, Colombia. MSc. en Ingeniería con la Universidad de Eafit en el año 2016. Cursos de corta duración en la Universidad La Gran Colombia - Seccional Armenia – UGCA Diplomado en Docencia Universitaria en 2007. Académicamente ha laborado en la Escuela de Administración y Mercadotecnia del Quindío, Fundación Universitaria San Martín y en la Universidad del Quindío desde 2007. Es coautor de los libros: Fundamentos de bases de datos (2009) y Aprendiendo a Programar en Java.
ORCID: 0000-0002-1264-3519

Modelo de ecuaciones estructurales para el estudio de la percepción de los estudiantes de pregrado de ingeniería industrial con el Proyecto Educativo del Programa-PEP

Jennifer Natalia Buitrago-Rodríguez, Laura María Tovar-Sánchez & Henry Lamos-Díaz

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. jennifer.buitrago@correo.uis.edu.co, laura.tovar@correo.uis.edu.co, hamos@uis.edu.co

Resumen— Los Modelos de Ecuaciones Estructurales (SEM) es una técnica multivariable que se aplica en investigaciones de diversas disciplinas debido a su facilidad de explicar relaciones causales entre variables cualitativas y cuantitativas para contrastar modelos teóricos. El ámbito educativo no se encuentra exento de la aplicación de los SEM. En el presente trabajo se construye y valida un modelo conceptual para medir el grado de satisfacción de los estudiantes de pregrado de Ingeniería Industrial con aspectos referentes del Proyecto Educativo del Programa-PEP mediante el enfoque de Ecuaciones Estructurales. Mediante este trabajo se logró construir un instrumento fiable y válido que sirve como herramienta para el mejoramiento continuo e insumo para los procesos de autoevaluación en la educación superior. En este sentido, se resaltan los factores que afectan la satisfacción global del alumno.

Palabras Clave— modelo de ecuaciones estructurales; variables observadas; variables latentes; análisis multivariante; educación superior; satisfacción.

Recibido para revisar Enero 16 de 2018, aceptado Mayo 10 de 2018, versión final Mayo 28 de 2018

Structural equation modeling for the study of perception of undergraduate students in industrial engineering with the Educational Project of the Program-PEP

Abstract— The Structural Equation model (SEM) is a multivariable technique applied to research in a diverse kind of disciplines due to its ability to explain causal relationships between qualitative and quantitative variables. By this way, theoretical models can be contrasted to each other. The academic field is not exempted of SEM applications. In this project a conceptual model is constructed and validates to measure the degree of satisfaction of undergraduate students in industrial engineering at UIS towards the Educational Project of the Program-EPP through the Structural Equations. Through this work, a reliable and valid instrument that serves as a tool for continuous improvement and input for the self-evaluation processes in post-secondary education is developed.

Keywords— structural equation modeling; multivariate analysis; observed variables; latent variables; higher education; satisfaction.

1. Introducción

El acelerado cambio que se vive en la era actual, obliga a las Instituciones de Educación Superior (IES) a reinventarse con el fin de responder ante los nuevos retos sociales, tecnológicos, económicos y científicos de la sociedad contemporánea. Hoy más que nunca, la búsqueda de la excelencia académica se da

mediante el aseguramiento de la calidad de todas las partes involucradas en el sistema educativo que intenta garantizar una educación pertinente, beneficiosa para la sociedad e integral para el estudiante.

Pérez y Alfaro [1] consideran que los estudiantes son los destinatarios de la educación, son ellos los que mejor pueden valorarla y, aunque tienen una visión parcial, su opinión

proporciona un referente que debe tenerse en cuenta. Descubrir la percepción que tienen sobre el servicio de educación, permitirá a las instituciones identificar fortalezas y debilidades que faciliten la toma de decisiones en aras de mejorar y asegurar la calidad en sus programas académicos.

En este sentido, la evaluación de la calidad es imprescindible para obtener información que permita conocer la realidad, el avance y los resultados de los procesos internos que se lleva a cabo en las universidades. De allí, radica la importancia de encontrar formas fiables de medición que posibilite a los miembros del sistema educativo tomar conciencia de los aspectos por mejorar en las instituciones; además de facilitar su comparación con el entorno regional, nacional e internacional.

A nivel global, se han realizado diversas investigaciones acerca de la calidad percibida de los servicios de educación superior. Duque y Diosa [2] señalan que, en países como Malasia, España, México, India, Turquía, entre otros, se han realizado dichas investigaciones basándose en los modelos SERVQUAL (SQ) y SERVPERF propuesto por Parasuraman, Zeithaml & Berry [3] y Cronin & Taylor [4] respectivamente. Sin embargo, autores como Buttle [5] han sido críticos de la escala SQ debido a problemas de redundancia e interpretación por parte de los encuestados. Como resultado de lo anterior, se han creado nuevos modelos como HEDPERF (Higher Education PERFORMANCE-only) propuesto por Firdaus [6], SERVQUALing creado por Mejías [7], HiEdQual (Higher Education Quality) desarrollado por Annamdevula & Shekhar [8], e-SERVQUAL propuesto por Martínez -Argüelles, Blanco y Castán [9], entre otros.

Como citar este artículo: Buitrago-Rodríguez, J.N., Tovar-Sánchez, L.M. and Lamos-Díaz, H., Modelo de ecuaciones estructurales para el estudio de la percepción de los estudiantes de pregrado de Ingeniería Industrial con el Proyecto Educativo del Programa-PEP. Educación en Ingeniería, 13(26), pp. 90-100, Julio, 2018.

Vergara y Quesada afirman que cuando en una investigación se pretende analizar un cierto número de variables simultáneamente por medio de técnicas estadísticas, se utilizan los Modelos de Ecuaciones Estructurales. Los SEM han sido utilizado ampliamente para el análisis de la calidad del servicio en diversas entidades, demostrando su adaptabilidad y eficacia a la hora de determinar las variables que afectan la satisfacción del cliente [10].

Para el desarrollo del presente trabajo se emplea la metodología de los SEM para determinar la satisfacción que tienen los estudiantes de pregrado de Ingeniería Industrial de la Universidad Industrial de Santander (UIS) del campus central, matriculados en el primer periodo académico del 2017, con aspectos referentes del Proyecto Educativo del Programa. Inicialmente en la sección 2 se describe el planteamiento del problema, luego en la sección 3 se discute en forma general la evolución de la metodología SEM como herramienta para la elaboración de modelos teóricos en las ciencias sociales. Luego, en la sección 4 se explican las variables utilizadas tanto endógenas como exógenas, y seguidamente presentar la metodología que se usó para la construcción y validación del modelo conceptual, usando los 6 pasos propuestos por Kaplan & Kline [11,12] siendo estos, especificación, identificación, estimación de parámetros, evaluación del ajuste, reespecificación del modelo y la interpretación de los resultados. Finalmente, se enuncian las conclusiones y las recomendaciones del presente trabajo de investigación.

2. Planteamiento del problema

El Proyecto Educativo del Programa-PEP de Ingeniería Industrial de la UIS orienta sus esfuerzos al alcance de los requerimientos institucionales y de la sociedad en general. En este documento se señalan los objetivos, valores, principios, lineamientos, políticas de acción y estrategias encaminadas a dar cumplimiento del mismo. Su principal objetivo se basa en proporcionar oportunidades de aprendizaje teórico y práctico a sus estudiantes con el fin de mejorar los sistemas productivos y administrativos en una organización. El PEP surge de la unión de experiencias y opiniones de los grupos de interés como lo son estudiantes, docentes, egresados, directivos y la comunidad en general que se ve involucrada directa e indirectamente con el programa.

La Escuela de Estudios Industriales y Empresariales (EEIE) tiene el compromiso de garantizar la calidad a través de nuevos proyectos y estrategias que propicien la mejora continua de sus programas académicos. Tumino y Poitevin [13] afirman que la evaluación de la calidad en la educación superior está orientada a medir la percepción de los estudiantes, aunque esto resulte complejo debido a la subjetividad y al juicio que cada individuo percibe sobre los diferentes servicios brindados por la institución.

Mayo & Jarvis [14] definen la percepción como el proceso mediante el cual un individuo recibe, selecciona, organiza e interpreta información para crearse una imagen significativa del mundo. Este proceso inicia en la selección cuando el sujeto percibe de acuerdo a sus intereses, luego organiza la información, la analiza y clasifica según el tipo de estímulos

percibidos y por último interpreta de acuerdo a sus experiencias. Cada una de las personas percibe cosas distintas a pesar de que los estímulos sensoriales a los que se exponen sean los mismos.

Evaluar la percepción que tiene el alumno de los resultados y experiencias asociadas con su educación, permite conocer el grado de satisfacción ya que esta se define como la percepción que tienen los estudiantes del grado en el que se le han cumplido sus requisitos [15]. En la Tabla 1 se presentan algunos lineamientos del PEP y en la Tabla 2 se describen las características del factor procesos académicos del Consejo Nacional de Acreditación (CNA), los cuales inciden en la satisfacción global del estudiante.

Tabla 1
Lineamientos del PEP

	Lineamientos del PEP
Fundamentalidad:	Hace referencia a los contenidos fundamentales que formaran parte del plan de estudios y los contenidos útiles que serán temática de las estrategias de apoyo curricular.
Secuencialidad	Se basa en abordar el conocimiento de lo general a lo particular en todas las asignaturas.
Coherencia	Con respecto a las competencias y el propósito del programa.
Vigencia	Los contenidos deben responder a fundamentos universales y a las condiciones actuales que exigen nuevas formas de desarrollo de conocimiento.
Teórico práctico	Simultaneidad temporal del desarrollo teórico y práctico como complementos en la construcción del conocimiento.

Fuente: Adaptado de [16].

Tabla 2
Factor procesos académicos CNA

	Factor: Procesos académicos CNA
Integralidad	El currículo contribuye a la formación integral del estudiante, en coherencia con la misión institucional y los objetivos del programa.
Interdisciplinariedad	Interacción de estudiantes y profesores de distintos programas y de otras áreas del conocimiento.
Trabajo de estudiantes	Los trabajos realizados a lo largo del plan de estudios favorecen el logro de los objetivos del programa y el desarrollo de competencias.
Estrategias de enseñanza y aprendizaje	Los métodos pedagógicos empleados son coherentes con los saberes, las necesidades y objetivos del programa.
Recursos informáticos	El programa cuenta con plataformas informáticas, equipos computacionales y de telecomunicaciones suficientes, actualizados y adecuados para el desarrollo de los contenidos.
Recursos bibliográficos	El programa posee recursos bibliográficos adecuados y suficientes en cantidad y calidad, actualizados y accesibles a los estudiantes.
Recursos de apoyo docente	El programa tiene recursos de apoyo docente suficientes, actualizados y adecuados para la implementación del currículo.
Sistema de evaluación a estudiantes	El sistema de evaluación a estudiantes se basa en políticas y reglas claras, universales y transparentes.

Fuente: Adaptado de [17].

3. Modelo de ecuaciones estructurales

Los Modelos de Ecuaciones Estructurales aparecen por primera vez en 1921 con el aporte de Sewall Wright en el campo de la genética y el medio ambiente. Durante los siguientes años los investigadores aportaron conocimiento para el origen de dichos modelos, sin embargo, hasta el año 1970 este término se popularizó gracias al estadístico Goldberger, quien propuso la generalidad del modelo y la aplicabilidad en otras disciplinas como las ciencias sociales [18].

El principal aporte que realiza los SEM es que permite a los investigadores evaluar modelos teóricos, convirtiéndose en una de las herramientas más potentes para el estudio de relaciones causales sobre datos no experimentales cuando estas relaciones son de tipo lineal [19].

El tratamiento que se le ha dado a los SEM con el fin de simplificar los métodos y técnicas multivariadas ha sido a través de programas computacionales especializados como por ejemplo, LISREL, AMOS, EQS y el lenguaje de programación R que permiten un análisis más detallado y riguroso del modelo teórico a contrastar. Este último fue empleado para el desarrollo del presente trabajo con el fin de identificar los parámetros del modelo y los índices de bondad de ajuste.

4. Metodología

La metodología utilizada para el desarrollo de este trabajo fue tomada de [11,12], quienes proponen 6 pasos para desarrollar un modelo de ecuaciones estructurales. Estos pasos son:

4.1. Especificación del modelo

Se establece formalmente un modelo que propone las relaciones hipotéticas entre las variables latentes medibles por medio de las variables observadas basándose en los conocimientos teóricos. Es importante poseer fuentes confiables del tema que respalden las hipótesis planteadas por el investigador con el fin de obtener un buen modelamiento con ecuaciones estructurales.

Luego que se desarrolla la especificación del modelo teórico que se plasma en un diagrama de red, que permite visualizar gráficamente las relaciones entre las variables que son postuladas por el modelo teórico [20]. Para comprender los diagramas de trayectoria es necesario conocer las siguientes convenciones:

- Variables observadas o indicadores: Son aquellas que pueden ser observadas o medidas de manera directa [21]. Su representación es a través de cuadrados o rectángulos. En general se les asignan las letras X y Y.
- Las variables latentes o factores: Son aquellas que se infieren a partir de las variables observadas y no pueden medirse directamente [22]. Se representan mediante círculos o elipses y en general, se determinan con las letras griegas ξ para representar las variables latentes exógenas quienes tienen efecto sobre otras variables, pero no reciben efecto por parte de ninguna de ellas; y con la letra η para denotar a las variables latentes endógenas las cuales reciben efectos

de otras variables y siempre van acompañadas por el término error.

- Las relaciones entre variables se simbolizan con flechas, el origen de la flecha indica la causa y la punta señala el efecto. Las flechas unidireccionales representan la hipótesis de un efecto directo de una variable sobre otra.
- Las variables pueden tener relaciones recíprocas, la cual se representa con dos flechas.
- La covarianza entre variables se representa con curvas bidireccionales con una flecha en cada extremo.
- La ausencia de flecha entre dos variables indica que no están directamente relacionadas.

Para clarificar las convenciones mencionadas anteriormente se elabora la Fig. 1

Luego se procede a la formulación matemática del modelo que se basa en las ecuaciones del componente estructural y de medida

4.1.1. Modelo de medida

El principal objetivo de este modelo es comprobar la idoneidad de las variables observadas seleccionadas en la medición de las variables latentes. Se debe construir un modelo de medida tanto para las variables endógenas como para las variables exógenas, en los cuales se debe contemplar los errores de medición para cada uno de estas. Las ecuaciones matemáticas que representan el modelo de medida de las variables endógenas ec. (1) y exógenas ec. (2) son:

$$y = \Lambda_y \eta + \varepsilon \quad (1)$$

$$x = \Lambda_x \xi + \delta \quad (2)$$

4.1.2. Modelo estructural

Representa las relaciones causales entre las variables latentes mediante diagrama de trayectoria y análisis de regresión. Estos modelos se formalizan matemáticamente con ec. (3):

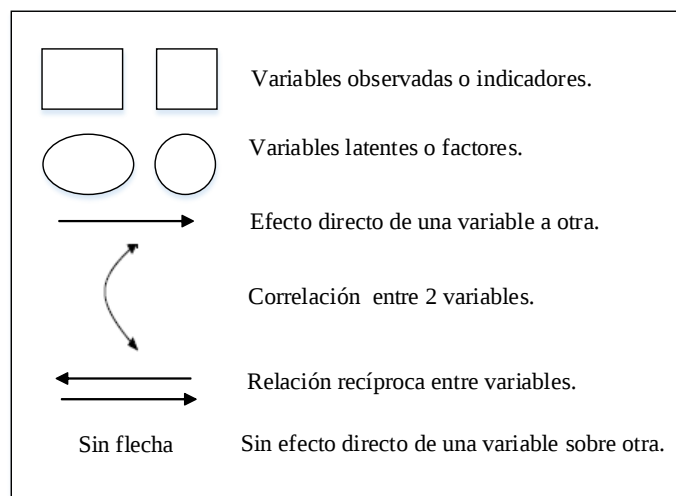


Figura 1. Convenciones
Fuente: Los autores.

$$\eta = \beta\eta + \Gamma\xi + \zeta \quad (3)$$

4.2. Identificación del modelo

Este paso consiste en garantizar que se puedan estimar los parámetros del modelo. La identificación se hace mediante la regla de los grados de libertad la cual se obtiene a través de la diferencia entre el número de varianzas y covarianzas, y el de parámetros a estimar. Cuando ($gl < 0$) el modelo está subidentificado, es decir, tiene infinitas soluciones impidiendo la estimación del mismo. Cuando ($gl = 0$) el modelo está identificado lo que implica que el modelo tiene una única solución y no es generalizable, y cuando ($gl > 0$) el modelo está sobreidentificado lo que significa que es suficientemente generalizable cumpliendo así con el objetivo de los SEM.

4.3. Estimación de parámetros

Luego de asegurar la identificación del modelo, se procede a estimar los parámetros del mismo donde se desea minimizar la diferencia entre la matriz de varianza-covarianza muestral y la matriz de varianza-covarianza predicha. Para ello se debe seleccionar el método de estimación que mejor se ajuste a los datos, entre estos se encuentran:

4.3.1. Máxima verosimilitud (ML)

Es el comúnmente utilizado para la estimación de parámetros en los modelos de ecuaciones estructurales ya que proporciona resultados consistentes y no sesgados. Para emplearlo se requiere cumplir los supuestos de normalidad, especificación correcta del modelo y tamaño de muestra grande, al menos 200 casos [23], ya que a medida que el tamaño de la muestra aumenta la distribución de las estimaciones tiende a una distribución normal.

4.3.2. Mínimos cuadrados generalizados (GLS)

Este método guarda relación con el de máxima verosimilitud ya que se debe cumplir los mismos criterios y se puede emplear bajo las mismas condiciones para proporcionar resultados insesgados, óptimos y consistentes. Sin embargo, cuando el modelo aumenta de tamaño resulta complejo e inapropiado utilizarlo.

4.3.3. Estimación por mínimos cuadrados no ponderados (ULS)

Es un método de estimación de parámetros que no requiere ningún tipo de distribución teórica de las variables observadas y produce resultados asintóticamente válidos para tamaño de muestra grandes. Long [24] y Ullman [25] señalan que este método tiene dos limitaciones que hacen que no sea muy utilizado. La primera de ellas es que no existen contrastes estadísticos asociados a este tipo de estimación y la segunda, es que los estimadores dependen de la escala de medida de las variables observadas.

