

# Solución de problemas y percepción de la carrera en un curso de introducción a la ingeniería mecánica

Lesmes Antonio Corredor-Martínez <sup>a</sup> & Karla Judith De La Hoz-Del Villar <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Ingeniería, Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. lcorredo@uninorte.edu.co

<sup>b</sup> Centro para la Excelencia Docente Uninorte, Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. kdelvillar@uninorte.edu.co

**Resumen**—Este artículo, basado en el capítulo “Introducción a la Ingeniería Mecánica: cómo llegan los de primer ingreso” del libro “Transformar para educar 5” de la Universidad del Norte, presenta una investigación realizada con el objetivo de conocer el pensamiento creativo y crítico para la solución de problemas, así como la percepción de los estudiantes de Introducción a la Ingeniería Mecánica hacia esta carrera. Se basa en una metodología mixta en la que aplicó protocolos de observación de clase, cuestionario sobre percepción y expectativas, se generaron problemas cotidianos para su debate y desarrollaron por grupos un proyecto de diseño. Finalmente, se concluye que los estudiantes plantean más soluciones innovadoras, detalladas y complejas ante situaciones que les resultan cotidianas; que las preguntas provocadoras les incita a cuestionar sus paradigmas y a construir posturas mejor argumentadas, y que la elección de carrera se debe a su afinidad con las matemáticas y a la percepción positiva que tienen de esta disciplina para resolver problemas globales.

**Palabras Clave**— Pensamiento crítico; pensamiento creativo; percepción de la carrera.

Recibido: 30 de mayo de 2017. Revisado: 22 de septiembre de 2017. Aceptado: 10 de octubre de 2017

## Problem solving and career perception in an introduction to mechanical engineering course

**Abstract**— This article, based on the chapter “Introducción a la Ingeniería Mecánica: cómo llegan los de primer ingreso” of the book Transformar para educar 5 of the Universidad del Norte, presents a study is to know the creative and critical thinking for the solution of problems, as well as the perception of the students of Introduction to Mechanical Engineering towards this career. It is based on a mixed methodology in which it applied protocols of observation of class, questionnaire about perception and expectations, daily problems were generated for its debate and developed by groups a design project. Finally, it is concluded that the students pose more innovative, detailed and complex solutions to situations that are daily; That provocative questions incite them to question their paradigms and to construct better argued positions, and that the career choice is due to their affinity with mathematics and the positive perception they have of this discipline to solve global problems.

**Keywords**—Critical thinking; creative thinking; career perception.

## 1. Planteamiento del problema

La asignatura de Introducción a la Ingeniería Mecánica en la gran mayoría de las Universidades de primer nivel en el mundo, se convierte en un escenario en el que el estudiante tiene su primera experiencia de diseño en ingeniería, con una intensidad semanal no inferior a tres horas. Sin embargo, en la

Universidad del Norte la asignatura ha tenido una reducción en el tiempo que se le dedica, y se ha venido utilizando para informar a los estudiantes sobre generalidades de la universidad y del programa. Es por ello, que el docente con la intención de aprovechar al máximo las horas de clase, ha buscado despertar en el futuro ingeniero mecánico su interés por la disciplina y mostrarles su proyección hacia el mundo laboral y empresarial globalizado.

El intentar emular la práctica de esta asignatura en las universidades referentes en ingeniería a nivel global, obligó al docente a replantear el curso completamente. De esta forma, introdujo actividades orientadas a potenciar el pensamiento crítico y creativo, mediante el desarrollo de un proyecto a lo largo del curso, consistente éste en el diseño y construcción de un dispositivo innovador para la poda de árboles autóctonos. Esta es una orientación desde la síntesis que es la base del proceso de creación en ingeniería, de igual forma desde el análisis, se recurrió a la exploración y entendimiento del funcionamiento y aplicación de los conceptos de transformación de movimiento y energía impartidos con el apoyo de un perro mecánico el cual tiene gran parte de los componentes usados en las máquinas diseñados por los ingenieros mecánicos.

## 2. Revisión de la literatura

### 2.1. Sobre la creatividad

La creatividad es, según Guilford [1] una actividad intelectual que hace parte del pensamiento divergente, y se refiere al tipo de pensamiento que, frente a un problema específico permite formular distintas alternativas de solución. Este pensamiento es considerado por Franco, Butler, & Halpern [2] un recurso fundamental para la resolución de problemas de distinta naturaleza, debido a las competencias que lo integran y su relación con el desenvolvimiento exitoso en la cotidianidad.

Torrance [3], por su parte, definió la creatividad como un proceso en el que se revelan problemas, se formulan ideas, se establecen hipótesis, se experimentan y se encuentran resultados. Con base en los trabajos realizados por Guilford,

**Como citar este artículo:** Corredor-Martínez, L.A and De La Hoz-Del Villar, K.J., Solución de problemas y percepción de la carrera en un curso de introducción a la ingeniería mecánica. Educación en Ingeniería, 13(25), pp. 20-27, Febrero, 2018.

Torrance elaboró un test para medir la creatividad, que evalúa el pensamiento divergente para la solución de problemas teniendo en cuenta los siguientes componentes:

*Fluidez*, relacionado con el número de ideas que pueden generarse para resolver un mismo problema; *flexibilidad*, que se refiere a la posibilidad de hacer modificaciones para resolver un problema y sus variantes; *originalidad*, relacionado con el planteamiento de soluciones novedosas y poco comunes, y finalmente, la *elaboración* que tiene que ver con el grado de detalle y organización con el que se elabora y se piensa una idea creativa.

## **2.2. Sobre la estrategia de Ambientes de Aprendizaje Naturalmente críticos**

Los Ambientes de Aprendizaje Naturalmente Críticos son según Bain [4] entornos espontáneos que despiertan la atención de los estudiantes, suscitan espacios para la defensa de posturas y el análisis a partir de las evidencias.

