

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACIÓN Y LA EXPERIMENTACIÓN EN EL DESARROLLO DEL RAZONAMIENTO LÓGICO

Juliana Montoya Atehortúa

Juan David Bedoya Montes

FACULTAD DE INGENIERÍAS
Ingeniería de Sistemas

Director
Prof. Edgar Serna M.

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

Febrero 2016

RESUMEN

La ingeniería es tanto un arte como una ciencia, y para que los futuros profesionales de las áreas de ingenierías, desplieguen las habilidades, destrezas, y capacidades necesarias para potencializar su ingenio y resolver los problemas de esta sociedad necesitan desarrollar adecuadamente su razonamiento lógico. Conocer el estado actual de la investigación y la experimentación en esta área les permite a las universidades estructurar procesos formativos y planes de estudios que responda a la necesidad que tendrán los ingenieros en el mundo de la industria. Esta situación de desconocimiento del estado actual de investigaciones y experimentación científica, es más latente en la Ingeniería, porque para un adecuado ejercicio profesional y debido a que su campo de intervención es solucionar problemas, los estudiantes necesitan potencializar este razonamiento y estructurar sus planes de acción con base a evidencias sólidas.

Palabras clave: Ingeniería, lógica, habilidades, destrezas, capacidades.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. MARCO TEÓRICO	6
3. METODOLOGÍA	10
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
Estado del arte	12
Respuesta a las preguntas de investigación	19
Análisis de resultados	22
Tabla de trabajos analizados.....	25
5. CONCLUSIONES.....	28
REFERENCIAS.....	30
APÉNDICE (Artículo científico)	33

1. INTRODUCCIÓN

Aunque se acepta y reconoce que el trabajo de los ingenieros consiste primordialmente en resolver problemas, diferentes investigadores opinan que estamos lejos de que lo logren eficientemente. Las razones van desde la falta de un adecuado plan de estudios y de su poca internalización, hasta profesores poco comprometidos y un sistema educativo anclado en la Era Industrial. La conclusión común es que se deben atender todos estos problemas, pero indiscutiblemente primero hay que desarrollar en los estudiantes un grado de razonamiento lógico conforme con la complejidad de los problemas actuales (Serna y Flórez, 2013). Porque la vida humana se desarrolla en medio de problemas, desde los más simples hasta los más complejos y cuando involucran conglomerados sociales se incrementa los efectos de una solución mediocre o inexistente.

La sociedad actual, como ninguna otra en la historia, se enfrenta a desafíos complicados que debe comprender analizar y solucionar para asegurar su supervivencia (Gellatly, 1986). En este escenario se desarrolla el trabajo de los ingenieros, quienes deben mantener una permanente comunicación con la realidad, y convertirse en los profesionales que esta sociedad reclama. Por eso es que deben prepararse como solucionadores de problemas, con un nivel de razonamiento lógico alto y con habilidades para la resolución de problemas, que los mantengan competitivos, pero, sobre todo, eficientes y eficaces cuando sean requeridos. La ingeniería es un campo del conocimiento en el que se aplican y materializan las teorías científicas, y en ese sentido requieren principios de las Ciencias Básicas para alcanzar sus objetivos. Los profesionales encargados de lograrlo son los ingenieros, quienes en su formación deben adquirir una amplia comprensión del funcionamiento del mundo y de las necesidades humanas (Hakkarainen et al., 2004). Además de estas habilidades, desarrollan una capacidad lógico-interpretativa y abstractiva, incluyendo profundos conocimientos lógicos y un razonamiento lógico estructurado (Moss, Kotovsky y Cagan, 2006).

Se han desarrollado diversas investigaciones con el objetivo de encontrar la relación

entre el desarrollo del razonamiento lógico y su relación con las habilidades ingenieriles, y concluyen que la capacidad del razonamiento lógico depende del desarrollo de habilidades intelectuales generales. Por eso es que los estudiantes de ingeniería que razonan lógicamente y que resuelven adecuadamente los problemas, reflejan esas habilidades en su trabajo profesional (Johnson y Lawson, 1998). Sin embargo, la educación en ingeniería todavía no involucra ampliamente principios como la lógica, la abstracción, la resolución de problemas en los planes de estudios. Esto genera que los estudiantes no desarrollen por lo menos un pensamiento lógico (Capizzo, Nuzzo y Zarcone, 2006). El éxito de la labor ingenieril depende en gran medida de que los ingenieros desarrollen el razonamiento lógico, pero hacerlo no es un proceso de último momento en su formación, sino que debe comenzar desde las fases primarias de la escuela (Serna, 2015).

Uno de los pioneros en estos temas, David Parnas, dijo alguna vez que para los ingenieros es esencial una sólida formación y comprensión de la lógica y la abstracción, porque en la ingeniería son áreas que no se pueden interpretar libremente. En esta profesión, la capacidad para resolver problemas es un componente importante e inclusive muchos lo consideran el núcleo de su ejercicio (Longrew, Huelles y Xionak, 2014). Para la generalidad de los autores de los artículos revisados, las soluciones a los problemas serán más eficaces si se sustentan en procedimientos y modelos construidos con sólidos fundamentos lógicos. Por eso es que debe ser natural para los ingenieros desarrollar razonamiento lógico, porque les permitirá aprovechar sus habilidades y destrezas para resolver los problemas, considera a la vez el centro de su plan de estudios.

El objetivo general del trabajo es establecer un mapa actual de desarrollo y experimentación en el área del razonamiento lógico. Para poder lograr esto, se siguen los objetivos específicos en los cuales, se dan a conocer los procesos experimentales que se divulgan relacionados con el pensamiento abstracto, determinar la relación entre el pensamiento lógico y el desarrollo de destrezas, habilidades, y capacidades ingenieriles y por último presentar un artículo científico con el cuerpo de conocimiento construido.

En este artículo se describen los resultados de una investigación que se llevó a cabo con el objetivo de determinar la influencia del desarrollo del razonamiento lógico en las habilidades ingenieriles. En la primera sección se describe la metodología aplicada; en la segunda se muestran los resultados en el estado del arte y la respuesta a las preguntas de investigación; en la tercera se hace un análisis a los resultados y en la cuarta se hace la conclusión al trabajo realizado.

2. MARCO TEÓRICO

La *lógica* se concibe como el estudio sistemático formal de los principios de la inferencia válida y el razonamiento correcto, una ciencia que se utiliza en la mayoría de las actividades intelectuales pero que se estudia y aplica principalmente en áreas como la Ingeniería, la Filosofía, la Psicología, las Matemáticas y las Ciencias Computacionales. Su importancia radica en que ayuda a razonar correctamente (Popkin y Stroll, 1993). Los seres humanos están equipados con un poderoso cerebro que los dota de conciencia y reflexión, pero una creciente tendencia en psicología cuestiona los beneficios de esa conciencia (Lieberman et al, 2002). A este respecto, DeWall, Baumeister y Masicampo (2008) aplican cuatro estudios los cuales son:

- Estudio 1: se encuentran disminuciones en razonamiento lógico cuando la carga cognitiva vuelve a ocupar el razonamiento lógico y obstaculiza el sistema no consciente de pensamientos conscientes.
- Estudio 2: activación no consciente de la idea del razonamiento lógico que aumentó la activación de los procesos de la lógica, pero no logra mejorar el rendimiento del razonamiento
- Estudio 3: conclusiones lógicas que sean en gran parte intuitivas y no dependen del razonamiento lógico
- Estudio 4: la estimulación de una meta consciente da lugar a un mejor rendimiento del razonamiento lógico

En los que sugieren que la conciencia, como sistema de procesamiento reflexivo, es importante para el razonamiento lógico, y aportan evidencias de que el sistema de procesamiento reflexivo también *ayuda*. Presentaron la hipótesis de que el razonamiento lógico depende en gran medida del procesamiento consciente, y propusieron que la forma de probar esta teoría sería lograr que las manipulaciones afecten sólo a uno u otro de los dos sistemas de procesamiento, dejando al otro intacto.

Existe un problema adicional relacionado con estas cuestiones, en el sentido de que los estudiantes, aunque existe abundante información que les interesa, no son capaces de leerla, analizarla ni evaluarla críticamente (Dirksen, 2012). Bouhnik y Giat (2009) desarrollaron un curso universitario para hacer frente a esta situación con el objetivo de capacitar a los estudiantes para aplicar las herramientas lógicas. El curso se desarrolló para dos grupos de estudiantes diferentes, uno orientado por las áreas sociales y otro por las ciencias exactas, y su objetivo fue estudiar y comprender los sistemas lógicos basados en el concepto. Los resultados demostraron que las habilidades en los razonamientos lógico y crítico de los participantes mejoraron con el

tiempo, tanto objetiva como subjetivamente. Este trabajo hace varias contribuciones a los campos de la formación en TIC, en lógica aplicada y en pensamiento crítico.

Simon (1996), Harel y Sowder (1998) y Lithner (2000), afirmaron que los razonamientos inductivos, deductivo, abductivo, plausible y de transformación se derivan de las disciplinas relacionadas con la formación en matemáticas, como la filosofía, la psicología y la matemática misma. Posteriormente, Cañadas, Castro y Castro (2009) consideraron la diferenciación general entre los razonamientos inductivo y deductivo, desde la tradición filosófica y desde las diferentes disciplinas y contextos en que esa distinción persiste, y se esforzaron por centrar su investigación en el proceso del razonamiento inductivo. Por otro lado, Ibañes (2001), Marrades y Gutiérrez (2000) y Stenning y Monaghan (2005) resaltan las dificultades prácticas de realizar esa separación. Los investigadores concluyeron que los estudiantes aplican acciones lógicas con mayor frecuencia en problemas cuyos casos particulares se expresan de forma numérica, y que son capaces de identificar la aplicabilidad de ciertos pasos del razonamiento inductivo, los cuales habían utilizado previamente en las aulas.

Halpern y Pucella (2011) examinaron cuatro enfoques para abordar el problema de la omnisciencia lógica y su potencial aplicabilidad: 1) el razonamiento sintáctico (Eberle, 1974; Moore y Hendrix, 1979; Konolige, 1986), 2) el razonamiento consiente (Fagin y Halpern, 1987), 3) el conocimiento algorítmico (Halpern, Moses y Vardi, 1994) y 4) el de los mundos imposibles (Rantala, 1982). Aunque para algunos investigadores estos enfoques poseen el mismo nivel de expresividad y pueden capturar todos los estados epistémicos, otros demuestran lo contrario. El objetivo de la investigación de Halpern y Pucella fue hacer frente a la omnisciencia lógica, es decir, a cómo elegir un enfoque y construir un modelo apropiado. Concluyeron que el enfoque de mundos imposibles es *especialmente adecuado* para representar un punto de vista subjetivo del mundo.