4.4. Evaluación del ajuste

La evaluación o bondad de ajuste hace referencia a la exactitud de los supuestos del modelo especificado para

determinar si el modelo es correcto y sirve como aproximación al fenómeno real. Las medidas de ajuste global del modelo pueden ser de tres tipos:

- Medidas absolutas del ajuste: Evalúan el grado en que el modelo estructural y de medida predice la matriz de datos inicial. El más empleado es el chi-cuadrado el cual es la única medida estadística. Según Ruiz, Pardo y San Martín [26] el modelo tiene un ajuste aceptable si los valores de Chi-cuadrado/ gl es menor que 3. El Error de Aproximación Cuadrático Medio (RMSEA), representa el ajuste anticipado con el valor total de la población y no con el de la muestra [27]. El RMSEA incorpora una medida que penaliza la falta de parsimonia en el modelo, es sensible al número de parámetros a estimar y es relativamente insensible al tamaño de la muestra [20]. Si $RMSEA < 0,05$ se tiene un buen ajuste del modelo [28].
- Medidas del ajuste incremental: Comparan el modelo propuesto con otros modelos especificados por el investigador. El índice normado de ajuste (NFI), compara el modelo propuesto y el modelo nulo considerando valores aceptables cercanos a 1. El índice No normalizado de ajuste (NNFI), o índice Tucker Lewis, supera las limitaciones del NFI al considerar los grados de libertad del modelo teórico, siempre y cuando su relación sea débil con el tamaño muestral. El rango de este va entre 0 y 1, siendo recomendables los valores mayores o iguales a 0,9 [27]. En cuanto al CFI compara la diferencia entre la estructura de covarianza del modelo de medición contra una situación hipotética donde no existe relación entre las variables observadas [29]. Valores próximos a 1 indican un ajuste perfecto entre el modelo teórico y los datos recogidos. Así mismo, el Índice de Ajuste Incremental (IFI) compara el ajuste de dos o más modelos donde valores superiores a 0,9 indican un ajuste aceptable [30].
- Medidas del ajuste de parsimonia: Ajustan los índices para ofrecer una comparación entre modelos con diferentes números de coeficientes estimados. El Criterio de información de Akaike (AIC) es una medida comparativa entre modelos con diferente número de constructos. Los valores cercanos a 0 indican un mejor ajuste y una mayor parsimonia [31].

4.5. Reespecificación del modelo

Ullman [25] señala que existen básicamente dos motivos para especificar un modelo ya sea para mejorar su ajuste o contrastar alguna hipótesis teórica. Esto consiste en añadir o eliminar parámetros al modelo original, sin embargo, para hacer las modificaciones se debe tener soporte teórico que justifique los cambios y luego realizar las estimaciones con otros conjuntos de datos para obtener un modelo que finalmente sea válido.

Para esto, se emplean los residuos estandarizados o también llamados normalizados, los cuales permiten detectar problemas en el ajuste global del modelo. Para que un residuo sea significativo al nivel de 0,05, este debe tomar un valor mayor que $\pm 2,58$ [32]. Lo cual significará que existe un error de predicción entre 2 variables observadas siendo necesario la

adicción o eliminación de relaciones con el fin de mejorar el ajuste global del mismo.

Además, se deben examinar los índices de modificación para realizar la reespecificación del modelo. El valor obtenido hace referencia a la reducción del chi-cuadrado que se obtendría si el coeficiente fuera estimado al contemplarse en el modelo una nueva relación entre dos variables. Un valor de 3,84 o superior sugiere que se obtiene una reducción estadísticamente significativa [33].

4.6. Interpretación de resultados

Luego de realizar la estimación de parámetros, bondad de ajuste y la reespecificación del modelo si es necesario, se determina qué parámetros estimados han resultado ser significativos y relevantes para el mismo. Finalmente se procede a la interpretación de los parámetros y al contraste de las hipótesis planteadas a lo largo de la investigación.

5. Desarrollo del estudio

5.1. Diagrama de red

Para la construcción del modelo teórico se tuvieron en cuenta los lineamientos para la acreditación de programas de pregrado propuesto por el CNA [17], en donde se establece el factor procesos académicos como el indicado para ser evaluado por los estudiantes de pregrado de Ingeniería Industrial debido a que éstos pueden emitir fácilmente un juicio acerca de las características que

componen a este factor. Además, los lineamientos establecidos por la EEIE con el PEP en su última reforma del año 2006 [16] son indispensables para el estudio de la percepción de los estudiantes con el mismo. De igual manera, la revisión de la literatura permite considerar nuevos factores adoptados a partir de modelos de evaluación de la calidad en la educación superior que contribuyen al objeto de estudio de la investigación.

En la Fig. 2, se muestra el modelo teórico mediante un diagrama de red, la satisfacción de los estudiantes con el actual PEP de la EEIE es considerada como una variable latente endógena y se entiende por esta, como la percepción que tiene el alumno de los resultados y experiencias asociadas con su educación. Cuando una persona expresa estar satisfecha o no con respecto a algo, está emitiendo un juicio de valor a partir de un proceso de evaluación [34].

5.2. Técnica de muestreo y población objetivo

Para la recopilación de los datos se emplea la técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia a juicio debido a la dificultad de contactar a los estudiantes. Se seleccionaron estudiantes de todos los niveles del programa de Ingeniería Industrial con mayor participación los de últimos niveles, debido a que autores como Duque y Chaparro [35] afirman que los alumnos que llevan mayor tiempo de permanencia dentro de la universidad poseen elementos de juicios sólidos para expresar una opinión más certera sobre el objeto de investigación.

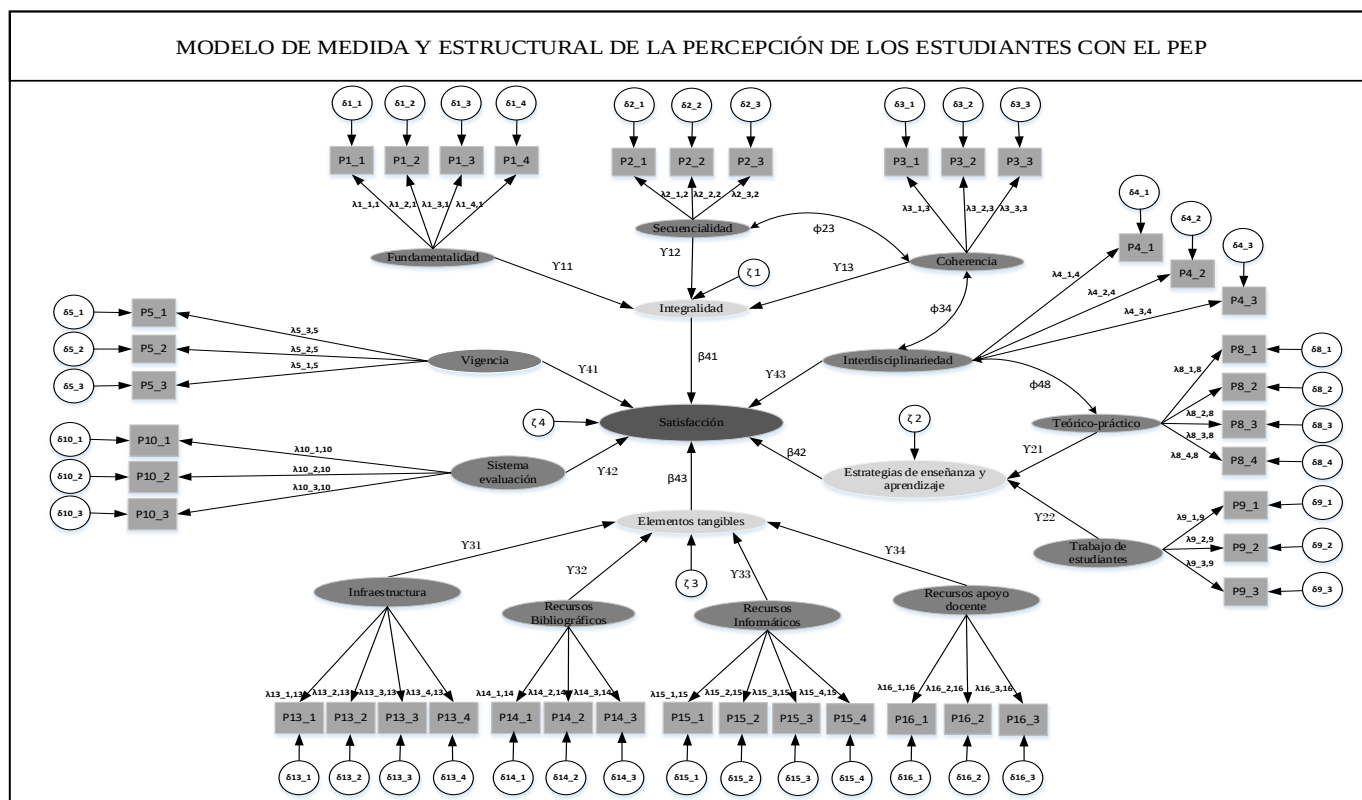


Figura 2. Modelo de medida y estructural de la percepción de los estudiantes con el PEP.

Fuente: Los autores

Tabla 3
Aspectos a evaluar por cada factor

Factor	Aspectos a evaluar
Fundamentalidad	• Contenidos de las asignaturas. • Créditos académicos del programa. • Aprendizaje de idioma extranjero (inglés). • Desarrollo de competencias de la profesión.
Secuencialidad	• Requisitos para cursar las asignaturas. • La secuencia en los contenidos de las asignaturas. • Conocimientos adquiridos durante el programa académico.
Coherencia	• Conocimiento del perfil profesional y ocupacional. • Propósito del programa. • Formación integral del estudiante.
Interdisciplinariedad	• Integración de las asignaturas con otras áreas del conocimiento. • Ciclo básico de ingenierías.
Vigencia	• Actualización del currículo. • Espacios para la participación de estudiantes en los cambios de los contenidos de las asignaturas.
Formalización	• Convenios con el sector público y privado. • Documentación de los programas en las asignaturas.
Movilidad	• Intercambios académicos con otras instituciones. • Homologación de las asignaturas.
Teórico-Práctico	• Cumplimiento de los contenidos previstos en las asignaturas. • Mecanismos de seguimiento y acompañamiento al estudiante. • Estrategias de enseñanza y aprendizaje.
Trabajo de los estudiantes	• Motivación a participar en los semilleros de investigación. • Trabajo independiente de los estudiantes.
Sistema de evaluación de estudiantes	• Utilidad del sistema de evaluación académico. • Criterios de evaluación académica.
Evaluación y autorregulación del programa	• Participación de los estudiantes en los procesos de autoevaluación.
Pertinencia	• Proyectos de extensión social. • Espacios para la resolución de problemas de la sociedad.
Infraestructura	• Estado de las instalaciones físicas. • Cantidad y disponibilidad de muebles y enseres. • Aseo de las instalaciones físicas. • Servicios complementarios.
Recursos bibliográficos	• Cantidad de recursos bibliográficos. • Actualización de recursos bibliográficos.
Recursos informáticos	• Disponibilidad y estado de los equipos. • Acceso a recursos informáticos. • Accesibilidad a redes de internet. • Página web de la escuela.
Recursos de apoyo docente	• Uso de plataformas interactivas. • Utilización de recursos de apoyo docente.

Fuente: Los autores.

La muestra constó de 278 alumnos quienes representan más del 20% de la población de estudiantes de pregrado de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.

5.3. Diseño del instrumento

En primera instancia se efectúa el diseño del instrumento para conocer el grado de satisfacción de los estudiantes, se emplea una escala tipo Likert de siete categorías donde uno es muy insatisfecho y siete muy satisfecho, además se incluye la opción no sabe para aquellos estudiantes que desconocen los ítems evaluados.

A continuación, en la Tabla 3 se presentan los aspectos a evaluar por cada factor:

5.4. Validación del instrumento

Con el objetivo de evaluar la fiabilidad y validez del instrumento empleado, donde la validez hace referencia al grado en que realmente el instrumento está midiendo el atributo objeto de estudio [36]. Para esto se realizó la validación de expertos por el método de agregados individuales, donde se conoció la opinión de cada uno de ellos respecto a las preguntas del instrumento.

Por su parte, la fiabilidad según Babbie [37] se refiere a que un objeto de estudio medido repetidamente con el mismo instrumento siempre dará los mismos resultados. Para ello se emplea el alfa de Cronbach que mide la consistencia interna de una escala, es decir, evalúa la magnitud en que los ítems de un instrumento están correlacionados [38]. Para la presente investigación se obtuvo un valor de 0,945 indicando que la fiabilidad del instrumento es excelente [39].

6. Resultados

6.1. Especificación del modelo

En primer lugar, se parte del modelo teórico donde se establecieron las relaciones causales entre las variables observables y variables latentes. Dichas relaciones se representan de manera gráfica a través del diagrama de red Fig. 2 con el fin de facilitar la comprensión del modelo. Luego, se realiza la formalización matemática del modelo de medida y estructural siguiendo la notación de Jöreskog & Sörbom [40].

Modelo de medida: La relación entre las variables observadas y las latentes exógenas se pueden expresar de la siguiente manera:

Modelo estructural: Una vez definido el modelo de medida se procede a realizar el modelo estructural donde se consideran las relaciones causales entre las variables latentes:

6.2. Identificación del modelo

Siguiendo las recomendaciones hechas por Hatcher [41] y Ullman [25] se adoptan los siguientes supuestos o restricciones para garantizar que se puedan estimar los parámetros del modelo:

- Se fija el coeficiente de regresión (carga factorial) de una de las variables observadas que cargan sobre cada factor a 1, como por ejemplo la carga de la variable p1_1 y el primer factor denominado fundamentalidad, p2_1 y el segundo factor denominado secuencialidad, p3_1 y el tercer factor denominado coherencia, y así sucesivamente con la primera variable observada de cada factor.

Tabla 4

Ecuaciones del componente de medida

Formalización matemática	
$p1_1 = \lambda_{1,1,1}\xi_1 + \delta_{1,1}$	$p9_1 = \lambda_{9,1,9}\xi_9 + \delta_{9,1}$
$p1_2 = \lambda_{1,2,1}\xi_1 + \delta_{1,2}$	$p9_2 = \lambda_{9,2,9}\xi_9 + \delta_{9,2}$
$p1_3 = \lambda_{1,3,1}\xi_1 + \delta_{1,3}$	$p9_3 = \lambda_{9,3,9}\xi_9 + \delta_{9,3}$
$p1_4 = \lambda_{1,4,1}\xi_1 + \delta_{1,4}$	$p10_1 = \lambda_{10,1,10}\xi_{10} + \delta_{10,1}$
$p2_1 = \lambda_{2,1,2}\xi_2 + \delta_{2,1}$	$p10_2 = \lambda_{10,2,10}\xi_{10} + \delta_{10,2}$
$p2_2 = \lambda_{2,2,2}\xi_2 + \delta_{2,2}$	$p10_3 = \lambda_{10,3,10}\xi_{10} + \delta_{10,3}$
$p2_3 = \lambda_{2,3,2}\xi_2 + \delta_{2,3}$	$p13_1 = \lambda_{13,1,13}\xi_{13} + \delta_{13,1}$
$p3_1 = \lambda_{3,1,3}\xi_3 + \delta_{3,1}$	$p13_2 = \lambda_{13,2,13}\xi_{13} + \delta_{13,2}$
$p3_2 = \lambda_{3,2,3}\xi_3 + \delta_{3,2}$	$p13_3 = \lambda_{13,3,13}\xi_{13} + \delta_{13,3}$
$p3_3 = \lambda_{3,3,3}\xi_3 + \delta_{3,3}$	$p14_1 = \lambda_{14,1,14}\xi_{14} + \delta_{14,1}$
$p4_1 = \lambda_{4,1,4}\xi_4 + \delta_{4,1}$	$p14_2 = \lambda_{14,2,14}\xi_{14} + \delta_{14,2}$
$p4_2 = \lambda_{4,2,4}\xi_4 + \delta_{4,2}$	$p14_3 = \lambda_{14,3,14}\xi_{14} + \delta_{14,3}$
$p4_3 = \lambda_{4,3,4}\xi_4 + \delta_{4,3}$	$p15_1 = \lambda_{15,1,15}\xi_{15} + \delta_{15,1}$
$p5_1 = \lambda_{5,1,5}\xi_5 + \delta_{5,1}$	$p15_2 = \lambda_{15,2,15}\xi_{15} + \delta_{15,2}$
$p5_2 = \lambda_{5,2,5}\xi_5 + \delta_{5,2}$	$p15_3 = \lambda_{15,3,15}\xi_{15} + \delta_{15,3}$
$p5_3 = \lambda_{5,3,5}\xi_5 + \delta_{5,3}$	$p15_4 = \lambda_{15,4,15}\xi_{15} + \delta_{15,4}$
$p8_1 = \lambda_{8,1,8}\xi_8 + \delta_{8,1}$	$p16_1 = \lambda_{16,1,16}\xi_{16} + \delta_{16,1}$
$p8_2 = \lambda_{8,2,8}\xi_8 + \delta_{8,2}$	$p16_2 = \lambda_{16,2,16}\xi_{16} + \delta_{16,2}$
$p8_3 = \lambda_{8,3,8}\xi_8 + \delta_{8,3}$	$p16_3 = \lambda_{16,3,16}\xi_{16} + \delta_{16,3}$
$p8_4 = \lambda_{8,4,8}\xi_8 + \delta_{8,4}$	

Fuente: Los autores.

Tabla 5

Ecuaciones del componente estructural

Formalización matemática	
$\eta_1 = \gamma_{11}\xi_1 + \gamma_{12}\xi_2 + \gamma_{13}\xi_3 + \zeta_1$	
$\eta_2 = \gamma_{21}\xi_8 + \gamma_{22}\xi_9 + \zeta_2$	
$\eta_3 = \gamma_{31}\xi_{13} + \gamma_{32}\xi_{14} + \gamma_{33}\xi_{15} + \gamma_{34}\xi_{16} + \zeta_3$	
$\eta_4 = \gamma_{41}\xi_5 + \gamma_{42}\xi_{10} + \gamma_{43}\xi_4 + \beta_{41}\eta_1 + \beta_{42}\eta_2 + \beta_{43}\eta_3 + \zeta_4$	

Fuente: Los autores.

Donde,

Tabla 6

Notación de las variables latentes endógenas

Notación	Factor
η_1	Integralidad
η_2	Estrategias de enseñanza y aprendizaje
η_3	Elementos tangibles
η_4	Satisfacción

Fuente: Los autores.

- Los errores asociados con cada indicador δ no están correlacionados entre sí, cada indicador carga sólo sobre un factor y los factores pueden covariar entre ellos.
- El coeficiente de regresión de la variable observada sobre el término error se fijan arbitrariamente a 1.