En estos ambientes, el profesor realiza a los estudiantes preguntas intrigantes y provocadoras para que los estudiantes exploren hechos o fenómenos, realicen operaciones mentales como el análisis, la evaluación, la síntesis, la comparación y la aplicación a la vida real; apoya a los estudiantes para encontrar respuestas a las preguntas y les brinda herramientas para que puedan seguir aprendiendo de forma autónoma.

Por su parte, los estudiantes lanzan respuestas o juicios con la intención de probar, fallar y recibir retroalimentación por parte del profesor; se apoyan entre compañeros para resolver los problemas; reafirman sus formas de ver y entender el mundo, confían en sus posibilidades de aprendizaje y en la relevancia de sus trabajos.

Almeida y Franco [5] señalan dos componentes que constituyen el pensamiento crítico: competencias y disposiciones. Las primeras se refieren a los procesos de razonamiento verbal, búsqueda de evidencias, análisis de puntos de vista, argumentación de las creencias personales, diferenciación entre opiniones, hechos, planteamiento o validación de hipótesis, toma de decisiones y solución de situaciones problemáticas [6-8]. Las segundas, son las dimensiones que posibilitan o entorpecen la puesta en marcha de las competencias del pensamiento crítico, tales como el compromiso con el aprendizaje propio, el esfuerzo para comprender y adoptar puntos de vista diferentes, la apertura a la crítica y la retroalimentación, la disposición para la reflexión, la toma de decisiones y la solución de problemas que le permitan lograr lo que se ha propuesto [9,10]

Pensar críticamente implica la capacidad de buscar distintas fuentes de información, y valorar cuál de estas es la más válida y relevante para luego utilizarlas en la toma de decisiones para la solución de problemas de la mejor forma posible [11].

## **2.3. Investigaciones relacionadas**

Una investigación realizada por Godwin, Potvin, Hazari y Lock [12] con estudiantes de ingeniería matriculados en cursos introductorios, la cual tuvo como objetivo investigar cómo las identidades de los estudiantes relacionadas con la matemática y la física y sus creencias sobre el alcance de la ciencia para resolver problemas del mundo predicen la elección de la

ingeniería como carrera profesional, encontró que estas identidades tienen estrecha relación con la elección de la ingeniería y que el interés por temas relacionados con físicas y matemáticas son predictores de esta opción de carrera. Se encontró además que las creencias de los estudiantes sobre cómo será el rendimiento/competencia en esta carrera son negativas al ingresar, pero influyen en el interés y el reconocimiento de otros.

Dentro de las ideas concluyentes de esta investigación se destaca que para comprender la elección de carrera de los estudiantes es necesario tener en cuenta sus creencias afectivas y expectativas que lo motivan en su elección y que las identidades de los estudiantes relacionadas con los temas de físicas y matemáticas son el recurso que tienen antes de ingresar a estudiar estas carreras en la universidad, por lo que estas identidades son las que deben desarrollarse en los estudiantes antes de iniciar carrera en ingenierías, así como aquellos que ven aplicación práctica de la ingeniería para resolver problemas y mejorar el mundo, son más proclives a preferir la ingeniería como carrera profesional.

Otra investigación realizada por Ortiz, García, y Machín [13] tuvo como objetivo estimular la creatividad en estudiantes de un curso de Elementos de máquinas de la carrera de Ingeniería Mecánica a través de experiencias alternativas durante las clases tales como planteamiento de problemas, trabajos grupales y estrategias para generar ideas. Esta experiencia permitió motivar el estudio del curso e implicarse en el diseño de gran complejidad, así como conocer el estado de la creatividad de cada uno de los estudiantes en relación a cuatro indicadores (originalidad, fluidez, flexibilidad y elaboración) y reflexionar sobre las características de un ingeniero mecánico para gestar cambios desde su profesión, así como motivar el estudio del curso.

## **3. Diseño de la Investigación de aula**

### **3.1. Metodología**

La investigación se caracterizó por ser mixta. Se hizo uso de técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos tales como protocolos de observación desde el cualitativo y cuestionarios y rúbricas desde el cuantitativo, los cuales permitieron dar cuenta de cómo transcurren las experiencias de clase, las interrelaciones que allí se tejen, los cuestionamientos, las disyuntivas, los paradigmas que se construyen y se de construyen, así como explorar y evaluar en profundidad las variables del estudio [14].

### **3.2. Muestra**

La población con la que se trabajó estuvo conformada por 26 estudiantes de primer semestre del curso de Introducción a la Ingeniería Mecánica, de los cuales el 19% son mujeres y 81% son hombres con edades que oscilan entre los 16 y 19 años. De los estudiantes encuestados, sólo el 3.8% proviene de cambio de programa, el 23% estudia con apoyo de los padres de familia, otro 23% lo hace por medio de una beca y el 19% lo hacen a través de un crédito. La gran mayoría de este grupo de estudiantes proviene de colegios de estratificación media-alta.

#### 4. Descripción de la intervención

La experiencia investigativa realizada con 26 estudiantes del curso de Introducción a la Ingeniería Mecánica, estuvo orientada a explorar el pensamiento creativo y la percepción hacia la carrera de dichos estudiantes a través de la metodología de Ambientes de Aprendizaje Naturalmente Críticos desarrollada por Ken Bain, que consiste en la creación de espacios de aprendizaje que en sí mismo propicien el interés en los estudiantes para asumir puntos de vista, hacerse preguntas, explicar con argumentos, tomar decisiones y validar o refutar paradigmas para comprender fenómenos y resolver situaciones problema.