Recientemente surgió el interés por investigar el tema de la recopilación de pruebas acerca de los vínculos entre el pensamiento abstracto y el desarrollo de la capacidad abstractiva. Algunos investigadores concluyen que la lógica y la abstracción son *habilidades clave* para la formación en Ciencias Computacionales (Serna, 2011; Serna y Serna, 2013), y otros tratan de encontrar un vínculo entre el éxito en los cursos

de lógica computacional y las habilidades de abstracción (Bennedsen y Caspersen, 2006; Armoni y Gal-Ezer, 2007), todos con éxito variable.

Desde el punto de vista de la psicología el razonamiento inductivo y deductivo están íntimamente en relación con la lógica, en la medida en que ésta permite dilucidar las formas de razonamiento y de abstracción, considerando al primero como la tarea de obtener conclusiones a partir de premisas, conocimientos y contenidos previos (Del Val, 1980). Por lo tanto, la lógica es el producto de *la capacidad de pensar* y de otras intelectivas mentales, que a su vez conllevan a razonar y a solucionar problemas. De este modo la lógica, el razonamiento y la abstracción son procesos cognitivos que permiten transformar la información numérica, in-inteligible y abstracta en soluciones prácticas, y en ese proceso de construcción de soluciones, planes y conocimientos la persona es un actor activo (Serna, y Serna, 2013). A partir de la premisa de que la lógica es el marco y la guía para estudiar el pensamiento de los sujetos (Jacquette, 2006), se pueden considerar dos enfoques: 1) el *logicista*, que plantea que cuando se razona se utiliza un conjunto de reglas abstractas y 2) el *semántico*, que se centra en la elaboración de modelos mentales, y que tiene en cuenta el significado de los contenidos sobre los que opera el razonamiento humano, de forma tal que haya una relación entre el significado de las representaciones mentales con el mundo exterior. A partir de ellos se concluye que la capacidad para solucionar problemas no depende de estrategias generales de búsqueda, sino de un amplio bagaje de conocimientos específicos (Carretero y Asensio, 2008).

En este contexto, los profesionales enfrentan diversos problemas y situaciones críticas a las que deben presentar soluciones, lo que les exige mantener una actitud intrépida y un pensamiento dispuesto para enfrentar esos retos y para dilucidar inquietudes, por lo que existe un efecto disposicional relacionado con las actitudes, las motivaciones, los compromisos y las formas de pensamiento de las personas. De esta manera puede existir una aversión a la complejidad y a los temas problemáticos, sobre los cuales no se desea disponer de una reflexión analítica ni lógica (Carretero y Asensio, 2008). En este sentido se resalta el papel del deseo y las emociones, como la curiosidad, el amor y la verdad, que guían el pensamiento y el raciocinio en el quehacer profesional. Todo esto señala la importancia de la lógica en el desempeño humano en el mundo, porque las

personas necesitan poner en escena su *capacidad lógica* en función de la solución de problemas, y su *capacidad propositiva y evaluativa* para crear diseños y planes, que se deben materializar de acuerdo con unos ideales y necesidades sociales (Urbanski, 2011). Un tipo de pensamiento en acción les permitirá representar la realidad externa y actuar de manera eficiente, recursiva e ingeniosa sobre ella. Posiblemente la conjugación de factores experienciales, internos, emocionales y contingentes, les proporcionará una adecuada aplicación de la lógica en su labor creadora y pensante.

Por otro lado, la mayoría de los seres humanos resuelve problemas que provienen de diferentes fuentes, sea porque se los plantean o porque los auto-reconocen, pero sin importar de donde proviene una persona con cierto grado de capacidad tiende a comprender el alcance y los objetivos del problema, antes de enfrentar su solución (Finn y Mikheyenkova, 2011). Esto no siempre será igual, por ejemplo, los ingenieros deben aplicar su capacidad intelectual, reflejada en su capacidad lógica-abstractiva, para comprender el problema, modelarlo y presentarle una solución. Además, los problemas que resuelven no tienen el mismo nivel de complejidad de los de otras profesiones, y suelen comenzar con una declaración poco clara del mismo, por lo que los deben identificar en el medio ambiente y definirlos y representarlos en la mente (Rantala, 1982). Psicólogos como Sternberg (1985, 1986), Hayes (1989) y Bransford y Stein (1993) describen el proceso de resolución de problemas en términos de un ciclo conformado por una serie de etapas.

3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de esta investigación se utilizó la propuesta de Serna y Serna (2014), acerca de cómo realizar revisiones fiables de la literatura. A continuación, se describen los siete pasos definidos por estos investigadores.

1. *Definir el área temática:* Razonamiento lógico e ingeniería.
2. *Definir las preguntas de investigación*
 - ¿Qué se entiende en la literatura por razonamiento lógico?
 - ¿En qué grado se divulga la experimentación y la investigación en desarrollo del razonamiento lógico?
 - ¿Existe alguna relación entre el desarrollo del razonamiento lógico y el desarrollo de habilidades y capacidades para solucionar problemas?
3. *Definir el proceso de búsqueda*
 - Términos de búsqueda: *logical reasoning, engineering, logic, abstraction, ability, problem solving.*
 - Bases de datos: IEEExplore, ACM Digital library, ScienceDirect, SpringerLink, Social Psychology Network, Web of Science.
4. *Definir los criterios de inclusión y exclusión*
 - Trabajos publicados en la línea de tiempo 2001-2015
 - Trabajos que relacionen claramente resultados de investigación en el área de interés
 - Estudios en los que se verifican resultados
 - Investigaciones que expresa claramente su enfoque
 - Estudios cuyo método de investigación es el experimental
5. *Definir la valoración de la calidad*
 - Fuente (factor de impacto), resultados verificables, aceptación, trayectoria del autor(es), aplicación, relevancia de la organización, sistema de verificación y validación de resultados.
6. *Definir la recopilación de datos*
 - Tipo de publicación: journal, book, conference, workshop, technical report, report results, corporate site, researcher, specialist.
 - Editorial
 - País
 - Fecha

- Clasificación temática: Ingeniería, neurociencia, filosofía, psicología, matemáticas.
- Enfoque de investigación: cualitativa, cuantitativa, mixta.
- Método de investigación: experimental.

7. *Definir el análisis de datos*

- Con base en los resultados responder cada una de las preguntas de investigación
- Analizar e integrar los resultados con los encontrados en los otros procesos de revisión

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego de aplicar la metodología para la búsqueda de la literatura, se encontraron 87 trabajos relacionados. Pero al aplicar los criterios de inclusión y exclusión y de calidad, la muestra se redujo a los 21 que a continuación se describen.

Estado del arte

El pensamiento sistémico permite analizar los elementos de una situación determinada de forma global, no de forma aislada. Su poder reside en la sencillez y la eficacia del proceso u permite encontrar el enfoque sistémico en cualquier situación. Cuando se desarrolla adecuadamente, los estudiantes lo pueden utilizar para obtener una perspectiva más profunda acerca de sus habilidades ingenieriles. El problema surge cuando el estudiante no está preparado para superar la disonancia cognitiva de buscar algo antes de saber lo qué. Por eso es necesario que primero desarrolle el razonamiento lógico, especialmente cuando sus habilidades le deben permitir resolver problemas. (Bartlett, 2001).

De acuerdo con Felder y Silverman (2002), existen diversos estilos de aprendizaje y métodos de enseñanza en la educación en ingeniería, y los profesores, los planes de estudios y las didácticas se deben adaptar a las necesidades de una ciencia cambiante. Estos desajustes conducen al bajo rendimiento de los estudiantes, a la frustración de los profesores y a una baja capacidad de los profesionales para comprender y solucionar problemas. Pero, aunque los estilos de aprendizaje son variados, la inclusión de un número relativamente pequeño de técnicas didácticas debería ser suficiente para satisfacer las necesidades de la mayoría de ellos. La idea, sin embargo, es no utilizar todas las técnicas en cada clase, sino más bien para recoger varias que parezcan factibles, y probarlas. Pero todo el proceso debe estar orientado a desarrollar habilidades de razonamiento lógico, porque son la base para que el profesional comprenda y abstraiga los problemas que intenta resolver. De esta manera, un estilo de enseñanza que sea a su vez eficaz para los estudiantes y cómodo para el profesor, va a

evolucionar de forma natural y relativamente sin contratiempos. Para Jonassen, Strobel y Lee (2006), los estudiantes de ingeniería deberían aprender a solucionar problemas, ya que van a ser contratados para ello. El problema es que los problemas que encuentran en el lugar de trabajo, difieren de los que se les enseña en el salón de clases. Estos autores muestran estudios cualitativos de problemas de ingeniería en el aula, que son mal estructurados por los estudiantes debido a que son complejos. Y los estudiantes presentan conflictos y los intentan solucionar por distintos métodos. Al final presentan algunas implicaciones a tener en cuenta en los planes de estudios para preparar mejor a los estudiantes para su desarrollo profesional. En general, sus recomendaciones se orientan a trabajar en mayor medida el razonamiento lógico en el aula.

Hargadon y Bechky (2006) presentan un modelo de creatividad colectiva, que explica cómo en ocasiones las interacciones de un individuo pueden afectar al colectivo. El modelo se basa en observaciones, entrevistas, conversaciones y datos de estudio. La evidencia muestra que a pesar de que algunas soluciones parecieran partir de una visión individual, en realidad son un proceso colectivo, la forma como trabajan la mayoría de ingenieros. Para los investigadores, la creatividad colectiva refleja un cambio cualitativo en el proceso colectivo, como una compensación entre la comprensión del problema y la generación de soluciones colectivas, que llevan a replantear las experiencias previas. Por otro lado, Scheibler et al. (2006) plantean estandarizar los productos que evidencian los progresos en el aprendizaje de los estudiantes de ingeniería, como los exámenes, y reutilizar las lecciones aprendidas con el fin de redirigir el conocimiento adquirido a nuevos métodos y protocolos para afinar la relevancia de la tecnología contemporánea en el aula y los laboratorios. La educación en ingeniería ha mantenido un equilibrio constante entre requisitos técnicos y no-técnicos, además de la sabiduría popular y la experiencia práctica, haciendo mayor énfasis en la capacidad técnica, lo que ha asegurado una profesión operativa. Pero con los cambios y necesidades sociales, estos procedimientos están cada vez más alejados de la realidad, por lo que es necesario replantear el desarrollo del razonamiento lógico en las aulas ingenieriles. Es decir, los procesos deben ser más amplios y con cobertura global, para que el desarrollo profesional no comprometa la experiencia técnica necesaria para competir en el

escenario del siglo XXI. La conclusión de este estudio es que el filtro educativo para la lógica se debe ampliar, para preparar a la siguiente generación de ingenieros para que ingresen al mundo tecnológico con una ventaja competitiva, y para que administren adecuadamente los recursos del planeta.

En el trabajo de Pop y Pop (2007) se expone a la lógica como uno de los factores más importantes en la filosofía, las matemáticas y la informática, y de cómo puede ser utilizado en la formación de ingenieros para facilitarles el aprendizaje y el desarrollo de habilidades para solucionar problemas y para adaptarse a las nuevas necesidades sociales. La conclusión de estos autores es que el desarrollo del razonamiento lógico es un componente necesario en la formación ingenieril, y que es necesario darle importancia y fortalecer su uso mediante nuevas prácticas, para que los estudiantes se familiaricen con la lógica y puedan aplicarla mejor en su ejercicio profesional.