Por lo tanto, el modelo está sobreidentificado a través de la regla de los grados de libertad, lo que no ocurriría si no se introdujeran los supuestos o restricciones mencionadas anteriormente ya que el número de parámetros a estimar sería mayor a el número de datos (varianzas-covarianzas muestrales), y este debe ser siempre superior. El modelo propuesto presenta 40 variables observadas, es decir se cuenta con $40(40+1)/2 = 820$ varianzas-covarianzas muestrales y los parámetros a estimar son:

- 40 coeficientes de regresión entre las variables observadas y los factores independientes (28 en realidad, porque 12 se han fijado a 1, como ya se mencionó).
- 12 coeficientes de regresión entre los factores independientes y los dependientes (9 en realidad, porque 3 se han fijado a 1).
- 3 coeficientes de regresión entre factores dependientes (2 en realidad porque 1 se ha fijado a 1).
- 40 varianzas de los términos de error de las variables observadas.
- 4 varianzas de los términos de error de los factores dependientes.
- 3 covarianzas entre los factores independientes.
- 12 varianzas de los factores independientes.

Es decir, en total se deben estimar 98 parámetros, con lo que se obtienen 722 grados de libertad, cumpliendo el objetivo de los SEM ya que el modelo está sobreidentificado.

6.3. Estimación de parámetros

Después de identificar el modelo, se procede a realizar la estimación de los parámetros del mismo a partir de la matriz de varianzas-covarianzas muestral. Para ello, se selecciona el método de estimación por Máxima Verosimilitud (ML) debido a que es el método más empleado en el ajuste de SEM y los resultados son consistentes y no sesgados cuando se viola el supuesto de normalidad multivariante de los datos [42].

Al analizar la solución estandarizada en el modelo estructural se evidencia que la variable endógena estrategias de enseñanza y aprendizaje es la que mejor ajuste de datos presenta respecto a sus variables independientes, trabajo de estudiantes y teórico práctico, con valores de 0,954 y 0,948 respectivamente. A manera de resumen se muestran los resultados del modelo de medida y estructural estandarizados del presente trabajo de investigación en la Tabla 7:

6.4. Bondad de ajuste del modelo estimado

Una vez obtenidas las estimaciones de los parámetros que se definieron en el modelo, es necesario evaluar la bondad de ajuste del mismo antes de interpretar los resultados. Para analizar los indicadores de bondad de ajuste se procede a comprar el modelo teórico con el modelo independiente Tabla 10, en aras de determinar hasta qué punto el modelo asumido se ajusta a los datos muestrales.

Las medidas absolutas del ajuste analizadas son el estadístico chi-cuadrado y el Error de Aproximación Cuadrático Medio (RMSEA). El estadístico chi-cuadrado refleja si el modelo se ajusta a los datos, por lo cual se esperaría un valor $p > 0,05$ que contraste la hipótesis nula de que todos los errores del modelo son nulos. Sin embargo, el p valor obtenido en el modelo teórico es 0,000 lo cual era de esperarse debido a que este estadístico es sensible a tamaños muestrales superiores a 200 observaciones [23]. Por tal motivo al aumentar el N, es probable que el p -valor sea significativo lo que conlleve a rechazar un modelo que sí presenta un buen ajuste de los datos [30]. En relación con lo anterior se deben considerar otros índices para determinar la bondad de ajuste del modelo [26, 43].

Tabla 7

Resultados estandarizados de los SEM

Matriz	Parámetro	Estimación estandarizada
Λ_x	$\lambda_{1_1,1}$	0.304
	$\lambda_{1_2,1}$	0.785
	$\lambda_{1_3,1}$	0.765
	$\lambda_{1_4,1}$	0.264
	$\lambda_{2_1,2}$	0.441
	$\lambda_{2_2,2}$	0.793
	$\lambda_{2_3,2}$	0.651
	$\lambda_{3_1,3}$	0.662
	$\lambda_{3_2,3}$	0.528
	$\lambda_{3_3,3}$	0.768
	$\lambda_{4_1,4}$	0.690
	$\lambda_{4_2,4}$	0.425
	$\lambda_{4_3,4}$	0.691
	$\lambda_{5_1,5}$	0.626
	$\lambda_{5_2,5}$	0.475
	$\lambda_{5_3,5}$	0.419
	$\lambda_{8_1,8}$	0.657
	$\lambda_{8_2,8}$	0.663
	$\lambda_{8_3,8}$	0.579
	$\lambda_{8_4,8}$	0.590
	$\lambda_{9_1,9}$	0.403
	$\lambda_{9_2,9}$	0.686
	$\lambda_{9_3,9}$	0.605
	$\lambda_{10_1,10}$	0.665
	$\lambda_{10_2,10}$	0.776
	$\lambda_{10_3,10}$	0.553
	$\lambda_{13_1,13}$	0.666
	$\lambda_{13_2,13}$	0.663
	$\lambda_{13_3,13}$	0.815
	$\lambda_{13_4,13}$	0.759
	$\lambda_{14_1,14}$	0.845
	$\lambda_{14_2,14}$	0.886
	$\lambda_{14_3,14}$	0.661
	$\lambda_{15_1,15}$	0.644
	$\lambda_{15_2,15}$	0.715
	$\lambda_{15_3,15}$	0.562
	$\lambda_{15_4,15}$	0.557
	$\lambda_{16_1,16}$	0.840
	$\lambda_{16_2,16}$	0.851
	$\lambda_{16_3,16}$	0.671
β	β_{41}	0,928
	β_{42}	0,978
	β_{43}	0,755
T	γ_{11}	0,766
	γ_{12}	0,967
	γ_{13}	0,944
	γ_{21}	0,954
	γ_{22}	0,948
	γ_{31}	0,672
	γ_{32}	0,641
	γ_{33}	0,947
	γ_{34}	0,785
	γ_{41}	0,877
Φ	ϕ_{23}	-0,773
	ϕ_{34}	0,434
	ϕ_{48}	-0,393
	δ_{1_1}	0.061
	δ_{1_2}	0.037
	δ_{1_3}	0.037
	δ_{1_4}	0.063
	δ_{2_1}	0.054
	δ_{2_2}	0.034
	δ_{2_3}	0.041

$\Theta\delta$	δ_{3_1}	0.041
	δ_{3_2}	0.049
	δ_{3_3}	0.035
	δ_{4_1}	0.040
	δ_{4_2}	0.055
	δ_{4_3}	0.040
	δ_{5_1}	0.054
	δ_{5_2}	0.058
	δ_{5_3}	0.060
	δ_{8_1}	0.041
	δ_{8_2}	0.040
	δ_{8_3}	0.046
	δ_{8_4}	0.045
	δ_{9_1}	0.057
	δ_{9_2}	0.043
	δ_{9_3}	0.047
	δ_{10_1}	0.043
	δ_{10_2}	0.038
	δ_{10_3}	0.050
	δ_{13_1}	0.040
	δ_{13_2}	0.040
	δ_{13_3}	0.030
	δ_{13_4}	0.033
	δ_{14_1}	0.027
	δ_{14_2}	0.025
	δ_{14_3}	0.039
	δ_{15_1}	0.043
	δ_{15_2}	0.038
	δ_{15_3}	0.048
	δ_{15_4}	0.048
	δ_{16_1}	0.026
	δ_{16_2}	0.026
	δ_{16_3}	0.038

Fuente: Adaptado de Software R

Tabla 10.

Chi cuadrado

Modelo teórico		Modelo independiente	
Chi-cuadrado	gl	Chi-cuadrado	gl
1185,612	722	4965,855	780

Fuente: Adaptado de software R

Es por esto que se emplea el indicador RMSEA desarrollado por Steiger [44], el cual no es sensible al tamaño muestral e indica si el ajuste del modelo es bueno al realizar la estimación con la población en lugar de la muestra. Valores inferiores a 0,05 indican buen ajuste [28], como sucede con el modelo teórico al obtener un RMSEA=0,048.

Por su parte, las medidas de ajuste incremental empleadas son el NFI, NNFI, IFI y CFI. El índice NFI mide la reducción proporcional del estadístico chi-cuadrado cuando se pasa del modelo independiente al modelo teórico [45], es decir, indica si el modelo teórico es mejor que el modelo independiente, lo cual es aceptable en el presente trabajo ya que el NFI=0,7612 alcanza valores cercanos a 1. Por otro lado, el NNFI permite comparar el ajuste del modelo considerando los grados de libertad del modelo independiente con el modelo teórico, el valor obtenido es de 0,880 lo que indica un buen ajuste ya que el valor es próximo a 0,9. En cuanto al CFI el valor es de 0,889 lo que indica un ajuste razonable debido a que su valor es cercano a 1. Así mismo, el Índice de Ajuste Incremental (IFI) compara el ajuste de dos o más modelos. Para este caso en particular, sólo se compara el modelo independiente con el modelo teórico, siendo este último el de mejor ajuste ya que el IFI=0,903 indicando un ajuste aceptable del mismo [30].

Tabla 11.

Medidas de bondad de ajuste

Medida de bondad de ajuste	Abreviatura	Niveles de ajuste aceptable	Aceptabilidad obtenida
Medidas de ajuste absoluto			
Chi-cuadrado	χ^2		1185,612
Chi-cuadrado (p-valor)	p-valor	significancia > 0,05	0,000
Razón Chi-cuadrado / grados de libertad	χ^2/df	menor que 3	1,642
Error de aproximación cuadrático medio	RMSEA	< 0,05	0,048
Medidas de ajuste incremental			
Índice normado de ajuste	NFI	valor cercano a 1	0,7612
Índice No normalizado de ajuste ó Tucker Lewis	NNFI/ TLI	>0,9	0,880
Índice de bondad de ajuste comparativo	CFI	valor cercano a 1	0,889
Índice de Ajuste Incremental	IFI	>0,9	0,903
Medidas de ajuste de parsimonia			
Criterio de información de Akaike	AIC	valor pequeño indica parsimonia	-258,388

Fuente: Adaptado de software R

Finalmente, la medida de ajuste parsimonia empleada es el Criterio de Información de Akaike (AIC), el cual ajusta el valor de chi-cuadrado al número de grados de libertad del modelo. El valor AIC obtenido para el modelo teórico fue menor al independiente, indicando que el modelo es ajustado en relación a su complejidad.

A continuación, se visualiza un resumen de los índices de bondad de ajuste en la Tabla 11:

6.5. Reespecificación del modelo

En esta fase se procede a verificar si al añadir nuevas relaciones o eliminar las ya existentes el modelo teórico logra mejorar su ajuste. Estas decisiones deben ser coherentes, es decir, no deben realizarse reespecificaciones que no puedan sustentarse a nivel teórico [46]. Para llevar a cabo la reespecificación del modelo se analizan los residuos estandarizados y los índices de modificación.

El software R permite calcular los residuos estandarizados del modelo teórico, de estos resultados, son tomados como significativos valores $\pm 2,58$ donde, sólo 8 logran serlo de un total de 820, lo que equivale al 0,9756% siendo este valor bastante inferior al 5% (41 residuos) el cual es el mínimo requerido para llevar a cabo la reespecificación [32]. Por lo anterior, se decide no realizar modificaciones ya que los resultados obtenidos no logran ser sustancialmente significativos respecto al modelo teórico.

En cuanto a los índices de modificación, valores mayores o iguales a 3,84 indican la ganancia de ajuste del modelo en la reducción del chi-cuadrado cuando se estima un coeficiente que no fue planteado en el modelo teórico [33]. En la Tabla 12 se visualizan las relaciones significativas del estudio, obtenidos de la estimación del modelo.

Tabla 12.

Índices de modificación

Relación	Mi
Sistemaevaluación ~ Informáticos	6.569
Secuencialidad ~ Teóricopráctico	5.438
Sistemaevaluación ~ Apoyodocente	4.494
Fundamentalidad ~ Teóricopráctico	4.284
Secuencialidad ~ Infraestructura	4.037
Sistemaevaluación ~ Bibliográficos	3.922

Fuente: Adaptado de software R

Ahora bien, se analiza si estas relaciones deben ser o no incluidas en el modelo original, ya que no basta con el valor del índice para decidir, debido a que es importante que exista un fundamento teórico que respalde dichas relaciones. En este caso, no se consideran apropiadas las relaciones entre los factores indicadas en la *tabla 12*. Dado que son de pobre validez teórica y por tal motivo, se considera que el modelo teórico original sigue siendo la mejor aproximación del fenómeno real en estudio.

6.6. Interpretación de resultados

Luego de presentar los resultados de las etapas anteriores, se puede evidenciar que el modelo teórico es significativamente mejor que el modelo independiente, ya que el RMSEA, los índices de medida de ajuste incremental y de parsimonia alcanzan o superan los valores de ajuste aceptados, a pesar de que se rechaza la hipótesis del estadístico chi-cuadrado.

Las covarianzas propuestas entre los factores secuencialidad ~ coherencia e interdisciplinariedad ~ teórico-práctico arrojan valores negativos lo que indica que a medida que aumenta la satisfacción en un factor disminuye respecto al otro; contrario a la covarianza entre coherencia ~ interdisciplinariedad en donde la satisfacción aumenta simultáneamente. Por otro lado, existe una alta relación lineal entre las variables latentes exógenas y endógenas ya que las cargas factoriales toman valores entre 0,641 y 0,967 lo cual corrobora las relaciones hipotéticas planteadas en el modelo teórico.

7. Conclusiones

La aplicación del instrumento de medición permite en el futuro tener una herramienta para la evaluación del proceso de autoevaluación, dado que se comprobó que el instrumento es fiable y válido; pues al presentar una buena consistencia interna de la escala este permite medir la percepción del estudiante con aspectos referentes al PEP.

El modelo de Ecuaciones Estructurales permitió conocer la percepción de los estudiantes a través de 15 variables latentes medidas por 40 variables observadas. De igual forma, se corrobora que las relaciones hipotéticas planteadas en el modelo teórico influyen significativamente en la satisfacción global de los alumnos, la cual es causada principalmente por las estrategias de enseñanza y aprendizaje, la interdisciplinariedad y la integralidad del currículo, ya que los coeficientes estandarizados alcanzan valores de 0,978; 0,949 y 0,928 respectivamente. Siendo este resultado, similar al obtenido en

la investigación realizada por Alzate y Mejía, quienes concluyeron en su trabajo de investigación que para aumentar el nivel de satisfacción de los estudiantes, la Universidad de San Buenaventura de Medellín debe centrar sus esfuerzos en mejorar los procesos de formación a través de su currículo [47].

En menor medida, pero con un valor representativo, los factores vigencia, sistemas de evaluación y elementos tangibles explican la satisfacción global con una carga de 0,877; 0,787 y 0,755 respectivamente. Este último resultado se asemeja al obtenido en la investigación realizada por Alvarado, Luyando, Cuevas y Picazzo, quienes identificaron que el factor componentes físicos explica la dimensión educativa, ya que los estudiantes aprecian que las universidades posean instalaciones y equipos adecuados y modernos que faciliten las actividades académicas [48].

Por su parte, la metodología planteada puede ser replicable para otros programas académicos de pregrado que busquen la certificación de alta calidad, debido a que los factores de otras escalas y las características del factor procesos académicos del CNA pueden ser aplicables para estos.

Finalmente, la importancia de este trabajo radica en que fue posible identificar los factores que desde la perspectiva de los estudiantes inciden en su satisfacción, siendo esto un referente que debe ser tenido en cuenta ya que al conocer su realidad se pueden tomar decisiones por parte de los directivos del sistema educativo encaminadas al proceso de mejora continua de los programas académicos.

8. Recomendaciones

A partir del presente trabajo de investigación se despierta el interés de estudiar y comparar la percepción de otros involucrados del sistema educativo como docentes y egresados. Además, se pueden contemplar otros factores del CNA, en aras de conocer la influencia de estos en la satisfacción global.