Las sesiones de clase desarrolladas con los estudiantes fueron de una hora semanal. En la primera sesión se les planteó una situación problema a la que se apuntaría cada una de las actividades que se realizarían desde la clase. Ésta fue el problema de cómo crear un instrumento que permitiera podar los árboles y que fuese de bajo costo, práctico y que no pusiera en riesgo la vida de quien hace uso de éste. En cada una de las sesiones siguientes se les planteaba a los estudiantes preguntas provocadoras que permitieran llevar a los estudiantes a descubrir todo lo que necesitarían saber para la construcción del instrumento, se les proponían situaciones problemas frente a las cuales debían plantear distintas alternativas de solución, hacer hipótesis, etc. A continuación, se detallas algunas de las sesiones de clase más relevantes:

*Sesión 1:* En esta primera sesión se trabajó la temática de las máquinas, los tipos de engranaje y las transformaciones de movimiento que hay en éstas, frente a los cuales los estudiantes plantearon y resolvieron preguntas con ayuda del docente tales como ¿Qué es una máquina? ¿Cómo funcionan las máquinas? ¿Cuáles son las características comunes entre las máquinas? ¿Dónde hay máquinas en la vida real? Asimismo, los estudiantes intervinieron haciendo comentarios de sus experiencias cercanas con máquinas de las que disponen en su casa tales como aires acondicionados, abanicos, televisores, etc. Al finalizar se le hizo un quiz de dos preguntas a los estudiantes sobre la temática que se había trabajado y se les propuso como actividad extracurricular revisar con detalle un ventilador y explorar su funcionamiento.

*Sesión 2:* Esta clase tuvo como objetivo analizar el movimiento a partir de un muñeco mecánico. Para ello, los estudiantes con un perro mecánico que llevaron por grupos, hallaron la potencia en vatios, descubrieron cuántas transformaciones del movimiento y los tipos de engranaje de esta pequeña máquina. Mientras los estudiantes trabajaban en grupo los problemas que se habían planteado entre todos, el profesor recorría cada uno de estos grupos para orientar la exploración de la máquina y la solución de las preguntas realizadas. Por grupo, explicaron el procedimiento que realizaron para hallar los voltios del motor, se les explicó los diferentes métodos de medición, las formas para hacerlo y los aparatos que se necesitan. Como es evidente, hubo una clara conexión entre el contenido teórico trabajado en la clase anterior con la experiencia práctica desarrollada en esta clase. Finalmente se hicieron comentarios finales de la experiencia donde los estudiantes reconocieron que tuvieron dificultades para entender la diferencia entre medir y calcular, para hacer las

mediciones porque no tenían instrumentos y no sabían cómo hacerlo, pero que fue muy valioso el experimento porque nunca antes habían hecho algo parecido y que hasta el momento había sido la experiencia más cercana que habían tenido de su carrera de Ingeniería Mecánica.

*Sesión 3:* Para esta clase, los estudiantes debían haber revisado el plan de estudios de Ingeniería Mecánica e identificar las asignaturas que creen necesitar para construir un perro mecánico como el que habían trabajado en la sesión anterior y que, a su vez, les eran útiles para construir la herramienta de la poda. Durante la clase, se llamó a un representante de cada grupo a compartir el trabajo de articulación que habían realizado con el plan de estudios. Mencionaban la asignatura y exponían las razones por las que consideraban que esa materia sería útil para lo fines planteado. Al finalizar, se enfatizó igualmente en el componente de formación básica de la malla en donde el componente socio humanístico juega un papel fundamental en la creación de máquinas, en la medida que se valora el efecto positivo o negativo de un artefacto para el hombre y el medio ambiente y su sostenibilidad.

*Sesión 4:* Para esta sesión, se tuvo como objetivo la exploración de distintas alternativas de solución ante un problema. Por ello, se les facilitó un esquema como se muestra en la Fig. 1.

Inicialmente cada estudiante evaluó el problema del cambio climático y diligenció el esquema facilitado. Luego, por grupos realizaron un listado de todas las alternativas de solución al problema, teniendo en cuenta que fuesen lo más novedosas y distintas entre ellas. Al finalizar la clase cada grupo compartió lo realizado, lo que se prestó para un debate entre docente-estudiantes y estudiantes-estudiantes en la medida que se evaluaba la viabilidad de las propuestas.

Para el desarrollo de los trabajos de clase se hizo uso de varias herramientas de apoyo como los mapas conceptuales para el tema del cambio climático y sus posibles soluciones; Power Matrix Game, el juego de las energías renovables en donde los estudiantes debían tomar una posición, sea ésta *verde* donde se hace uso de los recursos renovables para obtener energía, *moderada* donde se hacen uso de recursos renovables y no renovables, o *conservadora* donde se hace uso exclusivo y excesivo de los no renovables, para construir una ciudad; un perro mecánico para la clase de tipos de movimiento y engranajes; el uso de facturas de servicios públicos como la energía eléctrica; se puso a disposición de los estudiantes

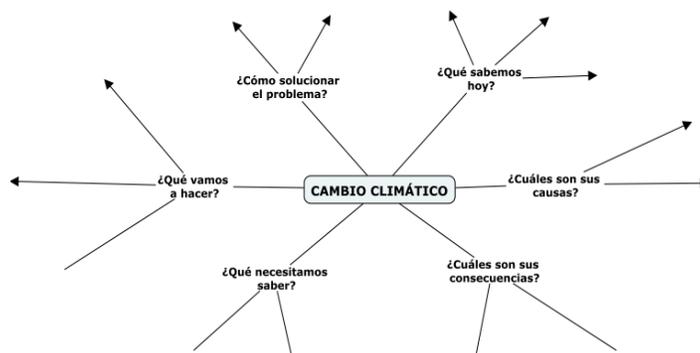


Figura 1. Esquema de Mapa mental sobre el cambio climático entregado a los estudiantes

Fuente: Los autores

el laboratorio de diseño, Fischertechnik y plataformas similares; el préstamo de multímetro y tacómetro para hallar potencia de accionamiento del motor eléctrico y el régimen de giro de cada uno de los componentes de un perro mecánico.