Por su parte, para DeWall, Baumeister y Masicampo (2008), los seres humanos están equipados con un potente cerebro que permite la conciencia y la reflexión, lo que nos diferencia de otras especies. Y, aunque la psicología ha creado una tendencia de cuestionar los beneficios de la conciencia, estos investigadores prueban una hipótesis que estructuran desde cuatro estudios. Estudio 1: se encuentran disminuciones en razonamiento lógico cuando la carga cognitiva vuelve a ocupar el razonamiento lógico y obstaculiza el sistema no consciente de pensamientos conscientes. Estudio 2: activación no consciente de la idea del razonamiento lógico que aumentó la activación de los procesos de la lógica, pero no logra mejorar el rendimiento del razonamiento. Estudio 3: conclusiones lógicas que sean en gran parte intuitivas y no dependan del razonamiento lógico. Estudio 4: la estimulación de una meta consciente da lugar a un mejor rendimiento del razonamiento lógico. Los resultados ofrecen evidencia de que el razonamiento lógico es ayudado por el sistema de procesamiento consciente, reflexivo para desarrollar habilidades en la resolución de problemas.

Rodríguez y González (2008) aplican el proceso del razonamiento lógico (PRL) en la planificación estratégica, e interrelacionan cuatro inteligencias: cognitiva, afectiva, operacional y reflexiva, que son innatas del individuo. El programa tuvo una duración de 32 horas y se impartió a 9 estudiantes. El proceso consta de siete etapas: solicitud de audiencia, definición de actividades, diseño del programa, aplicación del programa,

instrucción del PRL, aplicación del nuevo programa y evaluación de los efectos del programa. Los resultados muestran una mejora en la capacidad de análisis y en la capacidad reflexiva de los estudiantes acerca de la resolución de problemas.

Formular una solución eficiente se relaciona directamente con un incremento de la distancia entre el conocimiento y las habilidades de los solucionadores y el campo focal del problema (Jeppesen y Lakhani, 2009). Un resultado adecuado contribuye a que en la literatura emergente se propague la innovación abierta y distribuida, demostrando el valor de apertura, al menos en el sentido estricto por los problemas que se revelan. También se aporta a mejorar, por ejemplo, la teoría del conocimiento empresarial, demostrando la eficacia de un mecanismo de extracción del conocimiento desde diversas fuentes, internas y externas, para resolver los problemas internos. Pero esto solamente será posible si los solucionadores han desarrollado habilidades de razonamiento lógico.

Carmona y Jaramillo (2010) presentan una investigación cuyo propósito es reflexionar sobre el razonamiento lógico, y hacen aportes para desarrollarlo en un contexto académico en el área de las Ciencias Naturales. Crean una unidad didáctica enfocada en la resolución de problemas y seleccionan tres estudiantes a los cuales aplican una prueba psicométrica. A partir de ahí desarrollan un plan de observación para aplicarlo en el desarrollo de una unidad respectiva. Al comparar los resultados iniciales y finales evidenciaron un incremento en el nivel de su razonamiento. De la misma forma que estos investigadores obtuvieron sus resultados en las Ciencias Naturales, es posible adaptar su experimento a procesos en las áreas ingenieriles.

Holvikivi (2010) reporta que los primeros cursos que se imparten en las universidades acerca de la lógica para la programación, a menudo no logran motivar a los estudiantes para continuar sus estudios ingenieriles. Esto se debe a que ellos tienen dificultades para desarrollar habilidades lógicas y no están en condiciones de aplicar un razonamiento lógico consistente para seguir instrucciones de manera sistemática. Por otro lado, la transferencia de habilidades de pensamiento lógico desde las matemáticas no logra los resultados esperados. Concluye que existen múltiples dificultades para describir el proceso del desarrollo del razonamiento lógico en la resolución de problemas, por lo que las habilidades son ambiguas. Otro problema es que el

conocimiento que se transmite en el aula no es fácil de describir, puesto que se basa en el conocimiento experto del profesor y se va acumulando a través experiencias y ejercicios alejados de la realidad. Por eso se requiere una forma de crear patrones mentales apropiados, para poder aplicar el razonamiento lógico en la práctica.

Para Serna (2011), es un hecho que algunos ingenieros son capaces de producir diseños y soluciones claros y elegantes, mientras que otros no pueden. Por lo que se pregunta si esto será cuestión de inteligencia y si mediante formación y entrenamiento será posible mejorar en los estudiantes estas habilidades. En su trabajo explora respuestas a estos interrogantes y argumenta que, para los profesionales y estudiantes de Ciencias Computacionales, es crucial poseer una buena comprensión de la abstracción. Por lo tanto, su conclusión es que estas áreas del conocimiento deben procurar habilidades de razonamiento lógico en los estudiantes, mediante el desarrollo de la capacidad lógico-interpretativa y abstractiva.

Urbarínski (2011) presenta el análisis de dos conceptos del psicologismo en la lógica: el de Frege y el de Husserl. Los resultados demuestran que ambos están en contra y lucharon contra el nuevo psicologismo, o cognitivismo, porque generaba un gran cambio en la era contemporánea de la lógica. A través del desarrollo de temas como la lógica orientada cognitivamente, el investigador indica nuevos campos para el análisis lógico, nuevos métodos y herramientas necesarias para hacerles frente, bases neutrales del razonamiento lógico y los problemas que existen en la formación de ingenieros. Su conclusión es que, puesto que no hay una forma reglada de enseñar lógica, las preguntas que giran en torno al psicologismo y a la misma lógica todavía no se responden satisfactoriamente.

El nivel de pensamiento de los estudiantes se puede medir en términos de su capacidad para resolver problemas, lo que necesariamente sugiere el desarrollo del pensamiento lógico y de las habilidades cognitivas necesarias (Ahmad, Noh y Noh, 2012). Esto les permite generar hipótesis y abstracciones a nivel de pensamiento, aunque actualmente no se logre el desarrollo suficiente para tener resultados previsibles. Los autores recomiendan que, para desarrollar el nivel de pensamiento y razonamiento lógico, el trabajo en el aula debe ser independiente y variable. Proponen que un estudiante de ingeniería debe desarrollar cierto nivel de habilidades lógicas para comprender y

enfrentar los problemas de la vida diaria, y además perfeccionar su razonamiento para hacerles frente a las necesidades sociales.

Básicamente, Dirksen (2012) plantea el funcionamiento del aprendizaje, y parte de la hipótesis de si algo se repite las veces necesarias, con el tiempo se grabará en la memoria a largo plazo, pero advierte que existen limitaciones. La memoria se basa en la codificación y la recuperación, por lo que los diseñadores de aprendizaje deben pensar en cómo se introduce el material educativo en la memoria a largo plazo, y también en cómo pueden los estudiantes recordarlo más tarde. La cuestión es que ellos se encuentran asediados con un flujo constante de información, y debido a la falta de dinamismo en el aula se corre el riesgo que se habitúen a estímulos monótonos. Para la mayoría de profesores y administrativos, el unir el contexto emocional del aprendizaje con el contexto emocional del estudiante para recordar, la repetición y la memorización logran codificar la información en la memoria de largo plazo. Lo que no tienen en cuenta es que existen diversos y diferentes tipos de memoria y de estudiantes, por lo que ésta es una estrategia limitada.

Daugherty (2012) describe un modelo específico en el que se identifican varias características para unificar conceptos de ingeniería en los procesos de enseñanza con los estudiantes: comenzar con metas específicas de aprendizaje en la mente e identificar puntos de entrada o "portales" para infundir un verdadero enfoque de ingeniería; modificar o desarrollar el plan de estudios como un desafío; luego, con la experiencia del aprendizaje de los conceptos infundidos, desarrollarles el razonamiento lógico necesario para comprender el mundo mediante las habilidades necesarias. Otra cuestión que esta investigación revela es la importancia de que los profesores tengan la preparación necesaria para lograrlo: experimentar el plan de estudios; entender los ciclos y los procesos involucrados en el enfoque; aprender el contenido de la ingeniería; y experimentar en el aula sin temor al error.

En el trabajo de Serna (2013) se presenta un análisis a la necesidad de incluir a la lógica en los procesos formativos en Ciencias Computacionales e ingeniería. Este investigador parte de un recorrido por la historia de la lógica en estas áreas, posteriormente describe la relación y la necesidad de incluirla en los procesos formativos relacionados y al final analiza qué, cuándo y qué tan profundo se debería trabajar la misma en la formación

respectiva. Se trata de una revisión al estado del arte y a la importancia de incluirlo en los planes de estudios de los programas ingenieriles. De ello depende que los profesionales estén capacitados para analizar y solucionar los problemas complejos de la sociedad de este siglo.

En los métodos de enseñanza se pueden incorporar actividades meta-cognitivas y planteamientos para la resolución de problemas (Ghasempour, Bakar y Jahanshahloo, 2013). Pero esto implica que los estudiantes tienen la responsabilidad de encontrar nuevos problemas y reformularlos para encontrar una solución, lo que genera un ambiente de investigación basado en el aprendizaje. También implica que los profesores deberán crear escenarios con situaciones adecuadas, para que los estudiantes los analicen y detecten los posibles problemas. En este trabajo se analizan los resultados de una investigación relacionada con la clasificación de problemas y de las actividades meta-cognitivas. Y en los resultados se anima a los profesores para que incorporen a los estudiantes en actividades de meta-cognitivas de razonamiento lógico y de resolución de problemas en el aula.

Serna y Polo (2014) tratan la relación entre la lógica y la abstracción como necesaria en los procesos formativos de los ingenieros. Describen la importancia y la necesidad de formar en esta área del conocimiento y de la relación entre el ejercicio profesional de los ingenieros y el desarrollo y/o potencialización de su capacidad lógico-interpretativa y abstractiva para la resolución de problemas. Se trata de una investigación-revisión-reflexión acerca de la importancia de estos componentes, vistos estructuralmente desde el plan de estudios. Concluyen que solamente con un razonamiento lógico adecuado, los profesionales en ingeniería podrán desarrollar las habilidades necesarias que les demanda el mercado laboral.

Para Allo (2015), la conexión tradicional entre la lógica y el razonamiento lógico ha estado bajo presión desde que Gilbert Harman propuso que la lógica era una concepción heredada que determina las normas que debemos creer. De esta forma revolucionó todo lo que hasta entonces se entendía de la lógica. El autor desafía a Harman en el contexto más amplio de la dialéctica, y con base en revisionistas lógicos como Bob Meyer y algunos escépticos, que han trabajado sobre el papel de la lógica en el razonamiento. Luego plantea un modelo formal basado en la epistémica

contemporánea y lógica doxástica, en el que se pueden capturar las relaciones entre la lógica y normas para la creencia. Aunque no trata directamente la relación entre el desarrollo del razonamiento lógico y la formación en ingeniería, las bases conceptuales con válidas para este análisis.