Referencias

- [1] Pérez, A. y Alfaro, I., La evaluación de la docencia en la Universidad de Valencia, España. Ponencia Congreso Pedagogía 97. La Habana. Cuba. 1997.
- [2] Duque, E. y Diosa, Y., Evolución conceptual de los modelos de medición de la percepción de calidad del servicio: una mirada desde la educación superior. ELSEVIER. 2014. DOI: 10.1016/j.neucir.2013.12.001
- [3] Parasuraman, A., Zeithaml, V. and Berry, L., SERVQUAL: a multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality. *Journal of Retailing* (64), pp.12-40, 1988.
- [4] Cronin, J. and Taylor, A., Measuring service quality: a reexamination and extension. *Journal of Marketing* [online]. (56), p.55-68, 1992. Available at: <http://www.jstor.org/discover/10.2307/1252296?uid=2134&uid=2&uid=70&uid=4&sid=21104101562097>
- [5] Buttle, F., SERVQUAL: review, critique, research agenda. *European Journal of Marketing* (30), pp.8-25, 1996.
- [6] Firdaus, A., HEDPERF versus SERVPERF: the quest for ideal measuring instrument of service quality in higher education sector. *Quality Assurance in Education* (13), pp. 305-328, 2005. DOI: 10.1108/09684880510626584.
- [7] Mejías, A., Modelo para medir la calidad del servicio en los estudios universitarios de postgrado. *Revista Universidad Ciencia y Tecnología* 4(34), pp.81-85, 2005.
- [8] Annamdevula, S. and Shekhar, R., Development of HiEdQUAL for measuring service quality in Indian higher education sector. *International Journal of Innovation, Management and Technology* (3), pp.412-416, 2012.
- [9] Martínez, M., Blanco, M. y Castán, J., Las dimensiones de la calidad del servicio percibida en entornos virtuales de formación superior. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento* 10(1), pp.89-106, 2013.
- [10] Vergara, J. y Quesada, V., Análisis de la calidad en el servicio y satisfacción de los estudiantes de Ciencias Económicas de la Universidad de Cartagena mediante un modelo de ecuaciones estructurales. *Revista electrónica de Investigación Educativa* (13), pp.108-122, 2011.
- [11] Kaplan, D., *Structural equation modeling: foundations and extensions*. Newbury Park: Sage, 2000.
- [12] Kline, R., *Principles and practice of structural equation modeling* (2). New York: The Guilford Press, 2004.
- [13] Tumino, C. y Poitevinaso, R., Evaluación de la calidad de servicio universitario desde la percepción de estudiantes y docentes. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, (12), pp. 63-84, 2013.
- [14] Mayo, J. and Jarvis, The psychology of leisure travel. Boston: CBI. Boston, USA, 1981.
- [15] Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. *Reforma curricular para el programa de Ingeniería Industrial*, Bucaramanga, 2006.
- [16] Consejo Nacional de Acreditación. Lineamientos para la acreditación de programas de pregrado. Ministerio de Educación Nacional. [en línea]. 2013. Disponible en: http://www.cna.gov.co/1741/articles-186359_pregrado_2013.pdf
- [17] Batista, J. y Coenders, G., *Modelos de ecuaciones estructurales*. Madrid: La Muralla. 2000.
- [18] Kerlinger, F. y Lee, H., *Investigación del comportamiento*. México: McGraw Hill. 2002.
- [19] Brown, T., *Confirmatory factor analysis for applied research*. New York: Guilford Press. 2006.
- [20] Bentler, P., *EQS structural equations program manual*. Encino: Multivariate Software, 1995.
- [21] Wittingslow, G. and Markham, S., Customer-Driven modeling of satisfaction behaviour. *Australasian Journal of Market Research* (7), pp. 29-38, 1999.
- [22] Boomsma, A., *The robustness of maximum likelihood estimation in structural equation models*. Cambridge: Cambridge University Press. 1987.
- [23] Long, J., *Confirmatory factor analysis a preface to LISREL*. Newbury Park: Sage Publications. 1983.
- [24] Ullman, J., *Structural equation modeling*. En: Tabachnick, B. and Fidell, L., Eds., *Using multivariate statistics*, New York: HarperCollins, 1996, pp.709-780.
- [25] Ruiz, M., Pardo, A. y Martín, R., Modelo de ecuaciones estructurales. *Papeles del Psicólogo*, (31), pp. 34-45, 2010.
- [26] Levy, J. y Varela, J., *Modelación con estructuras de covarianzas en ciencias sociales*. Madrid: Netbiblo, 2006.
- [27] Browne, N. and Cudeck, R., *Alternative ways of assessing model fit*. Sage Publications, Newbury Park, CA., 1993, pp.136-162.
- [28] González, M. y Backhoff, E., Validación de un cuestionario de contexto para evaluar sistemas educativos con modelos de ecuaciones estructurales, *E-Journal of Educational Research, Assessment and Evaluation*, 16(2), pp. 1-17, 2010.
- [29] Hu, L. and Bentler, P., Cutoff criteria for fit indices in covariance structure analysis: conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling*, 6, pp.1-55, 1999.
- [30] Hu, L. and Bentler, P., Cutoff criteria for fit indices in covariance structure analysis: conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling*, 6, pp.1-55, 1999.
- [31] Akaike, H., *Factor analysis and AIC*. *Psychometrika*, pp. 317-332, 1987.
- [32] Gonzalez, F., Estudio de la calidad de servicio y patrones de comportamiento transaccional de los clientes de una institución financiera mediante modelo de ecuaciones estructurales. Tesis de pregrado, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile, 2008.

- [33] Hair, J., Anderson, R., Tatham, R. y Black, W., *Análisis multivariante* (5). Nueva York: Prentice Hall, 1999.
 - [34] Gento, S. y Vivas, M., EL SEUE: un instrumento para conocer la satisfacción de los estudiantes universitarios con su educación. *Acción pedagógica* 12(2), pp.16-27, 2003.
 - [35] Duque, E. y Chaparro, C., Medición de la percepción de la calidad del servicio de educación por parte de los estudiantes de la UPTC Duitama. *Criterio Libre*, [en línea]. (10), pp.159-192, 2012. Disponible en: <http://criteriolibre.unilibre.edu.co/index.php/clibre/article/view/94>
 - [36] Hogan, T., *Pruebas psicológicas: una introducción práctica*. Manual Moderno. [en línea]. 2004. México. Disponible en: <https://www.casadellibro.com/libro-pruebas-psicologicas-una-introduccion-practica/9789707290877/959292>.
 - [37] Babbie, E., *The practice of social research*. USA, Wadsworth. [online]. 2010. Available at: https://books.google.com.co/books?id=k-aza3qSULoC&printsec=frontcover&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.
 - [38] Cortina, J., What is coefficient alpha?. An examination of theory and applications. *Journal of Applied psychology*, 78(1), pp.98-104, 1993.
 - [39] George, D. and Mallery, P., *SPSS for windows step by step: a simple guide and reference*. Boston: Allyn & Bacon, 2003.
 - [40] Joreskog, K., *Analyzing psychological data by structural analysis of covariance matrices*. New York: Academic Press, 1974.
 - [41] Hatcher, L., *A step-by-step approach to using the SAS system for factor analysis and structural equation modelling*. Cary, NC: Sas Institute Inc. 1994.
 - [42] García, M.Á., *Análisis causal con ecuaciones estructurales de la satisfacción ciudadana con los servicios municipales*. Tesis de Maestría. [en línea]. 2011. Recuperado de http://eio.usc.es/pub/mte/descargas/proyectosfinmaster/proyecto_610.pdf
 - [43] López, V., *Modelo de ecuaciones estructurales para la evaluación de la calidad de una vacuna bobina*. Tesis de Magister. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina, 2012.
 - [44] Steiger, J., Structural model evaluation and modification: an interval estimation approach. *Multivariate Behavioral Research*, 25(2), pp.173-180, 1990.
 - [45] Bentler, P. and Bonett, D., Significance test and goodness of fit in the analysis of covariance structures. *Psychological Bulletin*, pp.588-606. 1980.
 - [46] Medrano, L. y Navarro, R., Aproximación conceptual y práctica a los modelos de ecuaciones estructurales. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 11(1), pp.1-21, 2016.
 - [47] Alzate, N. y Mejía, J., *Percepción de los estudiantes de Licenciatura en Educación Física de la Universidad de San Buenaventura acerca de su proceso de formación y el bienestar institucional*, Tesis de pregrado, Universidad de San Buenaventura, Medellín, Colombia, 2017.
 - [48] Alvarado, E., Luyando, J., Cuevas, E. y Picazzo, P., Percepción de los estudiantes sobre la calidad de las universidades privadas en Monterrey. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 6(17), pp. 58-76, 2015. DOI: 10.1016/j.rides.2015.10.003
- H. Lamos-Díaz**, graduado en PhD. en Matemática Física en 1997 de Universidad Estatal de Moscú (LOMONOSOV), Rusia, MSc en Informática en 1990 de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, MSc, en Matemáticas en 1982 de la Universidad de la Amistad, Moscú, Rusia, y Matemático en 1981 de la Universidad de la Amistad, Miskolc, Hungría. Es docente investigador del Grupo de Investigación en Optimización y Organización de Sistemas Productivos y Logísticos-OPALO. UIS-UNAB pertenecen a la Asociación Colombiana de Investigación de Operaciones ASOCIO, es profesor titular de la Universidad Industrial de Santander, adscrito a la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la Universidad Industrial de Santander, Colombia.
ORCID:0000-0003-1778-9768
- J. Buitrago-Rodríguez**, recibe el título de Ing. Industrial en 2017 de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. En el 2017 conforme al criterio del Consejo Académico, obtuvo la distinción de Proyecto de Grado Laureado con su proyecto de grado para optar al título de Ingeniera Industrial, denominado Modelo de ecuaciones estructurales para el estudio de la percepción de los estudiantes de pregrado de ingeniería industrial con el proyecto educativo de programa PEP.
ORCID: 0000-0002-3885-2087
- L. Tovar-Sanchez**, recibe el título de Ing. Industrial en 2017 de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. En el 2017 conforme al criterio del Consejo Académico, obtuvo la distinción de Proyecto de Grado Laureado con su proyecto de grado para optar al título de Ingeniera Industrial, denominado Modelo de ecuaciones estructurales para el estudio de la percepción de los estudiantes de pregrado de ingeniería industrial con el proyecto educativo de programa PEP.
ORCID: 0000-0001-7189-6180

Apuntes para el repensamiento de la enseñanza de la Ingeniería Informática. La cuestión antropológica y la necesidad de una Antropología integral

Juan J. Álvarez-Álvarez

Escuela Politécnica Superior, Departamento de Humanidades, Universidad Francisco de Vitoria, Pozuelo de Alarcón, España. j.alvarez.prof@ufv.es

Resumen— El objetivo de este artículo no es otro que el de contribuir al necesario repensamiento de la enseñanza de las disciplinas tecnocientíficas, particularmente de la Ingeniería Informática, en el ámbito de la Educación Superior Universitaria. A menudo, el profesor de Informática no es suficientemente consciente de que, en toda disciplina científica, y en la forma en que estas se enseñan, hay siempre, implícita, una determinada concepción del hombre y del mundo. Después de analizar brevemente las distintas respuestas que hoy suelen darse a la pregunta genérica por el ser humano, este trabajo nos recuerda que la ciencia y la técnica han de estar al servicio del hombre y que, por tanto, animarlas con un espíritu humanístico -rompiendo con la moderna oposición entre las ciencias de la naturaleza y las del espíritu- no solo es necesario sino hoy, incluso, más urgente que nunca.

Palabras clave— ciencia y tecnología; conocimiento; humanidades; información; universidad.

Recibido para revisar Enero 24 de 2018, aceptado Abril 16 de 2018, versión final Mayo 27 de 2018

Notes for rethinking the teaching of computing the anthropological question and the need for a holistic anthropology

Abstract— The goal of this article is to contribute to the necessary rethinking of the teaching of IT in the realm of Higher Education. Frequently, IT teachers are not aware enough of the fact that, in every scientific discipline, and even in the way it is taught, a certain conception of the world and of the human being is involved. After a brief critical analysis of the diverse perspectives in which the anthropological question can be considered, this paper reminds us that both science and technology should be at the service of humankind and that, therefore, they should be inspired by a humanistic spirit, breaking with the modern opposition between sciences of nature and human sciences. Today, this task is not only necessary but extremely urgent, and the IT teachers cannot be on the sidelines.

Keywords— humanities; information; knowledge; science and technology; university.

1. Introducción

La propuesta que este artículo de reflexión presenta se refiere a la urgente necesidad, en nuestra opinión, de repensar la enseñanza universitaria en los ámbitos de la ciencia y la tecnología. Por una parte, se trata de empaparla de un espíritu más humanista y transdisciplinar que compense la tendencia

habitual a una excesiva especialización. Por otra, de soslayar el riesgo de que, con su concepción actual y con el modo en que habitualmente hoy se enseña, contribuyamos sin quererlo a mecanizar o tecnificar la idea que el ser humano tiene de sí mismo y, por ende, a contaminar el desarrollo de sus relaciones interpersonales.

Antes que otra cosa, conviene no obstante desmontar un posible equívoco que podría arruinar nuestra empresa desde su raíz. Repensar la enseñanza de la informática y, con ello, renovar desde dentro la pedagogía de las disciplinas que dicha enseñanza incluye, no consiste en el añadido, dentro del Plan de estudios del Grado, de algunos créditos pertenecientes al ámbito de las humanidades, como si se tratara de yuxtaponer a las materias propias otras de un orden diverso (filosófico, histórico, artístico-literario o teológico). Esa perspectiva no haría otra cosa que aumentar la fragmentariedad y contribuir al incremento y difusión de la dispersión hoy reinante, con su consiguiente carencia de sentido para el estudiante. Lejos de eso, “el repensamiento de las asignaturas —del que aquí hablamos— requiere una mirada distinta, que brota de una <razón abierta>, busca la unidad del saber, tiene su base en [ciertas] preguntas fundamentales inherentes a toda ciencia (cuestiones antropológicas, éticas, epistemológicas y de sentido), y, por supuesto, pone en juego tanto al profesor como al alumno” (Lacalle) [1].

Para encaminar la tarea, partimos de unos presupuestos que nos parecen accesibles a todo el mundo. Por una parte, la caracterización del ser humano (y, por ende, especialmente del universitario) como un “buscador de la verdad” en todos los planos y niveles de su vida (desde los que tienen que ver con las dimensiones más utilitarias o pragmáticas hasta los referidos a las cuestiones últimas antes mencionadas y relacionadas con la pregunta por el sentido de la existencia). Por otra, la concepción de que la verdad que el hombre busca tiene un carácter multidimensional o, por así decir, es semejante a una sinfonía compuesta de notas y acordes distintos que se armonizan para la composición de una obra final unitaria y consistente, que trasciende la fragmentariedad propia de las diversas disciplinas consideradas en forma multi o pluri-disciplinar.

Como citar este artículo: Álvarez-Álvarez, J.J., Apuntes para el repensamiento de la enseñanza de la Ingeniería Informática. La cuestión antropológica y la necesidad de una antropología integral. Educación en Ingeniería, 13(26), pp. 101-107, Julio, 2018.

A partir de estos presupuestos y en concordancia con la concepción más clásica del quehacer universitario, entendemos que la enseñanza superior no puede conformarse con interesarse por la capacitación profesional y técnica de sus estudiantes sino que debe incluir entre sus objetivos la atención a la integridad de su búsqueda y a la multiplicidad de las preguntas que les mueven y que también a nosotros nos inquietan e impulsan como docentes, investigadores, cónyuges y padres de familia, ciudadanos o, simple y llanamente, seres humanos.

Es en este último punto en el que ahora queremos centrarnos. Cada una de las cuestiones antes mencionadas podría y debería ser objeto de reflexión en la medida en que influyen o interaccionan con el aprendizaje de la profesión para la que el estudiante de informática se está preparando, y con su misma condición humana. En este trabajo, por mor de la brevedad, nos ocuparemos únicamente de la cuestión antropológica.

Se trata de una temática que, más allá de consideraciones de índole meramente pragmática, y habida cuenta de los avances de los últimos decenios en las llamadas ciencias humanas, se plantea hoy como un auténtico reto para cualquier docente preocupado por sí mismo y por sus alumnos, y consciente de la necesidad de educarse para educar. Lo más interesante para nosotros ahora, sin embargo, es que —de ahí que lo abordemos en un trabajo como este— dicha cuestión presupone que —en lo profundo de cualquier disciplina (también las de carácter científico o tecnológico)— se halla de modo implícito o explícito toda una forma de concebir al ser humano que marca muy profundamente los contenidos que se imparten, la manera en la que se enseña y aun la forma en que se vive.

No está de más, pues, analizar qué tipo de hombre es el que consciente o inconscientemente está presente en nuestro modelo de pedagogía y docencia, al mismo tiempo que afrontamos las limitaciones inherentes a la tecnociencia en su cuestionarse sobre el ser humano y en la enseñanza de la informática, tal como se derivarían de esos planteamientos.

2. ¿Qué hombre y qué ciencia?

Respecto del primer punto, las diversas respuestas que a la pregunta por el hombre cabe dar en general pueden ser más o menos reducidas a cuatro: monismo materialista, dualismo, antropología triádica e hilemorfismo [2].

a) Las diversas formas de *monismo materialista* concuerdan en caracterizar al ser humano como una única sustancia, exclusivamente material. En la discusión mente-cerebro (que reproduce en una cierta línea el clásico problema alma-cuerpo), adoptan una postura derivada de presupuestos científicistas y reduccionistas: la mente no es otra cosa que el cerebro o un producto de su actividad.

1- Particularmente, una de sus versiones, la posición mencionada a menudo con el término “fisicalismo”, no solo identifica mente y cerebro reduciendo aquella a este, sino que interpreta que todas las operaciones que llamamos “mentales” no son más que efectos de la actividad cerebral explicables perfecta y completamente en términos físico-químicos (aquí caben, por ejemplo, la “teoría de la identidad” de Herbert Feigl [3], la “teoría del estado mental” de David M. Armstrong [4], e

incluso el llamado “materialismo eliminativo” de Paul M. Churchland [5]).

Las debilidades y limitaciones propias de esta posición derivan de su carácter científicista y reduccionista tanto en lo epistemológico como en lo ontológico (una sola perspectiva, una sola dimensión del ser, una única forma de “funcionar”), y se expresan en su incapacidad para abordar de forma integral la condición humana y nuestro estatus de seres racionales y libres. En efecto, los pensadores que adoptan este punto de vista no solo encuentran graves dificultades para dar razón de la experiencia común que apunta hacia el reconocimiento vivido de un orden específico del ser humano de naturaleza espiritual, sino que —para poder llevar hasta el final su proceder— eliminan todos aquellos datos proporcionados por ese tipo de experiencia que no puedan ser explicados en términos de pura causalidad material.

Obrando así, además, no se comportan como científicos sino como filósofos —bastante deficientes, por cierto—, pues se extralimitan al considerar los procesos físico-químicos que están en la base de nuestra conducta como condición suficiente de esta (cuando, desde un punto de vista rigurosamente científico, solo es seguro que son condición necesaria). Por otra parte, nunca explican con claridad cómo se ha de entender verdaderamente el concepto de “materia”, esencial para dar consistencia a su mismo discurso.

Por último, las implicaciones que de este enfoque se siguen en diversos órdenes (social, moral, legal etc.) pueden intuirse con facilidad, pero no son asumibles fácilmente ni por sus propios representantes. Veamos un ejemplo, encarnado en uno de los pioneros y máximos representantes de la IA, Marvin Minsky. Uno de los “dogmas” defendidos por esta corriente (hipótesis que procede del ámbito de las neurociencias) consiste en el rechazo de la existencia del libre albedrío humano. En opinión de algunos científicos, adscritos a esta posición, la sensación de “libertad de elección” que acompaña a algunas de nuestras decisiones no sería más que una ilusión, un engaño pergeñado por nuestro cerebro y del que —se dice— solo últimamente hemos podido llegar a ser conscientes gracias a determinados experimentos (llevados a cabo por Libet hace algunos años, y reproducidos en diversas ocasiones por otros grupos de investigación).

Pues bien, ante esta tesis, Minsky se pregunta: “¿Significa esto que debemos abrazar la perspectiva científica moderna, y dejar de lado el antiguo mito de la elección voluntaria? No. No nos es posible hacerlo; demasiado de lo que pensamos y hacemos gira en torno a esas viejas creencias (...) Sin ellas, ningún elogio ni vergüenza suscitarían las acciones originadas en una Causa, ni podría atribuirse culpa o mérito alguno por los hechos que obedecieran al Azar. ¿Qué enseñaríamos a nuestros hijos, si ni ellos ni nosotros fuéramos capaces de percibir defecto o virtud en parte alguna? (...) Quizás nos sentiríamos entonces impulsados a destruir los preciosos sistemas de valores que subyacen en nuestra personalidad, o a deprimarnos por la futilidad de una predestinación atemperada solo por la incertidumbre. Tales pensamientos deben ser eliminados.