## 5. Resultados

### 5.1. Encuesta

La encuesta, que constó de 50 ítems puntuados de 1 a 5, los cuales fueron agrupados en once categorías para su análisis, fue proporcionada por el Centro para la Excelencia Docente Uninorte (CEDU) desde una investigación paralela que se realizó desde este centro con los profesores de las clases introductoras de ingeniería. El objetivo de la aplicación de esta encuesta fue Identificar las percepciones y motivaciones de los estudiantes hacia su carrera.

De los resultados de esta encuesta se obtuvo que la mayoría de los estudiantes piensan que los ingenieros son innovadores, creativos, han contribuido a la solución de muchos problemas, estudian esta carrera porque les gusta conocer el funcionamiento de las cosas, consideran que es un oficio respetado por la gente, que el papel de la tecnología es fundamental para resolver muchos problemas y que les gusta la imagen que les da el estudiar ingeniería. Esto quiere decir que su impresión acerca de la ingeniería resulta ser muy positiva porque consideran la relevancia de su campo de estudio para solucionar muchos problemas de la sociedad, además de que les gusta cómo es percibido social y profesionalmente el ser ingeniero.

Sobre las percepciones acerca de la profesión del ingeniero, los estudiantes esperan que les resulte gratificante y satisfactorio; consideran que tiene más ventajas que desventajas y que el esfuerzo al estudiarla valen la pena en un futuro; a todos les llama la atención estudiar esta carrera, les resulta interesante hacerlo salvo algunos de ellos que no descartan la posibilidad de cambiarse de carrera. Esto quiere decir que, en su mayoría, los estudiantes tienen una percepción positiva y les resulta interesante la carrera de ingeniería.

En relación a los aspectos financieros asociados a la ingeniería, consideran que en general es bien paga, pero no creen que sea la única carrera con la que pueda ganarse mucho dinero; piensan que no será muy difícil encontrar trabajo al egresar, y que su título les garantizará trabajo al graduar. Esto quiere decir que la carrera que han elegido estudiar, les genera cierta confianza y seguridad de su futuro acceso a la vida laboral y que, además, recibirán un buen pago por su trabajo

En cuanto a la contribución de la ingeniería en la sociedad, piensan que es una profesión medianamente preocupada por el bienestar de la sociedad y están más de acuerdo en que más que otros profesionales, contribuyen a que éste sea un mundo mejor. Además, manifestaron que tienen mayor afinidad por temas relacionados con ciencia y matemáticas que con historia o arte.

Los estudiantes también consideran que la ingeniería es una ciencia exacta, que implica buscar respuestas precisas a los problemas, lo que en general demuestra que tienen conocimiento de la rigurosidad de la disciplina.

En cuanto a aspectos familiares asociados a la elección de la ingeniería como opción profesional, niegan que sus padres

los hicieron estudiar ingeniería, pero que sin embargo en algunas familias hay un deseo de que sean ingenieros, por lo que predomina la libre elección de la ingeniería como carrera influida, en parte, por las familias.

En relación a las habilidades para resolver problemas reconocen no tienen grandes dificultades para hacerlo, que los gustan las situaciones problemas abiertas o con varias alternativas de solución, y que tienen cierto potencial creativo para hacerlo, por lo que en general consideran estar en capacidad de resolver problemas.

Sobre las inclinaciones hacia la carrera se consideran más inclinado a la parte mecánica que a la parte analítica, creen tener claridad sobre lo que hace un ingeniero y no se consideran tan buenos para el diseño.

En cuanto al trabajo académico prefieren estudiar en grupos que solos porque consideran que es mejor, en su etapa escolar no les disgustaba trabajar en grupos y la mayoría de sus grupos de amigos no estudian ingeniería, lo que quiere decir que se sienten cómodos trabajando en grupos y que resultaría ser una estrategia interesante si gran parte de los trabajos derivados de la clase se proponer trabajarse en grupos, así como la creación de grupos de estudio en la carrera.

Sobre los hábitos de estudio adecuados creen que le dedican generalmente buen tiempo al estudio, pero sienten que deben mejorar o cambiar sus hábitos de estudio.

### 5.2. Observación no participante al docente durante las clases

La Fig.2 representa los resultados de la aplicación de un protocolo de observación de clase diligenciado a partir de la observación no participante de uno de los investigadores a tres clases orientadas por el profesor. Este protocolo se aplicó con el fin de identificar, desde la práctica docente, los aspectos esenciales de los Ambientes de Aprendizaje Naturalmente Críticos.

El 80% representa la proporción de criterios que tuvieron una puntuación promedio superior o igual a 2.3 y el 20% restante la proporción de criterios que tuvieron una puntuación promedio entre 1.6 y 2.2.



Figura 2. Gráfica con la proporción de los criterios evaluados en la observación de clases al docente.

Fuente: Los autores

Según la observación de uno de los investigadores, los siguientes criterios se cumplieron en su totalidad durante las tres sesiones de clase desarrolladas por el profesor: “El profesor desarrolla los temas yendo de lo general a lo específico”, “Los alumnos pueden especular mucho antes de conocer algo”, “El profesor desafía (en forma de preguntas o tareas) que retan los paradigmas de los estudiantes” y “El profesor hace preguntas intrigantes, interesantes o importantes partiendo de la vida cotidiana”.