En la investigación de Serna y Serna (2015) se concluye que un asunto importante de la formación de ingenieros es orientar los planes de estudios mediante procesos de detección y resolución de problemas, pero los sistemas de educación ignoran la necesidad de formar en el desarrollo del razonamiento lógico, para que dicha función se ejecute adecuadamente. En esta investigación se describen los conceptos de la lógica y la resolución de problemas como una necesidad de la formación ingenieril y el desarrollo profesional; además, los autores recomiendan tener en cuenta los requisitos de la información y las necesidades de la sociedad del conocimiento, para ajustar los procesos educativos de los futuros ingenieros.

Respuesta a las preguntas de investigación

Encontrar la respuesta a las preguntas planteadas en el protocolo de búsqueda se convirtió en un reto para los investigadores, en parte debido a la poca unicidad de conceptos y resultados en los trabajos analizados. Cada investigación presenta sus análisis de forma independiente y se requiere unificarlos, direccionándolos para alcanzar los objetivos trazados para este trabajo. A continuación, se resuelven los interrogantes planteados.

1. ¿Qué se entiende en la literatura por razonamiento lógico?

Para Carmona y Jaramillo (2010), se entiende como procedimientos generales que se utilizan en cualquier contenido concreto del pensamiento, que se asocian a las operaciones lógicas del pensamiento y que se rigen por reglas y leyes de la lógica, desprendiéndose de la amplitud de su aplicación. Y para Serna y Serna (2015), es un proceso racional del cerebro por el cual las personas encuentran las conclusiones correctas, pero que es difícil de lograr. Por su parte, de acuerdo con Urbarínsnski (2011), la lógica no es experimental o teórica mientras que la psicología se acerca al razonamiento humano. Por lo tanto, una teoría lógica no sirve si las personas no se

comportan como deben. Además, si la teoría lógica es totalmente disjunta del razonamiento real, no sirve para nada. En resumen, el razonamiento lógico es el que se asocia a las operaciones lógicas del pensamiento y ayuda concluir de manera correcta; pero su desarrollarlo no es una tarea fácil.

2. *¿En qué grado se divulga la experimentación y la investigación en desarrollo del razonamiento lógico?*

De forma muy general, se puede concluir que en este sentido es poco lo que divulga. Esta afirmación se sustenta en el hecho de que, de los 21 trabajos de la muestra final (ver tabla 1), solamente cuatro presentan resultados experimentales, mientras que tres describen procesos investigativos estructurados. Los demás se pueden clasificar como reportes de caso, revisiones o reflexiones. Esto se debe a que el trabajo es mayoritariamente disciplinar y en pocos casos multidisciplinar. Pero, de acuerdo con Serna y Serna (2015), es necesario conformar equipos transdisciplinares para realizar este tipo de investigaciones. La razón es que la visión e interpretación desde una sola disciplina no es suficiente para comprender la importancia de este tema, y mucho menos para presentar una solución eficiente y eficaz. Si la intención es desarrollar el razonamiento lógico en la formación de los ingenieros, la experimentación y la práctica deben abarcar conceptos desde áreas como la Neurociencia, las Ciencias Computacionales, la ingeniería, la didáctica, la psicología y muchas otras.

3. *¿Existe alguna relación entre el desarrollo del razonamiento lógico y el desarrollo de habilidades y capacidades para solucionar problemas?*

Para Serna y Serna (2015), lograr un pensamiento crítico dinámico y desarrollar fuertes habilidades de razonamiento lógico, les ayuda a los estudiantes a tomar mejores decisiones y a resolver problemas de manera eficiente. Y de acuerdo con Pop y Pop (2007), la importancia de cultivar la capacidad del pensamiento lógico en ingeniería es una necesidad en la que se ha enfatizado fuertemente en los últimos años. Por eso es que en muchas universidades se enfatiza en las pruebas de aptitud lógicas, y la capacidad de pensamiento lógico se utiliza como criterio en las decisiones de admisión y contratación en muchas empresas. La cuestión es que el sistema educativo actual, los

profesores y los planes de estudios, todavía no se orientan a desarrollo y el cultivo de la capacidad de pensamiento lógico de forma sistemática (Serna, 2015).

De acuerdo con los resultados de esta revisión de la literatura, y de experiencias en el aula vividas por el primer autor, cuando un estudiante desarrolla su capacidad lógico-interpretativa y abstractiva, adquiere habilidades y capacidades para comprender y solucionar problemas que los diferencian de quienes no lo logran. El razonamiento lógico es valorado por los autores por su importancia en el ejercicio profesional de los ingenieros, particularmente de aquellas disciplinas en las que cotidianamente deben recurrir al ingenio para abstraer y modelar soluciones a problemas complejos. Por todo esto es posible concluir que el desarrollo del razonamiento lógico está directamente relacionado con el desarrollo de habilidades para comprender, analizar, abstraer y solucionar problemas, actividades cotidianas en la vida un ingeniero.

Análisis de resultados

De acuerdo con los trabajos analizados en la revisión de la literatura, el estudio del razonamiento lógico se experimenta mediante el descubrimiento de patrones de respuesta difíciles de explicar o que contradicen una teoría ya establecida, luego se crea un modelo que explica el patrón y por último se amplía el modelo para incluir situaciones que engloban fenómenos relacionados. Lo tradicional es que se tiende a investigar un tipo de razonamiento específico, usando una variante de una tarea experimental. Por ejemplo, si se investiga sobre la implicación condicional, se puede aplicar una tarea de selección. Por eso es que los experimentos tienden a descubrir un patrón de razonamiento, como por qué los estudiantes tienden a seleccionar opciones ya establecidas en lugar de generar sus propias respuestas.

Esto se refleja cuándo quedan expuestos a una situación en la que deben resolver cierto tipo de problema. En la mayoría de casos optan por resolverlo abordándolo de diferentes maneras, o planteando diferentes estrategias que puedan darle solución, y es poco común que desarrollen un estándar de solución que puedan reutilizar cuando sea necesario. Los investigadores han encontrado que la variabilidad individual en el rendimiento del razonamiento lógico se correlaciona con la capacidad para llevar a cabo ciertas tareas, pero no para otras. Para Carmona y Jaramillo (2010), al aplicar

modelo que proponen se podría predecir cómo la elección de una estrategia de solución podría variar con el desarrollo del razonamiento lógico. Y, con el tiempo, esa estrategia se podría reutilizar para comprender los resultados de una clase de fenómenos de razonamiento, tales como la habilidad de deducción independientemente de la tarea y la experiencia o la edad, con lo que es posible construir a una teoría unificada. Por otro lado, en la medida que las estrategias para la solución de problemas, y los problemas mismos, se vuelven más complejos, se necesita desarrollar capacidades lógicas avanzadas que, de acuerdo con el tipo de problema, permitan seleccionar la mejor estrategia de solución, es decir, una estrategia lógica.

Debido a que el razonamiento lógico es no-cuantitativo, no se puede medir fácilmente, no existe una medida estándar que pueda indicar con precisión en qué grado se encuentra su desarrollo en una persona, pero existen varios factores que podrían indicar el grado del desarrollo del razonamiento lógico que una persona tiene en un momento dado. Algunos autores consideran que la argumentación es uno de ellos, debido a que el diálogo argumentativo exterioriza el razonamiento argumentativo, es decir, no hay forma de conocer exactamente lo que ocurre en el interior de la mente, pero una de las formas en que podemos aproximarnos es prestando atención a las discusiones, por ejemplo, entre estudiantes, acerca de cuestiones científicas. En este caso se centraron en la forma cómo deberían resolver los problemas propuestos, convirtiéndose en el conjunto de enunciados que ellos formulan, y que, aunque no sean totalmente correctos, permiten direccionar la construcción de conocimiento y expresiones directas de razonamiento lógico.

En este mismo sentido, se puede recomendar que, al realizar un análisis de un discurso argumentativo sobre cuestiones polémicas en lenguaje natural, se requiere, entre otras cosas, prestar atención al lenguaje mismo y ser capaz de analizar proposiciones relativamente ambiguas o vagas. Además, los investigadores en este tema deben estar preparados para desenredar la línea fundamental de argumentación en medio de extensos intercambios entre dos o más personas. Porque en una conversación de quienes realmente conocen y saben desenvolverse en un campo específico de la ciencia, sus argumentaciones y expresiones detonan su grado de conocimiento. Y, cuando ese conocimiento es muy arraigado, lo pueden expresar cotidianamente y hacerlo

entendible para quienes los escuchan y que pueden no estar al tanto de ello. Esta forma de expresión es el reflejo de un razonamiento lógico en alto desarrollo, y puede servir como modelo para medir su grado.

Para otros, el valor de razonamiento lógico depende en parte del hecho de que los estudiantes pueden compartir lo que entiende con base a ciertas reglas y, por tanto, corregirse unos a otros argumentando los errores que consideran en los demás. La cuestión es que la mente humana puede llevar de mejor manera los procesos sistémicos o conscientes, que aquellos que son automáticos o inconscientes. Otra forma de poder interpretar esto es cuando se concibe la conciencia humana como la propiedad de un segmento de la mente individual, pero a largo plazo puede ser necesaria una dimensión interpersonal para alcanzar una comprensión completa de las situaciones que nos rodean. Mientras las personas sean más conscientes de su razonamiento, pueden interiorizar mejor el conocimiento, y así transmitirlo de adecuadamente a otras o emplearlo para resolver problemas. A este se debe que muchos de los autores analizados concluyan que, antes de desarrollar el razonamiento lógico, los estudiantes deben ser lógicos, utilizar la lógica en la vida cotidiana y usarla como una herramienta en cualquier ámbito que les toque vivir.

Cuando los estudiantes desarrollan su capacidad lógico-interpretativa y abstractiva, se puede afirmar que llegaron a la escala del dominio de la lógica. Esto se puede considerar como el primer peldaño en la escalera que los conduce hacia el razonamiento lógico. Los estudiantes de ingeniería son un caso particular de este determinismo, porque necesariamente están sujetos e inmersos a aplicar su ingenio para comprender y solucionar problemas. No se trata solamente de memoricen o interioricen conceptos y teorías, sino de que desarrollen un razonamiento lógico que les permita ubicarse en el mundo ingenieril que eligieron. Esto quiere decir que serán profesionales con habilidades especiales para abstraer y modelar soluciones eficientes y efectivas.