No importa que en el mundo físico no haya lugar para el libre albedrío: este concepto es esencial para nuestros modelos

del ámbito mental. La parte de nuestra psicología que se funda en él es demasiado grande para que alguna vez lo abandonemos. Estamos virtualmente obligados a conservar esta creencia, aunque sepamos que es falsa; salvo, por supuesto, cuando sentimos la inspiración de buscar las fallas de todas nuestras convicciones, sin importarnos las consecuencias que ello tendría sobre nuestra alegría y nuestra paz mental” [6].

No creo que haga falta insistir en las palmarias inconsistencias y hasta cierta impostura intelectual que párrafos como estos contienen. Lo curioso es que el propio Minsky es consciente de ellas y, sin embargo, todo indica que quiere dar la impresión de que las acepta con total tranquilidad o, al menos, obligado por las circunstancias.

Por otra parte, que una concepción materialista y mecanicista del hombre —como la que está en la base de la IA (en su versión fuerte) y, en general, de buena parte de los modelos científicos y tecnológicos hoy dominantes— se traduzca con el tiempo en una mecanización de las relaciones interpersonales y en una radical transmutación, profundamente devaluadora, de lo que significa el amor y de cómo ha de plantearse la convivencia entre los seres humanos, no me parece algo que se pueda tachar de ilusorio.

Y, por último, también la relación del hombre con el entorno (y hasta con la realidad) podría verse afectada gravemente, a partir de esta concepción del ser humano y su desarrollo en el orden tecnológico, por los avances indiscriminados de la IA y, de forma más general, por influencia de la tecnología digital.

“Lo mismo que la tecnología nos ha privado de la compañía de la naturaleza (robándonos con ello algo que era nuestro y que por ello se añora), el mundo digital —afirma González Quirós de un modo y en un tono quizás excesivos, pero en consonancia con una intuición cuyo fondo me parece sustancialmente correcto— tenderá a aislarnos absolutamente de las cosas dejándonos en una completa soledad (...) Al cubrir la realidad, nos aísla de ella, al ocultarla nos abandona en una peculiar soledad, cuando internalizamos su eficacia nos modifica de modo radical, nos altera la identidad. (...) [A diferencia de las ya clásicas tecnologías mecánicas y analógicas, que se adaptaban a nuestras manos y las potenciaban] las tecnologías digitales envuelven las cosas, las desprovveen de su objetividad, de la clase de relaciones que tradicionalmente han tenido con nosotros. Nos introducen, además, en una ruptura del continuo espacio-temporal en el que se ha desarrollado la vida”. [7].

Como vemos, las previsibles implicaciones derivadas del “fiscalismo” a la hora de concebir al hombre (y no hemos citado más que algunas) no solo son variadas sino, en especial algunas de ellas, de gran alcance. Un defensor coherente de esa postura debería ser consciente de ellas, aceptarlas y actuar en consecuencia por muy negativas que pudiesen ser para sí, para sus seres queridos o para la comunidad humana en su globalidad. Sinceramente, no creo que haya muchos (el caso de Minsky es un ejemplo muy significativo) dispuestos a hacerlo así: en la mayoría de los casos, el compromiso con la idea mecanicista de hombre que está en la base de sus posiciones no pasa de ser puramente especulativo e incluso retórico, por mucho apasionamiento que en el debate intelectual puedan mostrar. Es verdad que esto no prueba en absoluto que las posiciones antropológicas que defienden sean falsas; pero dado

que, según sus mejores adalides, hay que “apostar”, de acuerdo al menos con esas implicaciones —y con independencia de otras razones que creo que pueden esgrimirse seriamente— es más razonable hacerlo a favor del hombre que en el sentido “antihumanista” en el que, si este análisis es correcto, aquí se apunta.

2- Como versión especial de monismo materialista, menos irrazonable y más asumible y “humana”, el llamado “emergentismo” sí admite una dualidad de propiedades en las operaciones que el hombre lleva a cabo (la distinción e irreductibilidad entre actos neurológicos y actos mentales), pero —en cambio— niega que la actividad psíquica exija de principios ontológicos de un orden diverso a la materia (así lo hace, por ejemplo, el filósofo de la ciencia argentino Mario Bunge [8]). Es el cerebro humano, como sustancia material y fruto de un complejo proceso evolutivo, el que —en virtud de una especie de autotranscendencia operativa— acaba estando capacitado para el desarrollo de funciones mentales cualitativamente distintas de las cerebrales e irreductibles a ellas. Lo mental (con sus estados, la conciencia y la subjetividad que constituyen su genuina singularidad) habría surgido, por tanto, como resultado de una emergencia a partir de nuestra materia neuronal. Así pues, a la vez que se mantiene la equivalencia de la mente con el cerebro (monismo sustancial de corte materialista), se afirma sin embargo la heterogeneidad de lo mental con lo cerebral (dualismo de funciones o propiedades).

A nuestro modo de ver, el problema radica aquí, por una parte, en el imposible equilibrio en el que esta posición quiere situarse. Pretendiendo escapar al reduccionismo, se reconoce al ser humano una condición funcional (y, en este preciso sentido, un específico estatus ontológico) superior y distinto del resto de las realidades materiales. Pero rechazando las implicaciones metafísicas que esa irreductibilidad conlleva desde el punto de vista lógico, se aferra al materialismo y niega la existencia del alma como co-principio de naturaleza inmaterial (en el caso del hombre, espiritual).

No es casual que los que se declaran abiertamente materialistas tachen esta actitud de dualismo encubierto, mientras que los no materialistas la sigan considerando, al fin y al cabo, como materialismo. En el fondo, hay en el emergentismo un problema de coherencia que Ruiz de la Peña ha explicado así:

“¿Es coherente seguir considerando *material* lo que, por hipótesis, diverge esencialmente del resto de la materia? ¿No sería más ilustrativo a nivel terminológico nombrar a lo distinto de la materia en general con un apelativo también distinto? Si la mente es auténticamente emergente respecto de *todas* las restantes realidades y leyes del mundo material (las físicas, las químicas, las biológicas) (...) parece lógico inferir que la mente es una realidad no física, no química, no biológica, *no material* (por más que, naturalmente, esté esencialmente relacionada con todos esos niveles de lo real). En estas condiciones, el hecho de continuar calificándola de *material*, amén de representar un caso claro de reduccionismo epistemológico, no tiene otra explicación más que el prejuicio del *parti pris* (<solo existe lo material>)” [9, p. 212].

Además de esta ambigüedad, es oportuno resaltar que la alternativa “emergentista” no constituye explicación alguna: se limita a constatar una realidad (la participación del cerebro en la realización de toda actividad mental) sirviéndose de un concepto confuso e intrincado como el de “emergencia” y de una idea de “materia” tan poco definida que —aunque no sepamos cómo— puede dar razón tanto de lo físico-químico como de lo que se dice que es irreducible a esta condición.

Como ha observado igualmente Ruiz de la Peña: “lo único en lo que parecen convenir los materialismos contemporáneos es en la recusación del dualismo y del concepto de espíritu, esto es, en algo *negativo*”, así como en su “incapacidad para definir positivamente la noción nuclear del propio sistema, en este caso, la materia”. Estas dos semejanzas conforman, sin embargo, una curiosa paradoja, pues si no se es capaz de caracterizar con rigor qué es la materia ¿cómo puede uno atreverse a repudiar de forma razonable la posibilidad del espíritu? “Dejada en suspenso la definición de materia, ¿cómo emitir un juicio válido sobre lo no-material? Mientras no se sepa en qué consiste lo material, ¿cómo tipificar su eventual contrario para rechazarlo so capa de irreal?” [9, pp. 216-217].

Por último, es curioso comprobar cómo, a pesar de su pretendida oposición radical frente al dualismo, el monismo materialista, —al menos en algunos de los defensores de la IA— no parece ser capaz de encubrir algunos residuos significativos de aquel, del que se desprenden además problemas de gran alcance en el plano de la conciencia personal, de la clonación humana, de la dignidad de la que creemos ser partícipes etc.,

“En primer lugar, si (como algunos adalides de la IA anticipan) se pudieran almacenar los contenidos cerebrales de una persona (su conciencia, su *self*) en un diskette, la clonación humana sería una realidad, y no precisamente a través del trámite biológico; podría obtenerse un número ilimitado de réplicas del yo en cuestión. Los interrogantes que brotan a continuación son peliagudos: ¿cuál de esos yoes sería el auténtico? ¿Lo serían todos? La misma conciencia personal (por hipótesis, única e intransferible) ¿sería ubicua, estaría en muchos lugares a la vez? ¿Podría eliminarse alguno de esos yoes, incluido (claro está) el ejemplar original?” (Ruiz de la Peña) [9, pp. 204-205].

b) El mencionado *dualismo*, por su parte, afirma que el hombre está constituido por dos sustancias completas en sí mismas y de naturaleza diversa (una, material, el cuerpo; la otra, espiritual, el alma). Resulta así acorde con la experiencia vivida en el reconocimiento de un mundo “interior” irreducible a procesos puramente físico-químicos y, al menos en su versión interaccionista, también es perfectamente compatible con lo que la ciencia puede concluir con el debido rigor lógico a partir de sus investigaciones, es decir, que hay un factor fisiológico en toda actividad humana, cualquiera que esta sea.

¿Cómo se llega a esta conclusión? El razonamiento no es, al menos en principio, demasiado complejo: puesto que nuestra experiencia nos indica que el ser humano es capaz de realizar actividades que les son propias y que no se pueden explicar de acuerdo con procesos de índole corpórea (por ejemplo, la risa), se supone que solo tendrán adecuada explicación en procesos de otra índole (incorpóreos). En el hombre se darían, por tanto, dos actividades de orden diferente (psíquicas y corpóreas), que

habría que atribuir a realidades también distintas pero —en el mejor de los casos— capaces de interacción (alma y cuerpo).

Es obvio, sin embargo, que una argumentación como esta no puede considerarse concluyente. Del hecho de que una determinada actividad humana no pueda explicarse sin residuo de un modo material, no se sigue necesariamente en términos deductivos que su explicación se halle, por el contrario, en un orden inmaterial. Como veremos, hay otras hipótesis alternativas igualmente capaces de responder a la riqueza del obrar humano sin incurrir en esta ruptura de nuestra condición ontológica y vital.

Por otra parte, la posición dualista —que en su versión interaccionista, la más moderna y razonable, estaría representada por Karl Popper y John Eccles [10],[11] — adolece de una debilidad radical: las dificultades para explicar la interacción entre esos dos mundos (el material y el espiritual; o, en términos más actuales y concretamente antropológicos, el cerebro y la mente), cada uno de los cuales tendría un “asiento” ontológico distinto del otro, con naturaleza y leyes de “funcionamiento” sustancialmente diversas.

c) ¿No se podría dar razón de la unidad y pluralidad de lo humano sirviéndonos de un tercer término que desempeñara el papel conector en la integración de las dimensiones que nos conforman (lo psíquico, como juntura entre la riqueza y heterogeneidad de lo corpóreo y de lo espiritual, cada uno de ellos —a su vez— con su diversidad de manifestaciones)?

Para escapar a la manida, problemática e infructuosa oposición entre el monismo y el dualismo, esa es la propuesta de lo que algunos han dado en llamar una *antropología triádica o ternaria*:

Cosmos, bios, logos, la materia, la vida y el espíritu, son los tres términos, las tres dimensiones en la confluencia de las cuales se plantea la cuestión de la identidad del hombre y de las que éste es heredero. El cuerpo, la *psyché* (el alma), el pensamiento, son los tres conceptos que permiten hablar del hombre sin olvidar alguna de las dimensiones fundamentales que lo constituyen. Ciertamente, la *psiché* humana sufre y pena para integrar estas tres dimensiones; sin embargo, es en ellas en las que tiene que vivir su historia y su destino (Simon) [12].

Se trata, sin duda, de una idea sugerente y de gran tradición (Agustín de Hipona planteó una antropología tripolar de corte semejante a esta), pero no me parece que con la multiplicación de los conceptos y dimensiones constitutivas de lo humano se resuelva la cuestión. Lo que podría ganarse en sutileza de matices para dar razón de nuestro polifacético y riquísimo actuar, quizás se pierda en relación con la unidad del sujeto operante.

d) De lo que sí estoy convencido, en todo caso, es de que, quieran o no reconocerlo los monismos materialistas, el concepto de alma responde en el ser humano a una “verdad operacional” e implica un fundamento ontológico distinto de la materia. Como tal, por otra parte, resulta en mi opinión irrenunciable para toda antropología que, buscando dar razón integral de nuestra singular condición, quiera ser fiel a un auténtico humanismo que evite caer tanto en la animalización del hombre como —en otro sentido, más cercano al ámbito en el que en este artículo nos movemos— en su mecanización o robotización.

A este respecto, que los argumentos clásicos en favor de la existencia y espiritualidad del alma humana coincidan con los

mayores problemas a los que, por ejemplo, se ha de enfrentar la IA y, en última instancia, toda explicación materialista del ser humano no deja de ser significativo. La filosofía clásica —en efecto— se creía capaz de mostrar, en virtud del principio “operare sequitur esse” (el obrar sigue al ser), que hay en el hombre un principio de ser y de acción irreductible a la materia (de naturaleza, por tanto, diversa) partiendo del hecho de que es capaz de realizar actividades que no se pueden explicar única y exclusivamente con el concurso de la causalidad material: el conocimiento intelectual, la autoconciencia, la libertad, la experiencia moral, la creatividad artística o la vivencia religiosa.

Pero, ¿cómo dar razón de nuestra estructura metafísica de manera que nos veamos libres de los inconvenientes y amenazas apuntados en las anteriores hipótesis? ¿Cómo hemos de responder a la pregunta “qué es el hombre”? Aunque no sea original ni esté libre de cierta oscuridad (por otra parte comprensible dada la misteriosa condición de lo que Jacques Maritain llamaría el “espíritu en su condición carnal”), la respuesta que me parece mejor y más razonable, la más acorde con nuestra experiencia vivida y enteramente compatible con los conocimientos científicos, la más capacitada para esclarecer la riqueza y unidad del hombre así como para sustentar la vida humana y para promover un auténtico humanismo, es la hipótesis tomista del “*anima forma materiae*”.

Santo Tomás define al hombre, desde el punto de vista metafísico, como unión sustancial de dos principios entitativos: el alma y la materia prima. Es dicha unidad la que existe realmente: como ha precisado Ruiz de la Peña, “en el hombre concreto no hay *espíritu* por un lado y *materia* por otro. El espíritu en el hombre deviene *alma*, que no es un espíritu puro, sino la forma de la materia. La materia en el hombre deviene *cuerpo*, que no es una materia bruta, sino la materia informada por el alma” [9, p. 223].

Alma y cuerpo, por tanto, no son dos sustancias completas y distintas que se unen accidentalmente para conformar una tercera sustancia (un “*tertium quid*”); son sustancias incompletas que, en unión íntima —sustancial—, conforman la sustancia completa que denominamos hombre, y cada uno de ellos (alma y cuerpo) dice relación al otro (aunque en sentidos diferentes). Así, en cuanto que principio estructurante, determinante y núcleo informador de la materia, el alma humana es de naturaleza inmaterial; pero no constituye “todo” el hombre. Ni el alma es el hombre ni se puede decir que en ella radique propiamente la dignidad de nuestro ser personal. Más aún, para el alma humana su condición espiritual es inseparable de su carácter esencial como principio informador de la materia: “es espíritu informando, e informa en tanto que espíritu”.

Por lo que hace al cuerpo, aunque viene a ser el resultado de la función informante del alma sobre la materia, lo estructurado y determinado por aquella, no se puede concebir en modo alguno como un elemento instrumental o como “base de operaciones” del espíritu humano; es su modo de ser propio, su “autorrealización espacio-temporal”. El cuerpo humano, en efecto, es —sin duda— cuerpo; pero, sobre todo, es “humano”. Lo que con ello queremos manifestar es que —como por otra parte resulta accesible desde un punto de vista fenomenológico— no es pura exterioridad; es, también, exteriorización de una intimidad que no ocupa espacio, es

el cauce de manifestación de nuestras personas, nuestro campo de expresión e intervención en el mundo, nuestra forma de presencia, el “lugar” en el que nos comunicamos con los otros y nos damos a conocer. Cuando vemos —de hecho— el cuerpo de un hombre, no vemos un simple objeto, vemos algo en lo que se me hace presente todo su ser: la corporalidad nos presenta de golpe el cuerpo y el alma —a toda la persona— en unidad indisoluble.

Así cree el Aquinate poder dar razón de la relación entre el espíritu y la materia que tiene, en el hombre, su más patente expresión de unidad y que nos constituye en el ser. Con expresión muy ilustrativa, pero de forma, quizás, demasiado atrevida, Ruiz de la Peña dirá: “si el cuerpo es la <materialidad> del alma, *el alma es la realidad del cuerpo*”. Y un poco más adelante, añade: “el hombre entero es, en definitiva, *alma* y a la vez *cuerpo*. Es alma en cuanto totalidad una, dotada de interioridad; es cuerpo en cuanto que tal interioridad se visibiliza, se comunica y se despliega históricamente en el tiempo y en el espacio” [9, p. 224].

Por otra parte, aunque en la argumentación tomista lo prioritario en la caracterización de cuerpo y alma es atender a su distinta función, esta diversidad conlleva también —como es lógico— una esencial diferencia entitativa entre ambos. El hombre, en definitiva, es un ser psico-corpóreo, una unidad sustancial constituida por dos co-principios metafísicos esencialmente distintos que se relacionan entre sí como la potencia y el acto, como la materia y la forma.

Aunque la terminología es distinta y la perspectiva tiene un matiz también diferente, creo que esta teoría podría ser completada por la explicación que sobre la cuestión ofrece un filósofo español de nuestro tiempo, X. Zubiri. Para este pensador, la vida humana tiene el carácter de lo que él llama “sustantividad”: el ser humano es un ser “sustantivo”. ¿Qué quiere decir con este término? Para comprenderlo mejor hemos de remontarnos brevemente a la noción de sistema que, con origen científico, se ha aplicado posteriormente al ámbito filosófico.

Un sistema no es un mero agregado de propiedades sino algo distinto. En un sistema o sustantividad las propiedades tienen una referencia unas a otras, de modo que cualquier alteración en una de estas notas afecta a la totalidad del sistema. ¿Qué es lo que sucede en el caso del hombre? En primer lugar, hay que decir que la sustantividad humana posee un conjunto de notas parcialmente comunes con los animales superiores. Son las notas orgánicas que constituyen lo que llamamos cuerpo humano. Pero también tiene un conjunto de notas parcialmente distintas de las de un animal superior. Son las notas psíquicas, a cuyo conjunto es a lo que llamamos psique humana. De este modo, psique y cuerpo (que, según Zubiri, ni serían sustancias en el sentido propio de la palabra, ni sustantividades yuxtapuestas o unidas) son sub-sistemas parciales de notas de la sustantividad humana: “no hay unión sino unidad sistemática” (Zubiri) [13].