Esto quiere decir que el profesor considera que los estudiantes aprenden mejor de forma deductiva que inductiva, por lo que trabaja las sesiones de clase yendo de lo general a lo específico. De igual forma, reconoce que el profesor da la oportunidad a los estudiantes para probar y especular antes de llegar a las respuestas o soluciones finales de tareas y/o preguntas con las que él mismo reta las capacidades de análisis, razonamiento y creatividad de sus estudiantes, al tiempo que problematiza sus creencias de forma constante acerca de cómo funcionan las máquinas y sus repercusiones reales en el costo de vida de las personas y la sostenibilidad del medio ambiente.

Igualmente, los criterios “Los estudiantes pueden probar, fallar, recibir retroalimentación y tratar nuevamente antes de recibir un juicio (o notas) acerca de su trabajo”, “Pueden colaborar con otros aprendices que lidian con los mismos problemas”, “Ocasionalmente los estudiantes aceptan que sus paradigmas no son funcionales” y “Los estudiantes parecen percibir justicia en la forma de calificar del profesor”, se cumplen en alto grado debido a que el profesor le permite a los estudiantes tantear, equivocarse, pedir su revisión y la oportunidad de volverlo a intentar cuando les resulta difícil responder a las situaciones problema que les plantea. Asimismo, les da la posibilidad de trabajar en grupo durante la clase, hacer cada uno sus propuestas, discutir soluciones hasta llegar a un consenso, recibiendo su seguimiento y orientación constante. Debido al proceso previo para la solución del problema, los estudiantes tienen la posibilidad de analizar sus puntos de vista, evaluarlo, pensarlo de forma crítica y razonarlos con la evidencia para al final explicar con argumentos si lo que pensaban antes del proceso de análisis era posible y funcional.

Con respecto a la percepción de los estudiantes sobre la forma de calificar del profesor, les parece bastante justa debido a que éste les da la oportunidad de hacer segundas entregas mejoradas, participar de otras actividades académicas para mejorar sus calificaciones, resolver las actividades de clase en grupo, pedir su explicación y retroalimentación durante las actividades evaluativas en la clase, por lo que los estudiantes muestran satisfacción con la flexibilidad para ser evaluados durante las actividades distintas a los exámenes.

Por su parte, el criterio “Es notable que el profesor toma en consideración el trabajo de cada estudiante” se cumple medianamente a causa del poco tiempo para desarrollar las actividades. La asignatura de Introducción a la Ingeniería Mecánica se desarrolla en una hora de clase semanal y tiene inscritos veintiséis estudiantes, por lo que no es posible darle la oportunidad a cada estudiante o a gran parte de ellos para exponer o compartir sus trabajos o intervenciones por el poco tiempo del que se dispone. Asimismo, se observó que el profesor tiene identificados en el salón de clase a ciertos

estudiantes que por su rendimiento académico, asistencia y actitud durante las clases, solicita su participación con mayor frecuencia en comparación con otros estudiantes.

Igualmente, el criterio “Los estudiantes obtienen apoyo (asistencia emocional, física e intelectual) cuando la solicitan” se cumple medianamente pues si bien el profesor ofrece su apoyo para el desarrollo de ciertas experiencias, esto no se observa por ejemplo en las actividades evaluativas como los exámenes. La asistencia emocional es reducida debido a que el profesor se dirige siempre a los estudiantes con firmeza, resultando ser de muy poco apoyo emocional para los estudiantes que esperan, en algunas ocasiones, respuestas más reconfortantes.

### 5.3. Observación de los estudiantes a la dinámica de clases

La Fig. 3 representa los resultados de un protocolo de observación de clase diligenciado por los estudiantes luego de una clase de Introducción a la Ingeniería Mecánica. Este protocolo se aplicó con el fin de identificar la percepción de los estudiantes sobre las clases orientadas desde la estrategia de Ambientes de Aprendizaje Naturalmente Críticos.

El 75% representa la proporción de criterios que tuvieron una puntuación promedio superior o igual a 2.3 y el 25% restante la proporción de criterios que tuvieron una puntuación promedio entre 1.6 y 2.2.

Según la percepción de los estudiantes sobre el profesor y la metodología que utiliza, el criterio “En la clase puedo trabajar en grupo con mis compañeros sobre un problema o pregunta” se cumple en su totalidad debido a que el profesor generalmente propicia espacios de trabajo en grupo para la discusión de situaciones problemas propuestas. Los criterios “Pienso que puedo aprender bien en esta asignatura” “El profesor nos hace preguntas que me parecen muy interesantes o importantes” y “El profesor nos propone resolver problemas que nos parecen interesantes o importantes” se cumplen también en alto grado debido a que el profesor les plantea frecuentemente preguntas retadoras que cuestionan los paradigmas de los estudiantes y movilizan sus procesos de pensamiento.

El criterio “Siento que el profesor confía en que podemos aprender (en ésta y otras materias)” se cumple satisfactoriamente según los estudiantes, debido a que sienten



Figura 3. Gráfica con la proporción de los criterios de la clase evaluados por los propios estudiantes.

Fuente: Los autores

que el profesor cree en sus capacidades y habilidades para desempeñarse en la materia de Introducción a la Ingeniería Mecánica. El criterio “creo que el profesor es justo y honesto al calificar nuestros trabajos, tareas o exámenes” se cumple plenamente debido a la percepción positiva y justa que tienen sobre la forma en que les califica el profesor, así como el criterio “Siento que he aprendido lo básico de cómo es esta ingeniería y de qué trata” pues consideran que han tocado los conocimientos de la línea base del programa necesarios para desempeñarse durante la carrera.

En el criterio “en la clase aprendemos desde la práctica, con ejemplos de la vida cotidiana, del mundo que vivimos” se cumple en alto grado debido a que los estudiantes reconocen los esfuerzos del profesor por conectar su vida cotidiana con los conocimientos puros de la ingeniería mecánica para empezar a entender los fenómenos cotidianos desde la disciplina en estudio. Asimismo, el criterio “siento que el aprendizaje depende mucho de mí y no solo del profesor que me tocó” se cumple satisfactoriamente porque los estudiantes reconocen su compromiso para con su propio aprendizaje sin que éste dependa exclusivamente del profesor que les fue asignado.