Tabla de trabajos analizados

Título	Tipo de publicación	Autores	País	Fecha
El proceso de razonamiento lógico y la Enseñanza de la planificación estratégica	Revista	Rodríguez B., Cruz del C.; González, Sonia L	Venezuela	Julio-diciembre 2008
El razonamiento en el desarrollo del pensamiento lógico a través de una unidad didáctica basada en el enfoque de resolución de problemas	Reporte de resultados	Carmona Díaz, Nidia Liliam; Jaramillo Grajales, Dora Carolina	Colombia	2010
Everyday problem solving in engineering: Lessons for engineering educators	Revista	Jonassen, David; Strobel, Johannes; Beng Lee, Chwee	USA	Abril 2006
Evidence that logical reasoning depends on conscious processing	Revista	DeWall, Nathan; Roy, Baumeister F; Masicampo, E J	USA	Enero 2008
Human problem solving	Reporte de resultados	Newell, Allen; Herbert A., Simon.	USA	Octubre 2005
Innovation in teaching and learning through problem posing tasks and metacognitive strategies	Revista	Ghasempour, Zahra; Bakar, Nor; Jahanshahloo, Golam Reza	Bahréin	Diciembre 2012
Knowledge in engineering a view from the logical	Revista	Serna M., Edgar; Serna A., Alexei	Singapur	Agosto 2015

Marginality and problem solving effectiveness in broadcast search	Reporte de resultados	Jeppesen, Lars Bo; Lakhani., Karim R.	Dinamarca, USA	Septiembre 2009
El Razonamiento Lógico como Requisito Funcional en Ingeniería	Conferencia	Serna M, Edgar; Flórez O, Giovanni	México	Agosto 2013
Rethinking logical reasoning skills from a Strategy perspective	Reporte de resultados	Morris, Bradley; Schunn, Christina D	USA	Enero 2005
When collections of creatives become creative collectives: A field study of problem solving at work	Revista	Hargadon, Andrew B; Bechky, Beth A.	USA	Julio-agosto 2006
Education for engineering students: The case of logic	Conferencia	Pop, Horia F.; Pop, Liana G. T	Moldava	octubre 4-6, 2007
Logic and cognition: two faces of psychologism	Artículo	Urbarínski, Mariusz	Polonia	Enero 2011
Creating a “global algorithm” for engineering Education	Revista	Scheibler, Samuel; Williams, Stephen; Mossbrucker, Joerg; Wrate, Glenn; Petersen, Owe	USA	2006
A study of the significance of students thinking level to student’s performance	Conferencia	Ahmad Baidowi, Zaid; Md Noh, Norzaidah; Md Noh, Nor Akmal	Malaysia	2012
Conditions for successful learning	Artículo	Holvikivi, Jaana	Australia	2010
Design for how people learn	Libro	Dirksen, Julie	USA	2012

Infusing engineering concepts: Teaching engineering design	Artículo	Daugherty, Jenny L.	USA	2012
Logic, reasoning, and revision	Artículo	Allo, Patrick	Belgium	Marzo 2 de 2015
Learning and teaching styles In engineering education	Artículo	Felder, Richard M.	USA	Junio 2002
Systemic thinking	Conferencia	Bartlett, Gary	USA	2001

Tabla 1 Trabajos analizados en la revisión de la literatura

5. CONCLUSIONES

- Se podría decir que el razonamiento lógico el que se asocia a las operaciones lógicas del pensamiento, como proceso racional del cerebro mediante el cual se llega a conclusiones correctas. Para esto se han llevado a cabo experimentos en los cuales se evalúa la capacidad de las personas para resolver problemas (Carmona y Jaramillo, 2010; Serna y Serna, 2015). Otra forma de verlo es acerca de cómo reaccionan los estudiantes ante diferentes situaciones y problemas, que han llevado a que las instituciones modifiquen los programas educativos para que estos actores tengan una mejor visión de lo que representa resolver problemas, y a la vez para que comprendan el mundo de otra manera y puedan aplicar ese conocimiento en su mejoramiento (Felder y Silverman, 2002; Allo, 2015).
- La mayoría de estas investigaciones giran en torno a áreas del conocimiento en las que predomina la lógica, como las Ciencias Computacionales, la psicología, las neurociencias y la neurocomputación. Y su objetivo es que los participantes aprendan a desarrollar o potencializar un pensamiento crítico que les ayude a mejorar sus destrezas, habilidades y capacidades para solucionar problemas (Pop y Pop, 2007; Urbarínski, 2011). Una conclusión que se puede encontrar es la de Holvikivi (2010) que dice: El desarrollo del razonamiento lógico era afectado por factores tales como la cultura, la región de donde provenían y los conocimientos adquiridos en sus estudios previos. Estos estudios revelaron que el desarrollo del pensamiento lógico solamente es posible cuando se comienza a trabajar desde las etapas iniciales del proceso formativo. Además, el resultado es que, cuando este razonamiento no se desarrolla adecuadamente, es complejo aprender a resolver problemas (Holvikivi, 2010).
- Al razonamiento lógico se asocian los procedimientos más generales de la labor ingenieril, tales como la realización de operaciones lógicas: inferencias

inmediatas, deducción, abstracción, refutación, demostración directa e indirecta y argumentación (Carmona y Jaramillo, 2010). Esto se debe a que, en esta profesión, la lógica es un tema fundamental que se utiliza en la vida diaria. Al aprender, estudiar y razonar acerca de los conocimientos, hechos, hipótesis y reglas de deducción, en realidad se utiliza la lógica, e incluso la falta de lógica indica algún tipo de lógica (Pop y Pop, 2007).

- El trabajo que realizan los ingenieros consiste en detectar, comprender y solucionar problemas, por ello deben cultivar el razonamiento lógico y desarrollar una capacidad lógico-interpretativa y abstractiva que les ayude a tomar decisiones apropiadas, de manera rápida y eficiente (Serna y Serna, 2015; Jonassen, Strobel y Lee, 2006). De ahí la importancia de la lógica y del razonamiento lógico en la formación y el desarrollo profesional de los ingenieros, porque de esta manera son capaces de ampliar su conocimiento y comprensión y desarrollan el auto- conocimiento, comprenden los problemas y presentan soluciones eficientes y eficaces. En este sentido es necesario que desarrollen capacidades para reflexionar acerca de las funciones cognitivas y de las habilidades meta-cognitivas relacionadas con la lógica (Serna y Flórez, 2013).

REFERENCIAS

- Ahmad, Z., Noh, N. y Noh, N. (2012). A study on the significance of students' thinking level to student's performance. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 90, pp. 914-922.
- Allo, P. (2015). Logic, reasoning and revision. *Theoria* 82(1), pp. 3-31.
- Armoni, M. y Gal-Ezer, J. (2007). Non-determinism: An abstract concept in computer science studies. *Computer Science Education* 17, pp. 243-262.
- Bartlett, G. (2001). Systemic thinking – A simple thinking technique for gaining systemic focus. The international conference on thinking "breakthroughs" 2001 (pp. 1-14). Los Angeles, USA.
- Bennedsen, J. y Caspersen, M. (2006). Abstraction ability as an indicator of success for learning object-oriented programming? *SIGCSE Bulletin* 38, pp. 39-43.
- Bouhnik, D. y Giat, Y. (2009). Teaching High School Students Applied Logical Reasoning. *Journal of Information Technology Education* 8, pp. 1-16.
- Bransford, J. y Stein, B. (1993). *The ideal problem solver: A guide for improving thinking, learning, and creativity*. New York: W. H. Freeman.
- Cañadas, M.; Castro, E. y Castro, E. (2009). Using a Model to Describe Students' Inductive Reasoning in Problem Solving. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology* 7, pp. 261-278.
- Capizzo, M., Nuzzo, S. y Zarcone, M. (2006). The impact of the pre-instructional cognitive profile on learning gain and final exam of physics courses: A case study. *European Journal of Engineering Education* 31(6), pp. 717-727.
- Carmona, N. y Jaramillo, D. (2010). El razonamiento en el desarrollo del pensamiento lógico a través de una unidad didáctica basada en el enfoque de resolución de problemas. Tesis de Maestría. Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de educación.
- Carretero, M. y Asensio, M. (2008). *Psicología del pensamiento*. Alianza Editorial. Madrid.
- Daugherty, J. (2012). Infusing engineering concepts: Teaching engineering design. Report Research ESI-0426421. National Center for Engineering and Technology Education.
- Del Val, J. (1980). *Investigaciones sobre lógica y psicología*. Alianza Editorial. Madrid.
- DeWall, C., Baumeister, R. y Masicampo, E. (2008). Evidence that logical reasoning depends on conscious processing. *Consciousness and Cognition* 17(3), pp. 628-645.
- Dirksen, J. (2012). *Design for how people learn*. New Riders. USA.
- Eberle, R. (1974). A logic of believing, knowing and inferring. *Synthese* 26, pp. 356-382.
- Fagin, R. y Halpern, J. (1987). Belief, awareness, and limited reasoning. *Artificial Intelligence* 34, pp. 39-76.
- Felder, R. y Silverman, L. (2002). Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering Education* 78(7), pp. 674-681.
- Finn, V. y Mikheyenkova, M. (2011). Plausible reasoning for the problems of cognitive sociology. *Logic and Logical Philosophy* 20, pp. 111-137.
- Gellatly, A. (1986). Skill at reasoning. In Gellatly, A. (Ed.), *The Skilful Mind: An Introduction to Cognitive Psychology* (pp. 159-170). London: Open University Press.

- Ghasempour, Z., Bakar, N. y Jahanshahloo, G. (2013). Innovation in teaching and learning through problem posing tasks and metacognitive strategies. *International Journal of Pedagogical Innovations* 1(1), p. 53-62.
- Hakkarainen, K. et al. (2004). *Communities of Networked Expertise: Professional and Educational Perspectives*. New York: Elsevier.
- Halpern, J. y Pucella, R. (2011). Dealing with logical omniscience: Expressiveness and pragmatics. *Artificial Intelligence* 175, pp. 220-235.
- Halpern, J.; Moses, Y. y Vardi, M., (1994). Algorithmic knowledge. In 5th Conference on Theoretical Aspects of Reasoning about Knowledge, TARK'94 (pp. 255-266). San Jose, California. USA.
- Harel, G. y Sowder, L. (1998). Students' proof schemes: Results from exploratory studies. *Research in collegiate mathematics education* 3, pp. 234-283.
- Hargadon, A. y Bechky, B. (2006). When collections of creatives become creative collectives: a field study of problem solving at work. *Organization Science* 17(4), pp. 484-500.
- Hayes, J. (1989). *The complete problem solver*. Erlbaum. USA
- Holvikivi, J. (2010). Conditions for successful learning. In Reynolds, N. y Turcsányi, M. (Eds.), *Key Competencies in the Knowledge Society* (pp. 155-164). Australia: Springer.
- Ibañes, M. (2001). Cognitive aspects of learning mathematical proofs in students in fifth year of secondary education. PhD thesis, Universidad de Valladolid, Spain.
- Jacquette, D. (2006). *Philosophy of Logic*. North Holland. UK.
- Jeppesen, L. y Lakhani, K. (2009). Marginality and problem solving effectiveness in broadcast search. *Organization Science* 20, pp. 1-44.
- Johnson, M. y Lawson, A. (1998). What are the relative effects of reasoning ability and prior knowledge on biology achievement in expository and inquiry classes? *Journal of Research in Science Teaching* 35(1), pp. 89-103.
- Jonassen, D., Strobel, J. y Lee, C. (2006). Everyday problem solving in engineering: Lessons for Engineering Educators. *Journal of Engineering Education* 95(2), pp. 139-151.
- Konolige, K. (1986). *A Deduction Model of Belief*. Morgan Kaufmann. San Francisco.
- Lieberman et al (2002). Reflection and Reflexion: A Social Cognitive Neuroscience Approach to Attributional Inference. *Advances in Experimental Social Psychology* 34, pp. 199-249.
- Lithner, J. (2000). Mathematical reasoning in school tasks. *Educational Studies in Mathematics* 41, pp. 165-190.
- Longrew, J., Huelles, M. y Xionak, C. (2014). The art and science of Systems Engineering. *Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales y la Ingeniería de Software* 4(2), pp. 27-34.
- Marrades, R. y A. Gutiérrez (2000). Proofs produced by secondary school students learning geometry in a dynamic computer environment. *Educational Studies in Mathematics* 44, pp. 87-125.
- Moore, R. C. y G. Hendrix (1979). Computational models of beliefs and the semantics of belief sentences. Technical Note 187. SRI International. Menlo Park.
- Moss, J., Kotovsky, K. y Cagan, J. (2006). The role of functionality in the mental representations of engineering students: Some differences in the early stages of expertise. *Cognitive Science* 30(1), pp. 65-93.