En virtud de todo esto —y esto es lo importante de cara al dualismo— no hay una acción de la psique sobre el cuerpo ni de este sobre aquella, sino una acción única que es siempre psico-corpórea, pero con dominancias distintas en unos casos de las notas corporales y en otros de las notas psíquicas. Por consiguiente, ni lo psíquico ni lo corpóreo son sistemas independientes, son sub-sistemas, momentos parciales y

abstractos del único sistema que es el organismo humano, sustantividad psico-corpórea.

3. Grandeza y límite de la tecnociencia. La enseñanza de la ingeniería informática

Es interesante hacer notar que, para decidir acerca de estas hipótesis explicativas de la condición humana, no basta con atender solo a nuestro comportamiento (el conductismo, por ejemplo, incurrió en este craso error y Turing reincidió en él cuando pretendió que su famoso test era capaz de determinar si las máquinas piensan). Hay un “mundo interior” en el que el ser humano puede sumergirse ensimismándose, tan real como el que se percibe desde el exterior y corresponde a nuestra corporeidad. Un mundo que, a menudo, anima nuestras acciones dándoles el “espíritu” que más propiamente las define.

De hecho, la más inquietante y decisiva pregunta que el ser humano puede hacerse es una pregunta que surge desde los más íntimos recovecos de su naturaleza: la pregunta por el sentido último de lo real, en especial la singular realidad de su propio ser. Más allá de la búsqueda del qué, del cómo o del porqué (que encuentra en la investigación científica su más natural y probablemente su mejor aliado), lo que aquí se plantea es el para qué: ¿para qué trabajo y hago lo que hago?, ¿para qué esforzarme y dar lo mejor de mí mismo?, ¿para qué sufrir?, ¿para qué vivir?... Es el sentido de lo que uno hace o vive, su razón de ser o causa final, lo que transforma esa vida en algo que “merece” ser vivido, lo que nos sirve de alimento en el camino de la existencia, lo que nos incita a hacer planes y a tener expectativas, y —cuando el sentido del que hablamos tiene un carácter verdaderamente radical, fundante— lo que nos sostiene e impulsa en todo momento sin que nos conformemos nunca con el mero sobrevivir.

En general, para toda cuestión referida al hombre, aunque en este caso quizás pueda verse de un modo particularmente nítido, la búsqueda de una respuesta requiere un enfoque totalizante acerca de la vida y de la persona humanas que exige de análisis e investigaciones complejos y de carácter inter y trans-disciplinar.

Olvidando estos requerimientos, algunas personas (entre ellas se encuentran muchos adalides de la IA) confían en que la ciencia y la tecnología (y el tipo de racionalidad que fomentan cuando son interpretadas en clave reduccionista) sean capaces de proporcionar ese sentido: llegará un día —se oye a veces decir desde esta perspectiva a ciertos profetas de un hipotético paraíso tecnológico futuro— en que, quizás no para nosotros pero sí para alguna especie que forme parte de nuestra prole, todas las preguntas sean contestadas y la mayor parte de los problemas que hoy acucian al mundo sean resueltos. Los pensadores más avisados, honestos y perspicaces, sin embargo, hace ya tiempo que dejaron de poner su confianza en una respuesta de este tipo, no porque el progreso científico y tecnológico no sea útil sino porque —por su propia naturaleza y propósito— no puede dar respuesta a cuestiones de carácter totalizante como esta. Lo cierto es que ni la ciencia ni la tecnología se preocupan por el sentido de las cosas, pues una pregunta de este género implica la admisión de causas finales que no caben dentro del método científico.

Eso no significa —conviene insistir en este punto— que la indagación acerca de cuestiones tan profundas e importantes

pueda dejar de tener en cuenta esos avances (que han supuesto una mejora evidente de las condiciones de vida humanas), ni los conocimientos que ellos nos han proporcionado acerca del hombre; pero tampoco debe obviar el fruto propio de la reflexión histórica (pues el hombre es un ser histórico y la historia de la vida de cada hombre no es realmente dissociable de la historia del género humano), ni los cambios de toda índole (sociales, políticos, económicos etc.) que ha experimentado la situación en la que se enmarca nuestra condición en los últimos decenios y que atañen a su dimensión cultural.

Llevar a buen puerto esas investigaciones requiere, por tanto, la articulación de los saberes humanísticos con los científico-técnicos. Como ha dicho un eminente pensador español, “no se debe aceptar como un dato insuperable el dualismo entre *ciencias del espíritu* y *ciencias de la naturaleza*, que es expresión del fracaso histórico de la razón racionalista” (Llano) [14, p. 223]. Pues, aunque es cierto que tienen un objeto de estudio, un ámbito de competencias y una metodología propios y distintivos, tanto unas como otras pueden y deben abrirse a una comunicación interdisciplinar capaz de armonizar una nueva visión del mundo con una imagen justa y operativa del ser humano. Para ello, las ciencias positivas habrán de liberarse del yugo cientificista y las humanidades de la “vanidad culturalista”, de modo que ambas, en diálogo permanente, puedan “acceder más lúcidamente a las dimensiones decisivas de la vida personal y social” (Llano) [14, p. 223].

Junto a la reflexión e interpretación de los datos proporcionados por las ciencias experimentales e incluso por las llamadas “ciencias humanas”, desde el enfoque que aquí estoy esbozando habríamos de plantearnos también otras importantes preguntas: ¿qué queremos para el hombre (para todos y cada uno de nosotros)?, ¿cómo nos vemos desde la perspectiva no solo de nuestra conducta sino de nuestros deseos y aspiraciones últimos, inquietudes y temores etc.,?, ¿cuál es el valor que ha de otorgarse en el análisis antropológico a la introspección y al diálogo interpersonal (en complementariedad con la observación externa y el llamado método científico)?, ¿qué incidencia práctica pueden tener (o han tenido) las diferentes hipótesis que han querido dar razón de lo humano? O, en fin, ¿qué concepción del ser humano se halla implícita en el modo en que los profesores impartimos nuestras asignaturas, nos relacionamos con los alumnos y los colegas, o ejercemos las responsabilidades propias de nuestra profesión?

La cuestión antropológica ha de ser afrontada, pues, por caminos y modos tan plurales como los que la riqueza de nuestro objeto exige, y tan variados como aquellos a través de los cuales nuestra propia condición se expresa, en lo personal y en lo social, en la experiencia científica pero también en el decurso de la propia vida; como resultado, en definitiva, de lo que podríamos llamar una “fenomenología integral del conocer y del ser humanos”.

Aunque la cita sea larga, quisiéramos terminar rescatando para la ocasión un texto clásico que, en su momento, supuso un auténtico aldabonazo en el campo de la informática y de su enseñanza:

“A los profesores de informática —dijo Weizenbaum, uno de los pioneros en IA durante los años 70, profesor en el MIT— les deseo decir que el ordenador es una nueva y poderosa metáfora para ayudarnos a comprender muchos aspectos del

mundo, pero que esclaviza la mente de quien carece de otras metáforas y de otros recursos a qué apelar. El mundo representa muchas cosas, y ningún marco es lo suficientemente amplio para dar cabida a todas ellas, ni las que pertenecen a la ciencia o a la poesía, ni las que pertenecen a la razón calculadora o a la pura intuición. Y del mismo modo que el amor a la música no capacita al hombre para tocar el violín -ha de aprenderse el oficio del instrumento y el de la propia música- no es suficiente amar a la Humanidad para ayudarla a sobrevivir. Es, pues, muy noble la llamada del profesor para enseñar el oficio. Sin embargo, deberá hacer algo más: enseñar más de una metáfora y enseñar más por el ejemplo de su conducta que por lo que escribe en la pizarra. Debe enseñar las limitaciones de sus instrumentos, y también la fuerza.

La función universitaria no puede consistir simplemente en ofrecer a los estudiantes un catálogo de <enseñanzas> ...Esta deberá considerar, ante todo, a cada uno de sus miembros, estudiantes y profesores, como seres humanos en busca de la verdad —¿de qué otro modo llamarla? — y, por tanto, de sí mismos.

El profesor de informática, al igual que cualquier otro, está, de hecho, invitando a sus alumnos a convertirse en lo que él es. Si se ve tan solo como un mero instructor, como un simple experto en la aplicación de <métodos> encaminados a alcanzar unos fines determinados por los demás, entonces perjudica doblemente a sus alumnos. En primer lugar, les invita a ser personas no totalmente autónomas; esto es, seguidores de las órdenes de otras personas y, en último término, no mejores que las máquinas que algún día las podrían reemplazar en esa función. Segundo, los priva de la visión de las ideas que únicamente justifican que la informática tenga un puesto en el currículum universitario. Y al obrar así, les sustrae los ejemplos que los científicos en informática, como seres humanos creativos, podían haberles proporcionado, así como la mejor oportunidad para convertirse en verdaderos científicos de informática.

Por último, el profesor de Informática suele sentirse predispuesto a la tentación de mostrarse arrogante porque su conocimiento es, en cierto modo, <más difícil> que el de sus colegas humanistas. Pero la dificultad de su conocimiento no ofrece ninguna ventaja: es tan solo menos ambiguo y, por tanto, como sus lenguajes de ordenador, menos expresivo de la realidad. Las humanidades particularmente <tienen una mayor familiaridad con un mundo (moral) ambiguo, huraño, a veces inalcanzable, que no se limitará a ninguna clase de relación con los símbolos mediante los cuales podría intentarse medirlo.

El profesor de informática debe tener el valor de resistir a la tentación de ser arrogante, y enseñar principalmente mediante el ejemplo, la validez y la legitimidad de un conocimiento más conciliador. Pero, ¿por qué promover este enfoque? [La razón más importante] es que, si el profesor ha de enseñar con el ejemplo, debe tener el valor -en palabras de Jerome Bruner- de reconocer los productos de su subjetividad.

Si el profesor, o quienquiera que sea, ha de ser un ejemplo de persona íntegra para los demás, habrá de luchar, ante todo, por serlo. Sin el valor para confrontar nuestros mundos interior y exterior, tal plenitud es imposible. La razón instrumental por sí sola no nos conduce a ella. Y ahí existe precisamente una crucial diferencia entre la máquina y el hombre; este, para ser

íntegro, ha de ser siempre un explorador, tanto de su realidad interna como externa. Su vida está llena de riesgos, pero de riesgos que él tiene el valor de aceptar, porque, a semejanza del explorador, aprende a confiar en su capacidad para sobrellevar y superar las grandes dificultades [15].

Referencias

- [1] Lacalle-Noriega, M., En busca de la unidad del saber. Una propuesta para renovar las disciplinas universitarias. Madrid, España: Universidad Francisco de Vitoria, 2014, 25 P.
- [2] Álvarez-Álvarez, J.J., Aproximación crítica a la inteligencia artificial. Madrid: Universidad Francisco de Vitoria, 2013, pp. 148-157.
- [3] Feigl, H., The <Mental> and the <Physical>. Minneapolis, USA: University of Minnesota, USA, 1967.
- [4] Armstrong, D.M., A materialist theory of the mind. London, Great Britain: Routledge, 1968.
- [5] Churchland, P.M., Matter and consciousness. Cambridge, USA: The MIT Press, 1984. [Traducción española: Materia y conciencia. Barcelona, España: Gedisa, 1999].
- [6] Minsky, M., The Society of mind. New York, USA: Simon and Schuster, 1986. [Traducción española: La Sociedad de la Mente. La inteligencia humana a la luz de la inteligencia artificial. México D. F., México: Galápagos, 1986, p. 320].
- [7] González-Quirós, J.L., El porvenir de la razón en la era digital. Madrid, España: Síntesis, 1998, pp. 73-76.
- [8] Bunge, M., The mind-body problem. Oxford, Great Britain: Pergamon, 1980. [Traducción española: El problema mente-cuerpo. Madrid, España: Tecnos, 2002].
- [9] Ruiz-de la Peña, J.L., Las nuevas antropologías. un reto a la teología. Santander, España: Sal Terrae, 1983.
- [10] Popper, K. and Eccles, J., The self and its brain. Berlin, Heidelberg, New York, Germany – USA: Springer – Verlag, 1977. [Traducción Española: El yo y su cerebro. Barcelona, España: Labor, 1993].
- [11] Eccles, J., The human psyche. Heidelberg, Germany: Springer International, 1980. [Traducción española: La psique humana. Madrid, España: Tecnos, 1986].
- [12] Simon, M., -dir-. La peau de l'âme, intelligence artificielle, neurosciences, philosophie, théologie. Paris, France: Cerf, 1994, 426 P.
- [13] Zubiri, X., Espacio. Tiempo. Materia. Madrid, España: Alianza Editorial, 1996, 59 P.
- [14] Llano, A., El futuro de la libertad. Pamplona, España: Euns, 1985.
- [15] Weizenbaum, J., Computer power and human reason: from judgement to calculation. San Francisco, USA: Freeman, W.H. 1976. [Traducción española: La frontera entre el ordenador y la mente. Madrid, España: Pirámide, 1978, pp. 227-230].

J.J. Álvarez-Álvarez, recibió el título de Dr. en Filosofía y Ciencias de la Educación en 1992 en la Universidad Complutense de Madrid (España). Ha venido colaborando con la Universidad Francisco de Vitoria (Madrid.- España) desde 1995, bajo las sucesivas figuras de profesor adjunto, agregado y, desde 2008, titular de su Escuela Politécnica Superior. Durante una estancia en los EE.UU. (2013-2014), colaboró primero como “visiting research” y más tarde como “fellow” en el Assumption College de Worcester (Massachusetts) y en la Saint Thomas University de Saint Paul (Minnesota), respectivamente. Desde 2016, está acreditado favorablemente por la Agencia Nacional de la Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA) para el Cuerpo de Profesores Titulares de Universidad. Dentro del Plan de Formación Humanística de la UFV, en este centro ha impartido las asignaturas de filosofía fundamental y antropología, y co-impartido la materia de inteligencia artificial. Miembro extraordinario del Instituto de Estudios Económicos y Sociales de la UFV y del Consejo de Redacción de diversas revistas, es autor de varios libros y de múltiples artículos publicados en revistas nacionales e internacionales sobre filosofía de la educación, teología natural y filosofía de la tecnología.
ORCID: 0000-0003-2049-2228

Implementación basada en software libre de un portal web para apoyo en el proceso colaborativo de desarrollo de un videojuego para la enseñanza de la ingeniería de software

Francisco Ismael Maya-Sarasty & Daniel Arenas-Seleey

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia. fmaya@unab.edu.co, darenass@unab.edu.co

Resumen— Este documento presenta la implantación de un sistema de software libre alrededor del desarrollo de un videojuego educativo que promueve la enseñanza de la Ingeniería de Software. Empezando con la realización de un análisis concienzudo de las características del software necesario para crear un entorno que favorece el trabajo colaborativo multidisciplinario, para luego instalar y configurar las soluciones seleccionadas y terminar con un análisis del cumplimiento de directrices de usabilidad para portales web y directrices de jugabilidad para videojuegos.

La contribución de crear un portal web (www.soengirpg.com) es la activación del trabajo colaborativo que garantiza la continuidad de la construcción de un videojuego sobre la Ingeniería de Software. Un sistema que integra a todos los actores interesados, que requieren de un entorno donde obtener información específica para desarrollar videojuegos y compartir su conocimiento.

Palabras Clave— colaborativo; software libre; ingeniería de software; enseñanza; videojuego; portal web.

Recibido para revisar Marzo 9 de 2018, aceptado Mayo 24 de 2018, versión final Junio 13 de 2018

Web portal implementation based on free software to support collaborative process of developing a videogame for teaching of software engineering

Abstract— This document presents the implementation of a free software system around the development of an educational video game that promotes the teaching of Software Engineering. Beginning with a thorough analysis of the characteristics of the necessary software to create an environment that favors multidisciplinary collaborative work, to then install and configure the selected solutions and finish with an analysis of compliance with usability guidelines for web portals and playability guidelines for video games.

The web portal creation contribution (www.soengirpg.com) is the activation of collaborative work that guarantees the continuity of the construction of a video game about Software Engineering. A system that integrates all the interested actors, who require an environment where they obtain specific information to develop video games and share their knowledge about it.

Keywords— collaborative; free software; software engineering; teaching; video game; web portal.

1. Introducción

El trabajo se centra en la construcción de un ambiente web que favorece el entorno colaborativo alrededor de la creación

de un videojuego, partiendo de una investigación realizada en la Universidad Autónoma de Bucaramanga que construyó un modelo para la educación de la Ingeniería de Software. A través de la lectura de ésta y otras investigaciones se crea un portal web que se convierte en el sustento conceptual e informativo para garantizar la continuidad del proceso de desarrollo de un videojuego de rol, creando un entorno de compartición del conocimiento a través de la interacción de sus usuarios mediante la utilización de foro, wiki, chat y un sistema de versiones. Todo esto enfocado desde el punto de vista del software libre durante todo su desarrollo sabiendo que éste a su vez es el tema principal de la maestría estudiada, incluso desde el énfasis hacia el desarrollo de software.

En un principio se realiza un análisis de los recursos necesarios para la implementación del portal web que apoya el proceso colaborativo de desarrollo de software, así como los recursos para el desarrollo del videojuego de rol, utilizando en su totalidad herramientas libres. Con base en esto se implementa las dos soluciones de software y se analiza su usabilidad y jugabilidad según cada caso.

La culminación del proceso deja un portal web accesible a través de la dirección www.soengirpg.com, nombre extraído del término en inglés Software Engineering Role Playing Game, el cual cuenta con múltiples funcionalidades para trabajar de manera colaborativa en el desarrollo del videojuego de rol para la enseñanza de la Ingeniería de Software.

2. Metodología

El plan o estrategia definido para responder al planteamiento del problema se realiza utilizando un enfoque cuantitativo, dentro del cual se aborda un diseño no experimental, a razón que se realizan análisis de casos puntuales de la experiencia de los desarrolladores de software en el uso de un portal web para apoyo en el proceso colaborativo de desarrollo de software, momento en el cual no es posible realizar una manipulación deliberada de las variables.