Se cumplen en alto grado los criterios “el profesor nos brinda varias oportunidades para demostrar lo que sabemos, antes de colocar una nota”, “para el profesor cada trabajo o tarea que hacemos es importante” “El profe nos hace preguntas que nos confrontan o que confrontan lo que sabemos”, “el profesor nos explica mejores formas de entender el mundo”, “las buenas notas en la materia se logran con esfuerzo y dedicación. No dependen tanto de la inteligencia” y “en las clases acepto que he estado equivocado respecto a cómo entiendo los temas”, a razón de los distintos momentos que el profesor propicia a los estudiantes para discutir los temas y exponer sus argumentos y puntos de vista; les otorga relevancia a cada actividad o trabajo que se les coloca como parte de la clase pues si bien hay un gran proyecto final, cada una de las actividades que se realizan durante la clase tributan en aprendizajes para la ejecución de dicho proyecto; las preguntas que formula les cuestiona frente a sus paradigmas y creencias, por lo que les exige gran capacidad de análisis y razonamiento; consideran que el profesor explica distintas y prácticas formas de entender los fenómenos de su cotidianidad, especialmente desde el cuerpo de conocimiento de la Ingeniería mecánica y, que depende del compromiso e involucramiento de cada uno de ellos, la posibilidad de comprender mejor el campo disciplinar y las aplicaciones de este en su cotidianidad.

Por otro lado, los criterios “luego de cada actividad o examen el profesor nos dice que hicimos bien y qué hicimos mal”, “en la clase, especulamos sobre cómo y porqué ocurren las cosas, antes de que el profesor lo explique”, “cuando tengo alguna dificultad con la asignatura, me siento apoyado por el profesor”, “siento que en ésta clase puedo probar y fallar sin temor a equivocarme” y “los estudiantes que les va bien en ésta materia es porque son más inteligentes que los que les va mal” se cumplen aceptablemente según la percepción de los estudiantes, debido a que luego de la entrega de algunos exámenes y trabajos, no reciben retroalimentación por parte del profesor; en algunas circunstancias no sienten que el profesor esté siempre dispuesto a apoyarles y ocasionalmente sienten temor por equivocarse al dar sus respuestas por lo que prefieren no participar.

#### 5.4. Rúbrica de evaluación

Las Tablas 1, 2 y 3 presentan la rúbrica elaborada para determinar la presencia de los componentes de la creatividad en los estudiantes:

Tabla 1  
Rúbrica para evaluar el pensamiento creativo

Criterio	Escala de valoración		
	3	2	1
Fluidez	El grupo de estudiantes generó un número elevado de ideas para la resolución de un problema	El grupo de estudiantes generó algunas ideas para la resolución de un problema	El grupo de estudiantes generó muy pocas ideas para la resolución de un problema
Elaboración	El grupo de estudiantes generó ideas con alto nivel de detalle y complejidad	El grupo de estudiantes generó ideas con un nivel medio de detalle y complejidad	El grupo de estudiantes generó ideas con un nivel bajo de detalle y complejidad
Originalidad	El grupo de estudiantes generó ideas bastante diferentes y novedosas entre sí.	El grupo de estudiantes generó ideas medianamente diferentes y novedosas entre sí.	El grupo de estudiantes generó ideas poco diferentes y novedosas entre sí.
Flexibilidad	El grupo de estudiantes realizó muchos ajustes en sus ideas para alcanzar la solución de nuevos problemas	El grupo de estudiantes realizó algunos ajustes en sus ideas para alcanzar la solución de nuevos problemas.	El grupo de estudiantes realizó pocos ajustes en sus ideas para alcanzar la solución de nuevos problemas.

Fuente: Los autores

Tabla 2.  
Resultados de los componentes de la creatividad evaluados en el proyecto de la poda de árboles a partir de una rúbrica

Grupo	Fluidez	Elaboración	Originalidad	Flexibilidad
1	3	1	2	1
2	2	3	2	3
3	3	3	2	2
4	3	2	1	2
5	3	2	2	3
6	2	1	1	1
Promedio	2,7	2,0	1,7	2

Fuente: Los autores

Tabla 3.  
Resultados de los componentes de la creatividad evaluados en el proyecto del cambio climático a partir de una rúbrica

Grupo	Fluidez	Elaboración	Originalidad	Flexibilidad
1	2	2	2	2
2	2	1	2	1
3	3	2	3	2
4	1	1	2	1
5	1	2	2	1
6	1	1	1	1
Promedio	1,7	1,5	2,0	1,3

Fuente: Los autores

## 6. Análisis de resultados

Frente a los problemas específicos de cambio climático y la poda de árboles planteados a los estudiantes, valorando los componentes del pensamiento creativo evaluados se puede decir que la fluidez fue significativa en la primera actividad debido a que, siguiendo los postulados de Torrance, los estudiantes plantearon un número considerable de respuestas o alternativas de solución frente a este problema. Esto quiere decir que muy probablemente los estudiantes se sintieron familiarizados con la temática al no presentar mayores dificultades para generar soluciones diversas al problema.

El componente de elaboración del pensamiento creativo propuesto por Torrance, fue medianamente más significativo en la primera actividad porque generaron soluciones detalladas y complejas al tema de cambio climático teniendo en cuenta mayores elementos, recursos y situaciones emergentes. Asimismo, el componente de flexibilidad fue medianamente significativo en esta actividad puesto que, en el proceso de construcción de las ideas, los estudiantes les fueron realizando ajustes y modificaciones a medida que consideraban mayores detalles como el clima, el ahorro de la energía y el uso de recursos renovables y no renovables. Por último, el componente de originalidad fue mayor durante el proceso de generar ideas novedosas para la solución de la poda, debido a que los estudiantes propusieron ideas muy diversas en el uso de recursos para resolver el problema de la poda.