- Pop, H. y Pop, L. (2007). Education for engineering students - The case of logic. Proceedings 6th International Conference on Electromechanical and Power Systems (pp. 259-264). Chisinau, Moldova.
- Popkin, R. y Stroll, A. (1993). Philosophy Made Simple. Random House Digital, Inc. UK.
- Rantala, V. (1982). Impossible world's semantics and logical omniscience. Acta Philosophica Fennica 35, pp. 18-24.
- Rodríguez, C. y González, S. (2008). El proceso de razonamiento lógico y la enseñanza de la planificación estratégica. Actualidad Contable FACES 11(17), pp. 111-121.
- Scheibler, S. et al. (2006). Creating a "Global Algorithm" for Engineering Education. Proceedings Collaborative & New Efforts in Engineering Education (pp. 1-11). Chicago, USA.
- Serna M.E. (2011). Abstraction as a critical component in Computer Science training. Revista Avances en Sistemas e Informática 8(3), pp. 79-83.
- Serna, M.E. & Polo, J. (2014). Logic and abstraction in engineering education: A necessary relationship. Revista Ingeniería Investigación y Tecnología XV(2), pp. 299-310.
- Serna, M.E. (2013). Logic in Computer Science. Revista Educación en Ingeniería 8(15), pp. 62-68.
- Serna, M.E. (2014). Methodology for perform literature reliable reviews. In press.
- Serna, M.E. (2015). Por qué falla el sistema educativo. Medellín: Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.
- Serna, M.E. y Flórez, G. (2013). El razonamiento lógico como requisito funcional en ingeniería. Proceedings Eleventh Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (pp. 1-10). Cancún, México.
- Serna, M.E. y Serna, A.A. (2013). Logic in Computer Science. In XII Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática (CISCI 2013). Orlando, Florida. EE.UU.
- Serna, M.E. y Serna, A.A. (2014). Methodology for perform reliable literature reviews. Revista Información, cultura y sociedad. In press.
- Serna, M.E. y Serna, A.A. (2015). Knowledge in Engineering: A View from the Logical. International Journal of Computer Theory and Engineering 7(4), pp. 325-331.
- Simon, M. (1996). Beyond inductive and deductive reasoning: The search for a sense of knowing. Educational Studies in Mathematics 30, pp. 197-210.
- Stenning, K. y Monaghan, P. (2005). Strategies and knowledge representation. In Leighton. J. y Sternberg, R. (Eds.), The nature of reasoning (pp. 129-168). Cambridge University Press. USA.
- Sternberg, R. (1985). Beyond IQ: A triarchic theory of human intelligence. Cambridge University Press. New York.
- Sternberg, R. (1986). Intelligence applied? Understanding and increasing your intellectual skills. Harcourt Brace Jovanovich. USA.
- Urbanski, M. (2011). Logic and Cognition: Two Faces of Psychologism. Logic and Logical Philosophy 20, pp. 175-185.
- Urbarínski, M. (2011). Logic and cognition: Two faces of psychologism. Logic & Logical Philosophy 20(1-2), pp. 175-185.

APÉNDICE (Artículo científico)

El razonamiento lógico y su influencia en el desarrollo de las habilidades ingenieriles

Logical reasoning and its influence on the development of engineering skills

Edgar Serna M., Juliana Montoya A., Juan Bedoya M.

RESUMEN

De forma generalizada, se reconoce que el trabajo de los ingenieros consiste fundamentalmente en detectar, identificar, analizar y resolver problemas. En todas es actividades deben ser lógicos y eficientes para llegar a soluciones fiables. En este sentido, es necesario que desarrollen el razonamiento lógico, porque de otra forma sus habilidades ingenieriles no estarán a la altura de cada situación problemática. Se llevó a cabo una investigación con el objetivo de determinar la influencia del desarrollo del razonamiento lógico en las habilidades ingenieriles. Se encontraron 87 trabajos de los cuales se analizaron 21. Los resultados demuestran que los estudiantes de ingeniería deben desarrollar primero su capacidad lógico-interpretativa y abstractiva, para potencializar el razonamiento lógico que requieren para ser verdaderos ingenieros solucionadores de problemas.

Palabras clave: Ingeniería, resolución de problemas, lógica, abstracción, pensamiento abstracto.

ABSTRACT

Widely, it recognized that the work of engineers it is essentially to detect, identify, analyze and solve problems. Is in all this activities must be logical and efficient to reach reliable solutions. In this sense, it is necessary to develop logical reasoning, because otherwise their engineering skills are not up to every problem situation. Was carried out an investigation in order to determine the influence of the development of logical engineering reasoning skills. 87 jobs were found from which were analyzed 21. The results show that engineering students must first develop their logical-interpretative capacity and abstract, to potentiate the logical reasoning they need to be real problem solvers engineers.

Keywords: Engineering, problem solving, logic, abstraction, abstract thinking.

INTRODUCCIÓN

Aunque se acepta y reconoce que el trabajo de los ingenieros consiste primordialmente en resolver problemas, diferentes investigadores opinan que estamos lejos de que lo logren eficientemente. Las razones van desde la falta de un adecuado plan de estudios y de su poca internalización, hasta profesores poco comprometidos y un sistema educativo anclado en la Era Industrial. La conclusión común es que se deben atender todos estos problemas, pero indiscutiblemente primero hay que desarrollar en los estudiantes un grado de razonamiento lógico conforme con la complejidad de los problemas actuales. Porque la vida humana se desarrolla en medio de problemas, desde los más simples hasta los más complejos y cuando involucran conglomerados sociales se incrementa los efectos de una solución mediocre o inexistente.

La sociedad actual, como ninguna otra en la historia, se enfrenta a desafíos complicados que debe comprender analizar y solucionar para asegurar su supervivencia (Gellatly, 1986). En este escenario se desarrolla el trabajo de los ingenieros, quienes deben mantener una permanente comunicación con la realidad, y convertirse en los profesionales que esta sociedad reclama. 39

eso es que deben prepararse como solucionadores de problemas, con un nivel de razonamiento lógico alto y con habilidades para la resolución de problemas, que los mantengan competitivos, pero, sobre todo, eficientes y eficaces cuando sean requeridos. La ingeniería es un campo del conocimiento en el que se aplican y materializan las teorías científicas, y en ese sentido requieren principios de las Ciencias Básicas para alcanzar sus objetivos. Los profesionales encargados de lograrlo son los ingenieros, quienes en su formación deben adquirir una amplia comprensión del funcionamiento del mundo y de las necesidades humanas (Hakkarainen et al., 2004). Además de estas habilidades, desarrollan una capacidad lógico-interpretativa y abstractiva, incluyendo profundos conocimientos lógicos y un razonamiento lógico estructurado (Moss, Kotovsky y Cagan, 2006).

Se han desarrollado diversas investigaciones con el objetivo de encontrar la relación entre el desarrollo del razonamiento lógico y su relación con las habilidades ingenieriles, y concluyen que la capacidad del razonamiento lógico depende del desarrollo de habilidades intelectuales generales. Por eso es que los estudiantes de ingeniería que razonan lógicamente y que resuelven adecuadamente los problemas, reflejan esas habilidades en su trabajo profesional (Johnson y Lawson, 1998). Sin embargo, la educación en ingeniería todavía no involucra ampliamente principios como la lógica, la abstracción, la resolución de problemas en los planes de estudios. Esto genera que los estudiantes no desarrollen por lo menos un pensamiento lógico (Capizzo, Nuzzo y Zarcone, 2006). El éxito de la labor ingenieril depende en gran medida de que los ingenieros desarrollen el razonamiento lógico, pero hacerlo no es un proceso de último momento en su formación, sino que debe comenzar desde las fases primarias de la escuela (Serna, 2015).

Uno de los pioneros en estos temas, David Parnas, dijo alguna vez que para los ingenieros es esencial una sólida formación y comprensión de la lógica y la abstracción, porque en la ingeniería son áreas que no se pueden interpretar libremente. En esta profesión, la capacidad para resolver problemas es un componente importante e inclusive muchos lo consideran el núcleo de su ejercicio (Longrew, Huelles y Xionak, 2014). Para la generalidad de los autores de la revisión, las soluciones a los problemas serán más eficaces si se sustentan en procedimientos y modelos construidos con sólidos fundamentos lógicos. Por eso es que debe ser natural para los ingenieros desarrollar razonamiento lógico, porque les permitirá aprovechar sus habilidades y destrezas para resolver los problemas, considera a la vez el centro de su plan de estudios.

En este artículo se describen los resultados de una investigación que se llevó a cabo con el objetivo de determinar la influencia del desarrollo del razonamiento lógico en las habilidades ingenieriles. En la primera sección se describe la metodología aplicada; en la segunda de muestran los resultados en el estado del arte y la respuesta a las preguntas de investigación; en la tercera se hace un análisis a los resultados y en la cuarta se hace la conclusión al trabajo realizado.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo de esta investigación se utilizó la propuesta de Serna y Serna (2014), acerca de cómo realizar revisiones fiables de la literatura. A continuación, se describen los siete pasos definidos por estos investigadores.