Dentro de las categorías que definen una investigación no experimental, el trabajo se centra en una investigación

Como citar este artículo: Maya-Sarasty, F.I. and Arenas-Seleey, D., Implementación basada en software libre de un portal Web para apoyo en el proceso colaborativo de desarrollo de un videojuego para la enseñanza de la ingeniería de software. Educación en Ingeniería, 13(26), pp. 108-115, Julio, 2018.

transeccional que mide la usabilidad del portal web. Los diseños en los que se divide este tipo de investigación para este proyecto son abordados dependiendo de las necesidades, pues la aplicación de cada uno de ellos no es excluyente y por tanto su utilización como conjunto enriquece los resultados que se obtienen, así: diseño exploratorio, es necesario indagar sobre los recursos más utilizados en la implementación de portales web que apoyan el proceso colaborativo de desarrollo de software así como los recursos necesarios para el desarrollo de videojuegos mediante la utilización de Software Libre, estos estudios son válidos para el tiempo en que se efectúan; diseño descriptivo, se compara los múltiples recursos disponibles para desarrollar el portal web y el videojuego. Además cada concepto se trata individualmente describiendo la usabilidad de las soluciones de software implementadas; diseño correlacional-causal, es necesario observar y reportar las causas y efectos que definen el apoyo al proceso colaborativo desde la implementación de un portal web. Globalmente se identifica siete fases que permiten visualizar de manera general el proceso:

- **Análisis de las características:** realización de un análisis de contenido de la vasta cantidad de herramientas para implementar portales web y desarrollar videojuegos, teniendo en cuenta su aporte para el fortalecimiento del trabajo colaborativo.
- **Selección del software:** determinación de los programas que se utilizarán para cumplir con los objetivos.
- **Implementación del portal web:** implementación del portal web en un servidor privado virtual con una configuración adecuada que permita la interacción de las personas colaboradoras involucradas.
- **Desarrollo del videojuego:** desarrollo de las funcionalidades básicas de un videojuego del género RPG para la enseñanza de la Ingeniería de Software.
- **Presentación de resultados:** se utiliza la técnica de pruebas e inventarios, haciendo énfasis en pruebas estandarizadas que dan una idea clara sobre la usabilidad de las soluciones de software implementadas.
- **Control y seguimiento:** se gestiona el soporte de las soluciones de software a fin de realizar modificaciones sobre algunas características definidas por altos requerimientos o mejoras observadas por desarrolladores o usuarios.
- **Apoyo al usuario:** garantizar la administración del portal web y la comunicación con todos los interesados sobre el proyecto.

3. Resultados

Primero es necesaria la realización de análisis de contenido, pues la cantidad de herramientas disponibles para implementar portales web es vasta y se realiza una búsqueda exhaustiva que permite elegir la mejor opción con base en el apoyo que brinda en el proceso colaborativo, esto facilita probar los supuestos y desarrollar teorías a partir de la comparación, del mismo modo se aborda en lo referente al desarrollo del videojuego para la enseñanza de la Ingeniería de Software, sin olvidar el enfoque hacia el Software Libre que se pretende. La realización del

análisis se codifica, es decir, se extrae las características relevantes del contenido para categorizar la información mediante la definición del universo, unidades de análisis y categorías de análisis.

En esta fase se destacan la consulta de información sobre el software para implementación de portales web y para construcción de videojuegos, con licenciamiento basado en Software Libre y el estudio de sus características que permiten seleccionar la opción más adecuada según parámetros de trabajo colaborativo.

3.1. Portal web

Para crear un portal web que apoye el trabajo colaborativo para el desarrollo de un videojuego lo más importante es una herramienta que facilite el control de versiones, por lo tanto se inicia seleccionado este sistema para seguir avanzando en la selección de otras herramientas necesarias como el CMS, Wikis y foros que buscan integrar con armonía a todo el equipo de colaboradores.

Sistemas de control de versiones: Se parte desde la escogencia de un sistema basado en el modelo distribuido que permita a cualquiera tener un repositorio con una rama privada o pública que luego pueda mezclar o no con la oficial. Dentro del cual se selecciona a Git con base en que este condensa toda la experiencia en desarrollo cooperativo y descentralizado de Linux desde sus orígenes.[1]

Sistemas de gestión de contenido: El primer filtro se realiza seleccionando los gestores de contenido con base en la última fecha de lanzamiento de su versión más reciente según el listado publicado en Wikipedia. Eligiendo aquellos que han realizado actualizaciones durante el año en curso.[2] Posteriormente se seleccionan a través de una búsqueda en el sitio Open Hub de Black Duck (<https://www.openhub.net>) filtrando proyectos por las etiquetas cms y php, teniendo en cuenta el nivel de actividad,

Tabla 1.
Listado de CMS candidatos

Sistemas de Gestión de Contenido	Sitio web oficial
Backdrop CMS	https://backdropcms.org
Bolt	https://bolt.cm/
b2Evolution	http://b2evolution.net/
Concrete5	https://www.concrete5.org/
Contao	https://contao.org/es/
Drupal	https://www.drupal.org/
Fraym	https://fraym.org/
Fork	https://www.fork-cms.com/
GLFusion CMS	https://www.glfusion.org/
Impress CMS	https://www.impresscms.org
Joomla	https://www.joomla.org/
Kajona	https://www.kajona.de/
ModX	https://modx.com/
Navigate CMS	http://www.navigatecms.com/es/inicio
Newscoop	https://www.sourcefabric.org/en/newscoop/
Omeka	https://omeka.org/
Papaya CMS	https://www.papaya-cms.com/
PimCore	https://pimcore.com/en
ProcessWire	https://processwire.com/
SilverStripe	https://www.silverstripe.org/
Tiki	https://tiki.org/
TYPO3	https://typo3.org/
Wordpress	https://wordpress.org/

Fuente: "Los autores".

fecha de último commit y fecha de último análisis. Además se visita la página oficial de cada software para verificar las últimas publicaciones oficiales y las características que permitan utilizarlos para implementar un portal web.

El listado de CMS en la Tabla 1 muestra 23 opciones, por lo cual es necesario reducirlo teniendo en cuenta la cantidad de commits durante el último año, el nivel de contribuidores, número de vulnerabilidades detectadas y la presencia o ausencia de un catálogo de módulos que agreguen funcionalidades al sistema.

Los CMS comúnmente más utilizados como lo son Drupal y Joomla arrojan unos resultados que obligarían a descartarlos, pero esta situación se omite debido al nivel de popularidad de los mismos, pues entre más gente los utiliza más probabilidades de identificar vulnerabilidades se presentan, tanto para atacarlos como por su simple uso. Por lo tanto se descarta aquellos programas como b2Evolution, Fraym, gIFusion CMS, Impress CMS, Kajona, Navigate CMS, Newscoop, Omeka, Papaya CMS y ProcessWire, no sin antes haber realizado una revisión básica de las características y trayectoria de los mismos en su sitios web oficiales. También se descarta a Backdrop CMS teniendo en cuenta que es un fork de Drupal que no tiene una cantidad considerable de commits realizados en el último año, denotando una evidente inactividad.

Otro filtro se realiza instalando cada uno de los sistemas en un ambiente de desarrollo web (Linux, Apache, MySQL/Postgresql y PHP) y verificando la existencia de un catálogo de complementos, identificando la presencia de asociación con los sistemas de control de versiones analizados anteriormente (Gitlab y Gogs). La Tabla 2 muestra un cuadro con los hallazgos encontrados.

Llama la atención la presencia de tres CMS (Drupal, Tiki y Wordpress) que tienen algún tipo de complemento para Gitlab pudiendo beneficiar la implementación del portal web pues habrá antecedentes y usuarios que tienen conocimiento en este tipo de integración, además cuentan con un catálogo de complementos aceptable permitiendo ampliar la funcionalidad del portal en diversos campos y de la misma forma estos sistemas presentan una dificultad baja durante el proceso de instalación. Después se analiza con mayor profundidad cada uno de los tres CMS teniendo en cuenta factores de administración y gestión, específicamente a través del análisis de las categorías mostradas en la Tabla 3.

Tabla 2.

Relación de proceso de instalación, complementos y backend en idioma español

Nombre	Dificultad de instalación	Catálogo de complementos	Complemento para Gitlab / Gogs	Backend en español
Bolt	Media	Medio	No / No	Si
Concrete5	Baja	Medio	No / No	Si
Contao	Media	Medio	No / No	Si
Drupal	Baja	Alto	Si / No	Si
Fork	Media	Bajo	No / No	Si
Joomla	Baja	Alto	No / No	Si
ModX	Media	Alto	No / No	Si
PimCore	Media	Bajo	No / No	Si
SilverStripe	Baja	Medio	No / No	Si
Tiki	Baja	Medio	Si / No	Si
TYPO3	Media	Medio	No / No	Si
Wordpress	Baja	Alto	Si / No	Si

Fuente: "Los autores".

Tabla 3.

Categorías del registro de codificación para CMS

Categorías
Gestión avanzada de perfiles y roles de usuario
Catálogo de complementos
Creación de complementos
Funciones de creación, lectura, actualización y eliminación de información
Funciones para indización y búsqueda
Opciones de optimización para motores de búsqueda
Opciones para divulgación de la información
Ajustes de diseño
Registro de logs de acceso

Fuente: "Los autores".

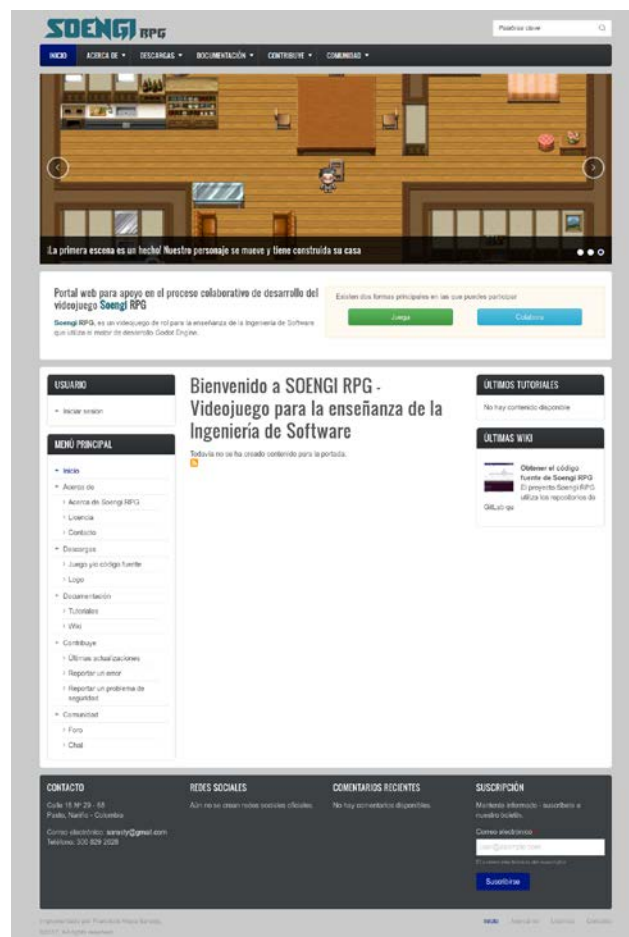


Figura 1. Captura de pantalla del portal web a fecha 01 de diciembre de 2017.

Fuente: "Los autores".

La comparación de los sistemas de gestión de contenido candidatos permite evidenciar las ventajas de Drupal en relación al resto, destacándose además por la experiencia adquirida a través de los años puesto que entre los tres es el sistema más antiguo, el cual lanzó su primera versión el 18 de mayo del 2000. Y actualmente cuenta con una de las más grandes comunidades en el mundo.

Wiki:[3] En principio se establece una metodología para seleccionar el software con base en los procesos realizados anteriormente, donde se destacan aplicaciones como: MediaWiki, DokuWiki, PmWiki, Tiki Wiki y phpWiki, pero luego de revisar la flexibilidad de Drupal se opta por configurar adecuadamente este

CMS para que una sección funcione como lo hace una wiki en sus conceptos generales de trabajo colaborativo. Además a través de una búsqueda exhaustiva no se encuentra complementos que permitan integrar fácilmente estos dos tipos de sistemas, anotando también que Gitlab cuenta con una Wiki como módulo propio el cual puede ser utilizado alternativamente.

Foro:[4] En un principio se establece una metodología para seleccionar el software con base en los procesos realizados anteriormente, donde se destacan aplicaciones como: phpBB, bbPress, MyBB y Simple Machines Forum, pero luego de revisar los módulos de Drupal se opta por utilizar un complemento integrado que agrega las funcionalidades de un foro. Además a través de una búsqueda exhaustiva no se encuentra complementos que permitan integrar fácilmente estos dos tipos de sistemas.

La implementación del portal web requirió de generación de contenido para su puesta en marcha a través de un servidor privado virtual en el dominio www.soengirpg.com. La Fig. 1 muestra el portal web a la fecha del 01 de diciembre de 2017, previo a la adición de varios nuevos tutoriales y contenido en la wiki que mejoran la usabilidad.

3.2. Videojuego

Para crear un videojuego es importante tener un motor de desarrollo que facilite la gestión de eventos por lo tanto se inicia seleccionado este sistema, continuando con una mención de las diferentes opciones de software para edición gráfica y para edición de sonido.

Tabla 4.

Motores de desarrollo de videojuego ejecutables en sistemas GNU/Linux y con opciones para publicación en web

Nombre	Ejecutable en GNU/Linux	Publicación HTML5	Observaciones
Cocos2D	No	No	
Duality	No	No	
GDevelop	Si	Si	
Gideros	Si	No	Es necesario compilar el código fuente para la versión GNU/Linux
Godot	Si	Si	
HaxeFlixel	Si	Si	No cuenta con editor gráfico y requiere la instalación de software adicional
HaxePUNK	Si	No	
Kivy	Si	No	
libGDX	Si	No	
Love2D	Si	Si	No cuenta con editor gráfico y requiere de la utilización de módulos externos para su publicación HTML5
Oxygine 2D	Si	Si	No cuenta con editor gráfico
Phaser.io	Si	Si	No cuenta con editor gráfico
Pygame	Si	No	No cuenta con editor gráfico
RPGBoss	Si	No	
Solarus			
ARPG			
Game Engine	Si	No	
Starling	Si	No	Para sistemas GNU/Linux está limitado debido a una versión de Flash antigua
Torque 2D	No	No	
Turbulenz	Si	Si	No cuenta con editor gráfico

Fuente: "Los autores".

Tabla 5.

Ventajas y desventajas en la utilización de Gdevelop y Godot

GDevelop	Godot
- Carece de soporte de tilesets para plataforma web. - Deficiencias en el manejo de colisiones para plataforma web. - Carece de lenguaje de programación para suplir deficiencias funcionales. - Programación mediante eventos prefabricados.	- Soporte de tilesets para cualquier plataforma de publicación. - Python, C++ y lenguaje propio como alternativas de programación para nuevas funcionalidades. - Curva de aprendizaje media-alta.

Fuente: "Los autores".

Motores de desarrollo de videojuegos: El primer filtro se realiza seleccionando los motores de desarrollo con base en la última fecha de lanzamiento de su versión más reciente según el listado publicado en Wikipedia, eligiendo aquellos que soportan la creación de juegos en 2D.[5] Además se consulta los motores para desarrollar videojuegos en 2D. [6]

De la Tabla 4 se puede extraer los motores de desarrollo Godot y GDevelop que cuentan con características primordiales para desarrollar en sistemas operativos GNU/Linux y con opción de publicación en web (HTML5). Además de no presentar observaciones que dificulten el proceso de implementación o que retrasen el proceso de desarrollo.

Para la selección definitiva se realiza el proceso de instalación y prueba de los dos motores para identificar el funcionamiento de eventos comunes como el manejo de colisiones y animaciones, Tabla 5.

Para el software de edición gráfica y de edición de sonido no es necesario realizar una selección única, pues su utilización depende de unas necesidades particulares de acuerdo al objetivo a conseguir, así, si quiere cambiar el contraste de una imagen será más útil GIMP o si quiere eliminar el ruido de un audio será más útil Audacity, dejando claro que también juega un papel muy importante la experiencia del desarrollador en el manejo de las herramientas.

Sin embargo, las Tablas 6 y 7 describen brevemente las características más importantes de cada software para que identifique los momentos en los que se pueden utilizar.

Tabla 6.

Características del software de edición gráfica

Nombre	Características
GIMP	Manipulación de imágenes no vectoriales
	Interfaz personalizable
	Filtros para perfeccionamiento de fotografías
	Retoque digital
	Soporte de varios dispositivos de hardware
Inkscape	Soporte de varios formatos de archivos
	Manipulación de imágenes vectoriales
	Creación de objetos (dibujo, formas, texto, imágenes)
	Manipulación de objetos (capas, transformación, agrupación, distribución)
	Administración del color
Krita	Operaciones de trazado
	Edición de código fuente del documento
	Soporte de varios formatos de archivos
	Manipulación de imágenes no vectoriales
	Interfaz personalizable
	Estabilizadores de pincel
	Paleta de colores flotante
	Motores de pincel
	Administrador de recursos externos

Fuente: "Los autores".

Tabla 7.

Características del software de edición de sonido

Nombre	Características
Ardour	Soporte a varios dispositivos de hardware para grabación Flexibilidad en tareas de grabación y edición Soporte para utilización de múltiples pistas Gestión de videos Soporte de mezclas Control de complementos Múltiples opciones de exportación
Audacity	Soporte a varios dispositivos de hardware para grabación Flexibilidad en tareas de grabación y edición Soporte para utilización de múltiples pistas Múltiples opciones de importación y exportación Calidad de sonido Accesibilidad Multitud de efectos y complementos Herramientas de análisis de audio
Qtractor	Soporte para utilización de múltiples pistas Múltiples opciones de importación y exportación Multitud de efectos Énfasis en MIDI Accesibilidad
LMMS	Especializado en creación de música Multitud de efectos y complementos Soporte de mezclas Instrumentos musicales

Fuente: “Los autores”.

Mediante la utilización de un motor de desarrollo se agiliza la construcción del videojuego de rol para la enseñanza de la Ingeniería de Software, aunque la curva de aprendizaje se cataloga como media-alta y requiere de conocimiento de un lenguaje de script propio del motor con características de Python y C++ que familiarizan el entorno de trabajo. También es necesaria la edición de algunas imágenes entre otras actividades como, la creación de escenas para ambiente en casa, ciudad y salón de clases del protagonista de la historia, desarrollo de sistema de diálogos, desarrollo de interacción de personaje con su entorno, configuración de sistema de colisiones con utilización de tilemaps, etc.

Para su prueba es posible acceder al videojuego utilizando el enlace a continuación: www.soengirpg.com/jugar-soengirpg. Publicación que se actualizará constantemente de acuerdo a cambios realizados en la evolución de la jugabilidad, Figs. 2 y 3.