Si bien, en la actividad del cambio climático hubo mejores resultados en el planteamiento de las ideas, frente al problema de la poda no se obtuvieron los resultados esperados, pues si bien durante el proceso emergieron diversas ideas, al tener que materializarlas en un producto palpable, práctico que se pudiese utilizar para los fines planteados, los recursos de los grupos de estudiantes se agotaron y terminaron presentando el mismo producto industrializado que obtuvieron en una empresa distribuidora de materiales de construcción, ferretería y mejoramiento del hogar.

De estos resultados obtenidos, se puede afirmar que hubo una disposición mental inicial de plantear soluciones diversas y novedosas a los problemas planteados que no se vio reflejada en el desenvolvimiento ante un problema de la cotidianidad como lo es el de la poda de árboles.

De la observación realizada a la clase, se puede resaltar que desde la propuesta de Bain (2006) sobre Ambientes de Aprendizaje Naturalmente Críticos, el docente durante la clase realiza preguntas provocadoras e interesantes a los estudiantes que movilizan sus procesos de pensamiento e incitan a que se cuestionen sus creencias e ideas. Lo particular de estas preguntas es que se desprenden de la vida cotidiana de los estudiantes: ¿Cuánto consume el aire acondicionado de tu casa? ¿Has visto podar un árbol? ¿Cuántos vatios se consumen mensualmente en tu casa? Estas preguntas son ejemplos de las preguntas elaboradas por el docente durante las experiencias de clase observadas. Asimismo, permite a los estudiantes especular y equivocarse para acercarse a las respuestas que según Bain les da la posibilidad de probar, intentar, formular hipótesis y argumentar antes de llegar a la solución de un problema.

De igual forma, la percepción de los estudiantes sobre la clase como ambiente de aprendizaje naturalmente crítico concuerda con lo observado por el investigador a la clase del profesor, en la medida que los estudiantes reconocen que en las clases el profesor les

plantea preguntas y problemas interesantes y provocadoras que los hacen cuestionar sus ideas y paradigmas, consultar y organizar nuevos argumentos que sustenten su postura. Igualmente, reconocen que los aprendizajes durante la clase se realizan partiendo de situaciones de la vida cotidiana y reciben apoyo y acompañamiento oportuno del profesor para la búsqueda de respuestas, funciones que según Bain son pertinentes al docente dentro de estos ambientes, mientras que desde su papel como estudiantes en estos ambientes de aprendizaje, tiene mucho valor el apoyo entre compañeros para resolver los problemas, además de confiar en sus posibilidades y capacidades para aprender, roles que según Bain, son también fundamentales para el desarrollo de estos ambientes.

Sobre los resultados obtenidos de la encuesta de expectativas aplicada a los estudiantes, se puede afirmar que la identificación de los estudiantes con la matemáticas y la física que influye en la decisión de tomar carreras afines planteada por Godwin, Potvin, Hazari y Lock en su investigación, se refleja en la alta calificación que obtuvo el ítem “Me gustan los temas relacionados con ciencia y matemáticas”, y por el contrario una muy baja calificación el ítem de “Disfruto más asignaturas como historia o arte que matemáticas o ciencias”, lo que sustentaría la elección de carrera de este grupo de estudiantes.

De igual forma, las creencias sobre el alcance de la ciencia para resolver problemas del mundo y cómo estas son predictoras de esta elección profesional planteadas también en la investigación de Godwin, Potvin, Hazari y Lock (2016) sustenta también la alta calificación de ítems en los que se afirma que la ingeniería es una profesión preocupada por el bienestar de la sociedad, que contribuye a que éste sea un mundo mejor y a resolver muchos problemas, especialmente con ayuda de la tecnología.

Sin embargo, en contraste con la investigación de estos autores en la que sustentan que las creencias de los estudiantes sobre cómo será su rendimiento en la carrera es negativa al ingresar, la encuesta de expectativa aplicada a los estudiantes indica que sienten confianza en sí mismo de que les irá bien estudiando ingeniería, que les gusta solucionar problemas abiertos o con más de una alternativa de solución y que incluso esperan que les resulte gratificante y satisfactorio estudiarla.

Por último, teniendo en cuenta que la investigación de Ortiz, García, y Machín (2002) estuvo orientada a conocer la creatividad en los estudiantes y a la invitación a la reflexión sobre las características de un ingeniero mecánico y cómo éstas contribuyen a gestar cambios, los resultados de esta encuesta denotan que entre las características que según los estudiantes tienen los ingenieros se encuentra el ser innovadores, creativos, curiosos y que les gusta conocer cómo funcionan las cosas. Asimismo, devela que para los estudiantes estas características son primordiales para el ingeniero mecánico porque son sus recursos para resolver problemas en la sociedad.

## 7. Conclusiones

Las principales conclusiones de esta investigación de aula son las siguientes:

- Hubo una disposición mental inicial por parte de los estudiantes de plantear soluciones diversas y novedosas a los problemas presentados.