1. *Definir el área temática:* Razonamiento lógico e ingeniería.
2. *Definir las preguntas de investigación*

- ¿Qué se entiende en la literatura por razonamiento lógico?
 - ¿En qué grado se divulga la experimentación y la investigación en desarrollo del razonamiento lógico?
 - ¿Existe alguna relación entre el desarrollo del razonamiento lógico y el desarrollo de habilidades y capacidades para solucionar problemas?
3. *Definir el proceso de búsqueda*
- Términos de búsqueda: *logical reasoning, engineering, logic, abstraction, ability, problem solving.*
 - Bases de datos: IEEEExplore, ACM Digital library, ScienceDirect, SpringerLink, Social Psychology Network, Web of Science.
4. *Definir los criterios de inclusión y exclusión*
- Trabajos publicados en la línea de tiempo 2001-2015
 - Trabajos que relacionen claramente resultados de investigación en el área de interés
 - Estudios en los que se verifican resultados
 - Investigaciones que expresa claramente su enfoque
 - Estudios cuyo método de investigación es el experimental
5. *Definir la valoración de la calidad*
- Fuente (factor de impacto), resultados verificables, aceptación, trayectoria del autor(es), aplicación, relevancia de la organización, sistema de verificación y validación de resultados.
6. *Definir la recopilación de datos*
- Tipo de publicación: journal, book, conference, workshop, technical report, report results, corporate site, researcher, specialist.
 - Editorial
 - País
 - Fecha
 - Clasificación temática: Ingeniería, neurociencia, filosofía, psicología, matemáticas.
 - Enfoque de investigación: cualitativa, cuantitativa, mixta.
 - Método de investigación: experimental.
7. *Definir el análisis de datos*
- Con base en los resultados responder cada una de las preguntas de investigación
 - Analizar e integrar los resultados con los encontrados en los otros procesos de revisión

RESULTADOS

Luego de aplicar la metodología para la búsqueda de la literatura, se encontraron 87 trabajos relacionados. Pero al aplicar los criterios de inclusión y exclusión y de calidad, la muestra se redujo a los 21 que a continuación se describen.

Estado del arte

El pensamiento sistémico permite analizar los elementos de una situación determinada de forma global, no de forma aislada (Bartlett, 2001). Su poder reside en la sencillez y la eficacia del proceso u permite encontrar el enfoque sistémico en cualquier situación. Cuando se desarrolla adecuadamente, los estudiantes lo pueden utilizar para obtener una perspectiva más profunda acerca de sus habilidades ingenieriles. El problema surge cuando el estudiante no está preparado para superar la disonancia cognitiva de buscar algo antes de saber lo qué. Por eso es

necesario que primero desarrolle el razonamiento lógico, especialmente cuando sus habilidades le deben permitir resolver problemas.

De acuerdo con Felder y Silverman (2002), existen diversos estilos de aprendizaje y métodos de enseñanza en la educación en ingeniería, y los profesores, los planes de estudios y las didácticas se deben adaptar a las necesidades de una ciencia cambiante. Estos desajustes conducen al bajo rendimiento de los estudiantes, a la frustración de los profesores y a una baja capacidad de los profesionales para comprender y solucionar problemas. Pero, aunque los estilos de aprendizaje son variados, la inclusión de un número relativamente pequeño de técnicas didácticas debería ser suficiente para satisfacer las necesidades de la mayoría de ellos. La idea, sin embargo, es no utilizar todas las técnicas en cada clase, sino más bien para recoger varias que parezcan factibles, y probarlas. Pero todo el proceso debe estar orientado a desarrollar habilidades de razonamiento lógico, porque son la base para que el profesional comprenda y abstraiga los problemas que intenta resolver. De esta manera, un estilo de enseñanza que sea a vez eficaz para los estudiantes y cómodo para el profesor, va a evolucionar de forma natural y relativamente sin contratiempos.

Para Jonassen, Strobel y Lee (2006), los estudiantes de ingeniería deberían aprender a solucionar problemas, ya que van a ser contratados para ello. El problema es que los problemas que encuentran en el lugar de trabajo, difieren de los que se les enseña en el salón de clases. Estos autores muestran estudios cualitativos de problemas de ingeniería en el aula, que son mal estructurados por los estudiantes debido a que son complejos. Y los estudiantes presentan conflictos y los intentan solucionar por distintos métodos. Al final presentan algunas implicaciones a tener en cuenta en los planes de estudios para preparar mejor a los estudiantes para su desarrollo profesional. En general, sus recomendaciones se orientan a trabajar en mayor medida el razonamiento lógico en el aula.

Hargadon y Bechky (2006) presentan un modelo de creatividad colectiva, que explica cómo en ocasiones las interacciones de un individuo pueden afectar al colectivo. El modelo se basa en observaciones, entrevistas, conversaciones y datos de estudio. La evidencia muestra que a pesar de que algunas soluciones parecieran partir de una visión individual, en realidad son un proceso colectivo, la forma como trabajan la mayoría de ingenieros. Para los investigadores, la creatividad colectiva refleja un cambio cualitativo en el proceso colectivo, como una compensación entre la comprensión del problema y la generación de soluciones colectivas, que llevan a replantear las experiencias previas.

Por otro lado, Scheibler et al. (2006) plantean estandarizar los productos que evidencian los progresos en el aprendizaje de los estudiantes de ingeniería, como los exámenes, y reutilizar las lecciones aprendidas con el fin de redirigir el conocimiento adquirido a nuevos métodos y protocolos para afinar la relevancia de la tecnología contemporánea en el aula y los laboratorios. La educación en ingeniería ha mantenido un equilibrio constante entre requisitos técnicos y no-técnicos, además de la sabiduría popular y la experiencia práctica, haciendo mayor énfasis en la capacidad técnica, lo que ha asegurado una profesión operativa. Pero con los cambios y necesidades sociales, estos procedimientos están cada vez más alejados de la realidad, por lo que es necesario replantear el desarrollo del razonamiento lógico en las aulas ingenieriles. Es decir, los procesos deben ser más amplios y con cobertura global, para que el desarrollo profesional no comprometa la experiencia técnica necesaria para competir en el escenario del siglo XXI. La conclusión de este estudio es que el filtro educativo para la lógica se debe ampliar, para preparar a la siguiente generación de ingenieros para que ingresen al mundo tecnológico con una ventaja competitiva, y para que administren adecuadamente los recursos del planeta.

En el trabajo de Pop y Pop (2007) se expone a la lógica como uno de los factores más importantes en la filosofía, las matemáticas y la informática, y de cómo puede ser utilizado en la formación de ingenieros para facilitarles el aprendizaje y el desarrollo de habilidades para solucionar problemas y para adaptarse a las nuevas necesidades sociales. La conclusión de estos autores es que el desarrollo del razonamiento lógico es un componente necesario en la formación ingenieril, y que es necesario darle importancia y fortalecer su uso mediante nuevas prácticas, para que los estudiantes se familiaricen con la lógica y puedan aplicarla mejor en su ejercicio profesional.

Por su parte, para DeWall, Baumeister y Masicampo (2008), los seres humanos están equipados con un potente cerebro que permite la conciencia y la reflexión, lo que nos diferencia de otras especies. Y, aunque la psicología ha creado una tendencia de cuestionar los beneficios de la conciencia, estos investigadores prueban una hipótesis que estructuran desde cuatro estudios. Estudio 1: se encuentran disminuciones en razonamiento lógico cuando la carga cognitiva vuelve a ocupar el razonamiento lógico y obstaculiza el sistema no consciente de pensamientos conscientes. Estudio 2: activación no consciente de la idea del razonamiento lógico que aumentó la activación de los procesos de la lógica, pero no logra mejorar el rendimiento del razonamiento. Estudio 3: conclusiones lógicas que sean en gran parte intuitivas y no dependan del razonamiento lógico. Estudio 4: la estimulación de una meta consciente da lugar a un mejor rendimiento del razonamiento lógico. Los resultados ofrecen evidencia de que el razonamiento lógico es ayudado por el sistema de procesamiento consciente, reflexivo para desarrollar habilidades en la resolución de problemas.

Rodríguez y González (2008) aplican el proceso del razonamiento lógico (PRL) en la planificación estratégica, e interrelacionan cuatro inteligencias: cognitiva, afectiva, operacional y reflexiva, que son innatas del individuo. El programa tuvo una duración de 32 horas y se impartió a 9 estudiantes. El proceso consta de siete etapas: solicitud de audiencia, definición de actividades, diseño del programa, aplicación del programa, instrucción del PRL, aplicación del nuevo programa y evaluación de los efectos del programa. Los resultados muestran una mejora en la capacidad de análisis y en la capacidad reflexiva de los estudiantes acerca de la resolución de problemas.

Formular una solución eficiente se relaciona directamente con un incremento de la distancia entre el conocimiento y las habilidades de los solucionadores y el campo focal del problema (Jeppesen y Lakhani, 2009). Un resultado adecuado contribuye a que en la literatura emergente se propague la innovación abierta y distribuida, demostrando el valor de apertura, al menos en el sentido estricto por los problemas que se revelan. También se aporta a mejorar, por ejemplo, la teoría del conocimiento empresarial, demostrando la eficacia de un mecanismo de extracción del conocimiento desde diversas fuentes, internas y externas, para resolver los problemas internos. Pero esto solamente será posible si los solucionadores han desarrollado habilidades de razonamiento lógico.

Carmona y Jaramillo (2010) presentan una investigación cuyo propósito es reflexionar sobre el razonamiento lógico, y hacen aportes para desarrollarlo en un contexto académico en el área de las Ciencias Naturales. Crean una unidad didáctica enfocada en la resolución de problemas y seleccionan tres estudiantes a los cuales aplican una prueba psicométrica. A partir de ahí desarrollan un plan de observación para aplicarlo en el desarrollo de una unidad respectiva. Al comparar los resultados iniciales y finales evidenciaron un incremento en el nivel de su razonamiento. De la misma forma que estos investigadores obtuvieron sus resultados en las Ciencias Naturales, es posible adaptar su experimento a procesos en las áreas ingenieriles.

Holvikivi (2010) reporta que los primeros cursos que se imparten en las universidades acerca de la lógica para la programación, a menudo no logran motivar a los estudiantes para continuar sus estudios ingenieriles. Esto se debe a que ellos tienen dificultades para desarrollar habilidades lógicas y no están en condiciones de aplicar un razonamiento lógico consistente para seguir instrucciones de manera sistemática. Por otro lado, la transferencia de habilidades de pensamiento lógico desde las matemáticas no logra los resultados esperados. Concluye que existen múltiples dificultades para describir el proceso del desarrollo del razonamiento lógico en la resolución de problemas, por lo que las habilidades son ambiguas. Otro problema es que el conocimiento que se transmite en el aula no es fácil de describir, puesto que se basa en el conocimiento experto del profesor y se va acumulando a través de experiencias y ejercicios alejados de la realidad. Por eso se requiere una forma de crear patrones mentales apropiados, para poder aplicar el razonamiento lógico en la práctica.

Para Serna (2011), es un hecho que algunos ingenieros son capaces de producir diseños y soluciones claros y elegantes, mientras que otros no pueden. Por lo que se pregunta si esto será cuestión de inteligencia y si mediante formación y entrenamiento será posible mejorar en los estudiantes estas habilidades. En su trabajo explora respuestas a estos interrogantes y argumenta que, para los profesionales y estudiantes de Ciencias Computacionales, es crucial poseer una buena comprensión de la abstracción. Por lo tanto, su conclusión es que estas áreas del conocimiento deben procurar habilidades de razonamiento lógico en los estudiantes, mediante el desarrollo de la capacidad lógico-interpretativa y abstractiva.