Figura 2. Captura de pantalla de menú principal del videojuego Soengi RPG. Fuente: “Los autores”.

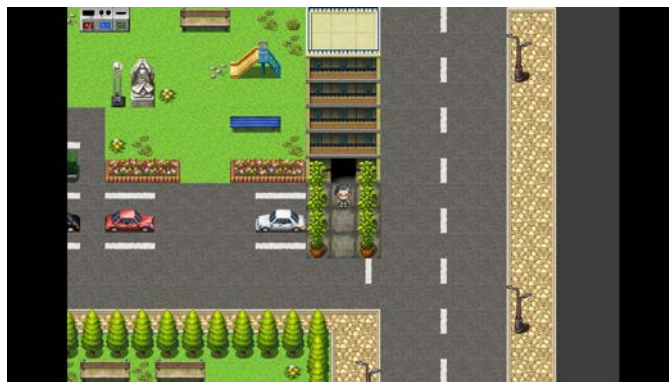


Figura 3. Captura de pantalla ‘en juego’ del videojuego Soengi RPG. Fuente: “Los autores”.

3.3. Usabilidad del portal web

Para realizar la evaluación de la usabilidad del portal web se identifican varias etapas teniendo en cuenta las directrices e impacto establecidas por Gobierno en Línea [7], donde la directriz es una frase corta de no más de dos renglones que en forma muy clara y concreta, transmite información sobre la pauta a cumplir; y el impacto es una escala de 1 a 5 que mide la importancia del cumplimiento de la directriz, donde 1 significa menor impacto y 5 significa una directriz de gran impacto en la facilidad de uso de un sitio web.

Para el registro de la evaluación se adaptó la plantilla creada por el Dr. David Travis de la empresa Userfocus que contiene 247 lineamientos para usabilidad web [8], reemplazándolos por las 55 preguntas que se proponen en el Manual para la implementación del decreto 1151. Obteniendo la Tabla 8.

Se aplica el método heurístico, la recomendación es que la evaluación sea realizada entre 3 y 5 expertos porque supone que una menor cantidad no detectará la totalidad de los problemas del sistema que se está evaluando, sin embargo, se evaluará por una sola persona experta teniendo presente que el proceso de desarrollo del portal web se encuentra en una etapa temprana y el carácter iterativo de desarrollo del proyecto permitirá adherir miembros posteriormente [9]. Además las directrices establecidas en la guía del gobierno definen claramente unos comentarios relacionados, así como la forma de verificación, aspecto que favorece la veracidad en la determinación de su cumplimiento.

Un primer análisis evidencia una muy baja calificación para las directrices dentro del concepto de Búsqueda, ocasionado principalmente por dos factores:

- El comportamiento de buscadores expertos no es habitual en portales web centrados en una sola temática.
- Para sitios recién creados este valor carece de importancia debido a que los robots de buscadores aún no indexan todo el contenido del sitio, o simplemente no hay contenido suficiente para indexar.

Sin embargo, a partir del impacto global para el concepto de búsqueda se hace necesario priorizar la implementación de características que refinan las búsquedas en el portal, haciendo que sea más intuitivo y aportarle al visitante principalmente:

Tabla 8.

Directrices para evaluación de usabilidad web

Concepto	Directriz	Impacto
Arquitectura de la información	Objetivos del portal web	5
	Personajes y escenarios de uso	3
	Necesidades de los usuarios	5
	Evaluación constante	4
	Evaluación de la arquitectura de la información	5
	Navegación global consistente	4
	Navegación de contexto	4
	Ruta de migas	2
	URL limpios	2
	Ubicación del usuario	5
	Tagline	3
	Enlaces bien formulados	4
	Memoria a corto plazo	3
	Ubicación de logotipo	1
	Diseño ordenado y limpio	4
	Interfaces en movimiento	5
	Contenido que parece publicidad	5
	Contraste en brillo y color	4
	Información transmitida a través de color	2
Diseño de interfaz de usuario	Justificación del texto	1
	Ancho del cuerpo del texto	3
	Fuente tipográficas comunes	1
	Texto subrayado	2
	Uso adecuado del espacio en blanco	5
	Desplazamiento horizontal	2
	Vínculo a la página de inicio	2
	Tareas clave en la página de inicio	4
	Contenidos de ejemplo en la página de inicio	2
	Hojas de estilo para diferentes formatos	3
	Independencia de navegador	5
	Vínculos visitados	3
	Calidad del código	2
	Campos obligatorios	3
	Asociación de etiquetas y campos	3
	Validación dinámica de datos	3
	Error de página no encontrada	4
	Ventanas emergentes	5
Diseño de interacción	Botón atrás	5
	Tiempo de carga de las páginas	3
	Ejemplos en los campos de formulario	2
	Páginas de confirmación	5
	Motor de búsqueda y ubicación	4
	Búsquedas con términos familiares y errores de digitación	5
	Sugerencias de búsqueda	4
	Ubicación en los 10 primeros resultados	4
	Evaluación heurística	4
	Test de usuario	1
	Diseño y evaluación iterativos	4
	Contenido útil	4
	Pirámide invertida	4
	Títulos y encabezados	4
	Listas	2
	Escaneado de contenido	3
	Vínculos rotos	5
	Contenido encontrable	4

Fuente: Lineamientos y metodologías en usabilidad para Gobierno en Línea.

- Asociación de términos familiares de búsqueda para solventar errores de digitación.
- Sugerencias relacionadas con sus parámetros de búsqueda.
- Mejoramiento en el posicionamiento en buscadores.

Para el resto de conceptos se hace necesario cruzar las calificaciones de la evaluación heurística y el ranking según el

Tabla 9.

Calificaciones de evaluación heurística vs. ranking según impacto en conceptos de directrices de gobierno en línea

Concepto	Calificación	Ranking (según impacto)
Arquitectura de la información	54%	2
Diseño de interfaz de usuario	74%	6
Diseño de interacción	78%	4
Búsqueda	25%	1
Pruebas de usabilidad	67%	5
Contenido	71%	3

Fuente: "Los autores".

impacto para así priorizar los campos de acción en pro del cumplimiento de las directrices de usabilidad, ver Tabla 9.

Descartando el concepto de Búsqueda que ya se trató anteriormente se evidencia que es necesario atacar el concepto de Arquitectura de la información ya que su calificación es baja y su importancia se considera de alto impacto, de hecho se relaciona estrechamente con el proceso de análisis dentro del proceso de desarrollo de software, pues entre algunas de sus tareas se destaca (Fig. 4):

- Estudiar e identificar las necesidades de los usuarios.
- Organizar, clasificar y estructurar la información del sitio.
- Responder al lenguaje y necesidades de los usuarios.
- El diagrama evidencia un cumplimiento medio-bajo para las directrices agrupadas de Gobierno en Línea, entendiendo que el cumplimiento ideal oscila en rangos mayores al 85% en cada concepto y el cumplimiento medio oscilando en el rango de 70% y 85%.
- Mediante un conteo de la cantidad de calificaciones satisfechas e insatisfechas para cada una de las directrices por niveles de impacto se evidencia que a excepción del resultado en el Impacto 3 existe una superioridad de satisfacción en cuanto a la usabilidad del portal web. Resaltando el cumplimiento de un mayor número de directrices para el impacto de nivel 4 y 5, aspecto importante pues significa un menor problema en la facilidad de uso del portal web (ver Fig. 5).

Dar cumplimiento a las directrices con mayor impacto es mucho más importante pues independientemente del concepto de usabilidad al que responden, afectarán directamente hacia la experiencia del usuario, garantizando que los visitantes permanezcan durante mayor tiempo en el portal web y posiblemente evitando problemas de rebote, es decir, visitas de corta duración que pierden el interés después de visitar tan solo una página del sitio.

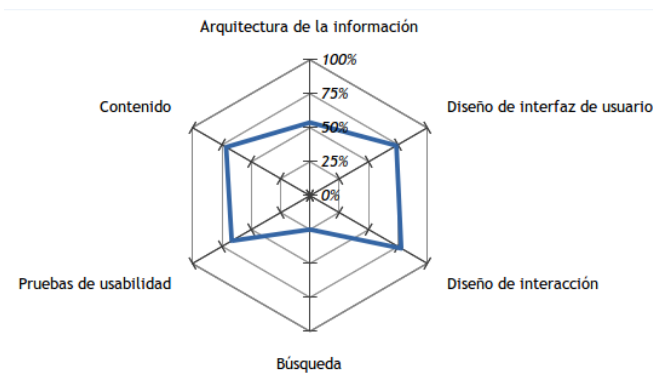


Figura 4. Diagrama de red de evaluación heurística.

Fuente: "Los autores".

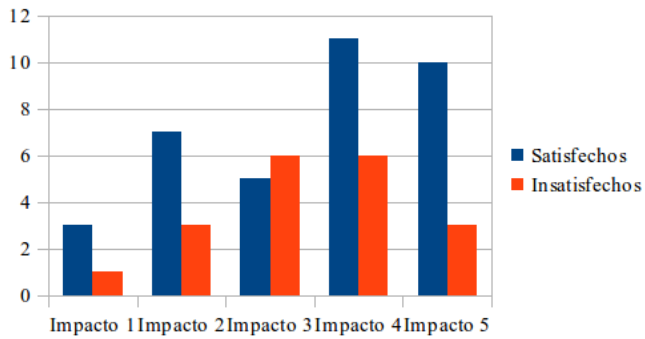


Figura 5. Diagrama de barras de impacto vs. calificación de directrices en usabilidad web.

Fuente: "Los autores".

Tabla 10.

Resumen de resultados de evaluación de jugabilidad

Faceta	Calificación neta	Preguntas	Respuesta	Calificación
Jugabilidad Intrínseca	-1	7	7	43%
Jugabilidad Mecánica	-1	7	7	43%
Jugabilidad Interactiva	-3	7	7	29%
Jugabilidad Artística	3	7	7	71%
Jugabilidad Intrapersonal	1	7	7	57%
Jugabilidad Interpersonal	3	7	7	71%
Calificación final				52%

Fuente: "Los autores".

3.4. Jugabilidad del videojuego

Para realizar la evaluación de la usabilidad del videojuego se identifica varias etapas teniendo en cuenta que ésta no es una medida suficiente que permita describir la satisfacción de los jugadores y se debe ampliar con atributos y propiedades que describan la experiencia de juego dentro de un sistema de ocio electrónico, es decir, jugabilidad.[10] Las directrices comúnmente utilizadas para ambientes web no aplican con certeza debido a las propias características de los videojuegos, por tanto, se aborda el análisis desde el cruce de variables: en un lado las capas de su arquitectura y del otro una serie de facetas con atributos específicos que permiten identificar la jugabilidad del videojuegos.

Para el registro de la evaluación se construyó una plantilla con 6 facetas de jugabilidad, divididas a su vez en atributos y directrices, la Tabla 10 presenta el resultado de la información relevante de acuerdo al proceso de evaluación realizado.

Se evidencia una muy baja calificación a nivel general y especialmente para las facetas intrínseca, mecánica e interactiva, ocasionado principalmente por varios factores para lo cual se aborda desde cada faceta para hacer claridad en los puntos específicos que lo ocasionan.

- Para la jugabilidad interactiva se justifica teniendo en cuenta que la concepción del juego se establece para funcionamiento en plataforma web a través de un navegador de uso común, por lo cual se omite la configuración de nuevos controles y plataformas.

- Para la jugabilidad mecánica tiene puntos negativos que hacen referencia a carencia de implementación de características del juego con relación a mecanismos de juego habituales, más no hacen referencia a carencias o deficiencias del motor de desarrollo (Godot Engine).
- Para la jugabilidad intrínseca se evidencia que el juego responde a la ejecución de una misión que responda a la complementación del aprendizaje de las aplicaciones del software, sin embargo es necesario con nivel prioritario agregar opciones al jugador que le permitan conocer el progreso del jugador y la temática que se ha ido abordando durante su práctica.

La Fig. 6 muestra el comportamiento de todas las facetas, las cuáles a partir del análisis previo se puede inferir las acciones que se debe tomar para solucionar algunas de ellas.

Se hace necesario cruzar la evaluación con las capas de la arquitectura para categorizar los campos de acción que permitan priorizar las actividades que se deben abordar en futuras implementaciones de mejoramiento (ver Tabla 10).

Con base en la relación se hace evidente la necesidad de abordar la interfaz de juego, pues su mejoramiento repercute en cada una de las facetas de jugabilidad, destacando el hecho que las tres de calificación más baja interactúan en su totalidad con cada una de las capas, posteriormente se debe intervenir sobre el motor de desarrollo y por última sobre la mecánica de juego, aunque para esta capa se podría retrasar aún más pues las facetas intrapersonal e interpersonal son más subjetivas y dependen de la percepción del usuario como individuo y como grupo alrededor de una solución

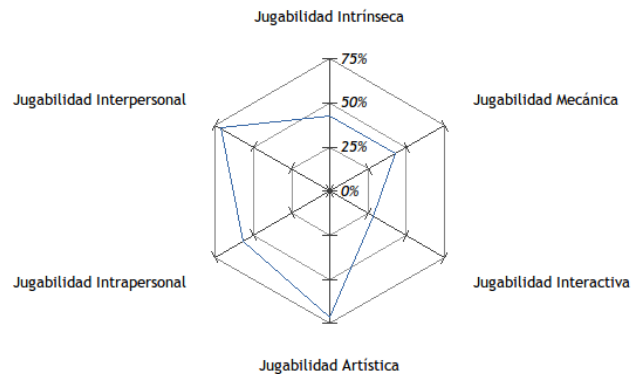


Figura 6. Diagrama de red evaluación jugabilidad.

Fuente: "Los autores".

Tabla 11.

Relación de intervención de facetas en jugabilidad por conceptos de la arquitectura de videojuegos

	Jugabilidad					
	Intrínseca	Mecánica	Interactiva	Artística	Intra-personal	Inter-personal
Interfaz de juego	X	X	X	X	X	X
Motor de desarrollo		X	X	X		
Mecánica de juego	X				X	X

Fuente: "Los autores".

4. Discusión y conclusiones

El análisis del software libre disponible para la implementación de un portal web para apoyo en el proceso colaborativo de desarrollo de un videojuego para la enseñanza de la Ingeniería de Software permitió evidenciar la gran cantidad de recursos libres que se encuentran a disposición, con comunidades prestas a brindar soporte y solución a las múltiples dificultades que se puedan presentar durante su utilización.

La selección concienzuda del software libre a utilizar teniendo en cuenta el propósito principal del portal web y el videojuego permitió reducir los tiempos de implementación para ambas soluciones.

El análisis de la evaluación heurística realizado para identificar el nivel de usabilidad en el portal web mediante los lineamientos de Gobierno en Línea del Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones permitió establecer los puntos de partida para una siguiente iteración de mejoramiento del software.

Hay insuficiencia de material gráfico que satisfaga los requerimientos planteados para el desarrollo del videojuego y a su vez sea publicado bajo licenciamiento libre.

Los lineamientos y metodologías en usabilidad para Gobierno en Línea son una herramienta importante y en continuo crecimiento, que gracias a la incorporación de una escala de impacto ofrece una visión más clara que permite establecer prioridades para el tratamiento y cumplimiento de sus directrices.

El software libre puede ser utilizado como única solución para la ejecución de proyectos y la implementación de sus sistemas.

A través de portales web es posible la centralización de la información dentro de cualquier proyecto de desarrollo, además de convertirse en un pilar para la construcción del trabajo colaborativo gracias a las características inherentes del software libre.

Referencias

- [1] González, J., Seoane, J. and Robles, G., Introduction to free software. Universitat Oberta de Catalunya, Eureka Media, Barcelona, España. FUOC XP07/M2101/02708. 2008
- [2] Wikipedia. List of content management systems. [en línea]. [Consultado: 10 de julio de 2017]. Disponible en: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_content_management_systems
- [3] Wikipedia. List of wiki software. [en línea]. [Consultado: 06 de julio de 2017]. Disponible en: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_wiki_software
- [4] Wikipedia. Comparison of Internet forum software. [en línea]. [Consultado: 04 de junio de 2017]. Disponible en: https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_Internet_forum_software
- [5] Wikipedia, List of game engines. [en línea]. [Consultado: 02 de agosto de 2017]. Disponible en: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_game_engines
- [6] Slant. 100 best 2D games engines as of 2017. [en línea]. Disponible en: <https://www.slant.co/topics/341/~best-2d-game-engines>
- [7] Carvajal, M. y Saab, J., Lineamientos y metodologías en usabilidad para gobierno en línea. Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. República de Colombia. Colombia. [en línea]. [Consultado: Agosto 2010]. Disponible en: http://estrategia.gobiernoenlinea.gov.co/623/articles-8237_guia_usabilidad.pdf

- [8] Travis, D., 247 web usability guidelines. Userfocus. [en línea]. [Consultado: 12 de abril de 2016]. Disponible en: <https://www.userfocus.co.uk/resources/guidelines.html>
- [9] González, M., Pacual, A. y Lores, J., Evaluación Heurística. Universitat de Lleida. [en línea]. [Consultado: 15 de octubre de 2006]. Disponible en: <http://interaccion2011.m.aipo.es/libro/pdf/15-Evaluacion-Heuristica.pdf>
- [10] González, J., Padilla, N., Gutiérrez, F.y Cabrera, M., Laboratorio de Investigación en Videojuegos y E-Learning. Universidad de Granada. España. [en línea]. 2008. Disponible en: <http://lsi.ugr.es/juegos/articulos/interaccion09-jugabilidad.pdf>

F.I. Maya-Sarasty, recibió el título de Ing. de Sistemas en 2008 de la Universidad Mariana, Pasto, Colombia. Ha trabajado en implementación de sistemas de software para diferentes empresas del sector, salud y educación. Actualmente es aspirante al título de Maestría en Software Libre de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia. Sus intereses investigativos incluyen: desarrollo de software para plataformas web, desarrollo de videojuegos e implementación de sistemas virtuales de aprendizaje. ORCID: 0000-0003-4030-6031

D. Arenas-Seleey, es docente y director académico de posgrados a nivel de especialización y maestría de la Facultad de Ingeniería en la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia. Recibió el título de Ing. de Sistemas de la Universidad Industrial de Santander en 1987. Se formó como Esp. en Ingeniería de Software de esta misma universidad en el año 1994. Alcanzando el nivel de MSc. en Ciencias Computacionales del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México, en 1998. ORCID: 0000-0003-3697-3835