- La actitud del docente hacia la clase propició la movilización de proceso de pensamiento e incitó a que los estudiantes cuestionaran sus pensamientos y creencias, así como les permitió formular y probar hipótesis para llegar a la solución de problemas.
- Movilizar el pensamiento creativo de los estudiantes dependerá de la situación problema que se les proponga y el acompañamiento del que dispongan para la materialización de la solución.
- Los ambientes de aprendizaje naturalmente críticos llevaron a los estudiantes a cuestionarse a sí mismos y a sus compañeros para revisar y replantear ideas y argumentos.
- La realización de preguntas provocadoras e interesantes a los estudiantes durante la clase movilizan sus procesos de pensamiento e incitan a que se cuestionen sus creencias e ideas.
- El planteamiento de problemas cotidianos favorece la exploración del problema y el planteamiento de soluciones porque se encuentran familiarizados con las situaciones presentadas.
- Dar a los estudiantes la posibilidad de especular y equivocarse para acercarse a las respuestas les permite probar, intentar, formular hipótesis y argumentar antes de llegar a la solución de un problema.
- La identificación de los estudiantes con las matemáticas y las ciencias es predictor de la decisión para tomar carreras afines tales como las ingenierías.
- Las creencias sobre el alcance de la ciencia para resolver problemas del mundo influyen en la elección de las ingenierías como opción profesional.
- Las creencias de los estudiantes sobre cómo será su rendimiento en la carrera son positivas por cuanto sienten confianza en sí mismo y en sus capacidades y piensan que les irá bien estudiando ingeniería.
- Hizo falta más tiempo de clase para brindar a los estudiantes mayor supervisión y acompañamiento que permitiese conocer los avances, retrocesos o estancamientos que pudieron tener en el proceso.
- Hizo falta mayor compromiso y empeño por parte de los estudiantes para llevar a cabo el proyecto de la poda planteado.

## Referencias

- [1] Guilford, J., Creativity. *The American Psychologist*, 5(9), pp. 444-454, 1950. DOI: 10.1037/h0063487
- [2] Franco, A.H.R., Butler, H.A. and Halpern, D.F., Teaching critical thinking to promote learning. In: Dunn, D.S., (Ed.), *The Oxford Handbook of Undergraduate Psychology Education*. New York, NY: Oxford University Press, 2014.
- [3] Torrance, E.P., *The Torrance tests of creative thinking - Norms - Technical Manual Research Edition*. Princeton, NJ: Personnel, 1974.
- [4] Bain, K., *Lo que hacen los mejores profesores de universidad*. Universidad de Valencia, 2006.
- [5] Almeida, L.S. and Franco, A., Critical thinking: Its relevance for education in a shifting society. *Revista de Psicología*, 29(1), pp. 175-195, 2011.
- [6] Facione, P.A., Critical thinking: What it is and why it counts. *Insight assessment*, 2010.
- [7] Halpern, D.F., The nature and nurture of critical thinking. In: Sternberg, R.J., Roediger, H.L. and Halpern, D.F., (Eds.), *Critical thinking in psychology*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2006, pp. 1-14.

- DOI: 10.1017/CBO9780511804632.002
- [8] Hussein, C.L., Eficiência de um treino de leitura crítica em pós-graduandos de diferentes áreas. *Psicologia, Ciência e Profissão*, 28(4), pp. 794-805, 2008. DOI: 10.1590/S1414-98932008000400011
  - [9] Halpern, D.F., *Thought and knowledge: An introduction to critical thinking* (5th ed.), New York, USA: Psychology Press, 2014. ISBN: 978-1-315-88527-8.
  - [10] Saiz, C. y Rivas, S.F., Mejorar el pensamiento crítico contribuye al desarrollo personal de los jóvenes? In: Ribeiro, H.J. and Vicente, J.N., (Eds.), *O lugar da lógica e da argumentação no ensino da Filosofia*. Universidade de Coimbra: Unidade I&D, Linguagem, Interpretação e Filosofia, 2010, pp. 39-52.
  - [11] Franco, A.R., Almeida, L.S. y Saiz, C., Pensamiento crítico: Reflexión sobre su lugar en la enseñanza superior. *Educatio Siglo XXI*, 32(2), pp. 81-96, 2014. DOI: 10.6018/j/202171
  - [12] Godwin, A., Potvin, G., Hazari, Z. and Lock, R., Identity, critical agency, and engineering: An affective model for predicting engineering as a career choice. *Journal of Engineering Education*, 105(2), pp. 312-340, 2016. DOI: 10.1002/jee.20118
  - [13] Ortiz, T., García, A. y Machín, V., La estimulación de la Creatividad en estudiantes de ingeniería mecánica: Una experiencia en la asignatura elementos de máquinas. *Ingeniería Mecánica* 3, pp. 59-67, 2002.
  - [14] Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P., *Metodología de la investigación* (3ª ed.). México: Editorial Mc Graw-Hill, 2003.

**L.A. Corredor-Martínez**, recibió su título de Ing. Mecánico en 1988 y de Dr. en Ing. Mecánica y Fabricación en 1999 en la Universidad Politécnica de Madrid, España. Es investigador senior desde el 2006, se encuentra vinculado al Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Norte, Colombia, como docente, investigador, coordinador de maestría y doctorado en Ingeniería Mecánica. Asimismo, se desempeñó como docente y/o investigador en la Universidad de Antioquia, Colombia de 1996 a 1997, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de 1992 a 1995 y en la Universidad Politécnica De Madrid de 1991 a 1995. Sus intereses investigativos incluyen: Ingeniería y Tecnología e Ingeniería Mecánica en general. ORCID: 0000-0002-3037-739X

**K.J. De La Hoz-Del Villar**, recibió el título de Lic. en Pedagogía Infantil en 2017 en la Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. Trabajó en un proyecto educativo para el mejoramiento de procesos pedagógicos y el desarrollo de competencias en los estudiantes de décimo y undécimo grado con la Universidad del Norte y la Secretaría de Educación Distrital de Barranquilla. Se ha desempeñado como asistente de laboratorios pedagógicos desde el 2015, ha sido co-investigadora en diversos proyectos educativos y asistente de la Unidad de formación pedagógica docente del Centro para la Excelencia Académica Uninorte, Colombia. ORCID: 0000-0002-6225-3623