Urbarínski (2011) presenta el análisis de dos conceptos del psicologismo en la lógica: el de Frege y el de Husserl. Los resultados demuestran que ambos están en contra y lucharon contra el nuevo psicologismo, o cognitivismo, porque generaba un gran cambio en la era contemporánea de la lógica. A través del desarrollo de temas como la lógica orientada cognitivamente, el investigador indica nuevos campos para el análisis lógico, nuevos métodos y herramientas necesarias para hacerles frente, bases neutrales del razonamiento lógico y los problemas que existen en la formación de ingenieros. Su conclusión es que, puesto que no hay una forma reglada de enseñar lógica, las preguntas que giran en torno al psicologismo y a la misma lógica todavía no se responden satisfactoriamente.

El nivel de pensamiento de los estudiantes se puede medir en términos de su capacidad para resolver problemas, lo que necesariamente sugiere el desarrollo del pensamiento lógico y de las habilidades cognitivas necesarias (Ahmad, Noh y Noh, 2012). Esto les permite generar hipótesis y abstracciones a nivel de pensamiento, aunque actualmente no se logre el desarrollo suficiente para tener resultados previsibles. Los autores recomiendan que, para desarrollar el nivel de pensamiento y razonamiento lógico, el trabajo en el aula debe ser independiente y variable. Proponen que un estudiante de ingeniería debe desarrollar cierto nivel de habilidades lógicas para comprender y enfrentar los problemas de la vida diaria, y además perfeccionar su razonamiento para hacerles frente a las necesidades sociales.

Básicamente, Dirksen (2012) plantea el funcionamiento del aprendizaje, y parte de la hipótesis de si algo se repite las veces necesarias, con el tiempo se grabará en la memoria a largo plazo, pero advierte que existen limitaciones. La memoria se basa en la codificación y la recuperación, por lo que los diseñadores de aprendizaje deben pensar en cómo se introduce el material educativo en la memoria a largo plazo, y también en cómo pueden los estudiantes recordarlo más tarde. La cuestión es que ellos se encuentran asediados con un flujo constante de información, y debido a la falta de dinamismo en el aula se corre el riesgo que se habitúen a estímulos monótonos. Para la mayoría de profesores y administrativos, el unir el contexto

emocional del aprendizaje con el contexto emocional del estudiante para recordar, la repetición y la memorización logran codificar la información en la memoria de largo plazo. Lo que no tienen en cuenta es que existen diversos y diferentes tipos de memoria y de estudiantes, por lo que ésta es una estrategia limitada.

Daugherty (2012) describe un modelo específico en el que se identifican varias características para unificar conceptos de ingeniería en los procesos de enseñanza con los estudiantes: comenzar con metas específicas de aprendizaje en la mente e identificar puntos de entrada o "portales" para infundir un verdadero enfoque de ingeniería; modificar o desarrollar el plan de estudios como un desafío; luego, con la experiencia del aprendizaje de los conceptos infundidos, desarrollarles el razonamiento lógico necesario para comprender el mundo mediante las habilidades necesarias. Otra cuestión que esta investigación revela es la importancia de que los profesores tengan la preparación necesaria para lograrlo: experimentar el plan de estudios; entender los ciclos y los procesos involucrados en el enfoque; aprender el contenido de la ingeniería; y experimentar en el aula sin temor al error.

En el trabajo de Serna (2013) se presenta un análisis a la necesidad de incluir a la lógica en los procesos formativos en Ciencias Computacionales e ingeniería. Este investigador parte de un recorrido por la historia de la lógica en estas áreas, posteriormente describe la relación y la necesidad de incluirla en los procesos formativos relacionados y al final analiza qué, cuándo y qué tan profundo se debería trabajar la misma en la formación respectiva. Se trata de una revisión al estado del arte y a la importancia de incluirlo en los planes de estudios de los programas ingenieriles. De ello depende que los profesionales estén capacitados para analizar y solucionar los problemas complejos de la sociedad de este siglo.

En los métodos de enseñanza se pueden incorporar actividades meta-cognitivas y planteamientos para la resolución de problemas (Ghasempour, Bakar y Jahanshahloo, 2013). Pero esto implica que los estudiantes tienen la responsabilidad de encontrar nuevos problemas y reformularlos para encontrar una solución, lo que genera un ambiente de investigación basado en el aprendizaje. También implica que los profesores deberán crear escenarios con situaciones adecuadas, para que los estudiantes los analicen y detecten los posibles problemas. En este trabajo se analizan los resultados de una investigación relacionada con la clasificación de problemas y de las actividades meta-cognitivas. Y en los resultados se anima a los profesores para que incorporen a los estudiantes en actividades de meta-cognitivas de razonamiento lógico y de resolución de problemas en el aula.

Serna y Polo (2014) tratan la relación entre la lógica y la abstracción como necesaria en los procesos formativos de los ingenieros. Describen la importancia y la necesidad de formar en esta área del conocimiento y de la relación entre el ejercicio profesional de los ingenieros y el desarrollo y/o potencialización de su capacidad lógico-interpretativa y abstractiva para la resolución de problemas. Se trata de una investigación-revisión-reflexión acerca de la importancia de estos componentes, vistos estructuralmente desde el plan de estudios. Concluyen que solamente con un razonamiento lógico adecuado, los profesionales en ingeniería podrán desarrollar las habilidades necesarias que les demanda el mercado laboral.

Para Allo (2015), la conexión tradicional entre la lógica y el razonamiento lógico ha estado bajo presión desde que Gilbert Harman propuso que la lógica era una concepción heredada que determina las normas que debemos creer. De esta forma revolucionó todo lo que hasta entonces se entendía de la lógica. El autor desafía a Harman en el contexto más amplio de la dialéctica, y con base en revisionistas lógicos como Bob Meyer y algunos escépticos, que han trabajado sobre

el papel de la lógica en el razonamiento. Luego plantea un modelo formal basado en la epistémica contemporánea y lógica doxástica, en el que se pueden capturar las relaciones entre la lógica y normas para la creencia. Aunque no trata directamente la relación entre el desarrollo del razonamiento lógico y la formación en ingeniería, las bases conceptuales con válidas para este análisis.

En la investigación de Serna y Serna (2015) se concluye que un asunto importante de la formación de ingenieros es orientar los planes de estudios mediante procesos de detección y resolución de problemas, pero los sistemas de educación ignoran la necesidad de formar en el desarrollo del razonamiento lógico, para que dicha función se ejecute adecuadamente. En esta investigación se describen los conceptos de la lógica y la resolución de problemas como una necesidad de la formación ingenieril y el desarrollo profesional; además, los autores recomiendan tener en cuenta los requisitos de la información y las necesidades de la sociedad del conocimiento, para ajustar los procesos educativos de los futuros ingenieros.

Respuesta a las preguntas de investigación

Encontrar la respuesta a las preguntas planteadas en el protocolo de búsqueda se convirtió en un reto para los investigadores, en parte debido a la poca unicidad de conceptos y resultados en los trabajos analizados. Cada investigación presenta sus análisis de forma independiente y se requiere unificarlos, direccionándolos para alcanzar los objetivos trazados para este trabajo. A continuación, se resuelven los interrogantes planteados.

4. ¿Qué se entiende en la literatura por razonamiento lógico?

Para Carmona y Jaramillo (2010), se entiende como procedimientos generales que se utilizan en cualquier contenido concreto del pensamiento, que se asocian a las operaciones lógicas del pensamiento y que se rigen por reglas y leyes de la lógica, desprendiéndose de la amplitud de su aplicación. Y para Serna y Serna (2015), es un proceso racional del cerebro por el cual las personas encuentran las conclusiones correctas, pero que es difícil de lograr. Por su parte, de acuerdo con Urbarínski (2011), la lógica no es experimental o teórica mientras que la psicología se acerca al razonamiento humano. Por lo tanto, una teoría lógica no sirve si las personas no se comportan como deben. Además, si la teoría lógica es totalmente disjunta del razonamiento real, no sirve para nada. En resumen, el razonamiento lógico es el que se asocia a las operaciones lógicas del pensamiento y ayuda concluir de manera correcta; pero su desarrollarlo no es una tarea fácil.

5. ¿En qué grado se divulga la experimentación y la investigación en desarrollo del razonamiento lógico?

De forma muy general, se puede concluir que en este sentido es poco lo que divulga. Esta afirmación se sustenta en el hecho de que, de los 21 trabajos de la muestra final, solamente cuatro presentan resultados experimentales, mientras que tres describen procesos investigativos estructurados. Los demás se pueden clasificar como reportes de caso, revisiones o reflexiones. Esto se debe a que el trabajo es mayoritariamente disciplinar y en pocos casos multidisciplinar. Pero, de acuerdo con Serna y Serna (2015), es necesario conformar equipos transdisciplinarios para realizar este tipo de investigaciones. La razón es que la visión e interpretación desde una sola disciplina no es suficiente para comprender la importancia de este tema, y mucho menos para presentar una solución eficiente y eficaz. Si la intención es desarrollar el razonamiento lógico en la formación de los ingenieros, la experimentación y la

práctica deben abarcar conceptos desde áreas como la Neurociencia, las Ciencias Computacionales, la ingeniería, la didáctica, la psicología y muchas otras.

6. *¿Existe alguna relación entre el desarrollo del razonamiento lógico y el desarrollo de habilidades y capacidades para solucionar problemas?*

Para Serna y Serna (2015), lograr un pensamiento crítico dinámico y desarrollar fuertes habilidades de razonamiento lógico, les ayuda a los estudiantes a tomar mejores decisiones y a resolver problemas de manera eficiente. Y de acuerdo con Pop y Pop (2007), la importancia de cultivar la capacidad del pensamiento lógico en ingeniería es una necesidad en la que se ha enfatizado fuertemente en los últimos años. Por eso es que en muchas universidades se enfatiza en las pruebas de aptitud lógicas, y la capacidad de pensamiento lógico se utiliza como criterio en las decisiones de admisión y contratación en muchas empresas. La cuestión es que el sistema educativo actual, los profesores y los planes de estudios, todavía no se orientan a desarrollo y el cultivo de la capacidad de pensamiento lógico de forma sistemática (Serna, 2015).

De acuerdo con los resultados de esta revisión de la literatura, y de experiencias en el aula vividas por el primer autor, cuando un estudiante desarrolla su capacidad lógico-interpretativa y abstractiva, adquiere habilidades y capacidades para comprender y solucionar problemas que los diferencian de quienes no lo logran. El razonamiento lógico es valorado por los autores por su importancia en el ejercicio profesional de los ingenieros, particularmente de aquellas disciplinas en las que cotidianamente deben recurrir al ingenio para abstraer y modelar soluciones a problemas complejos. Por todo esto es posible concluir que el desarrollo del razonamiento lógico está directamente relacionado con el desarrollo de habilidades para comprender, analizar, abstraer y solucionar problemas, actividades cotidianas en la vida un ingeniero.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo con los trabajos analizados en la revisión de la literatura, el estudio del razonamiento lógico se experimenta mediante el descubrimiento de patrones de respuesta difíciles de explicar o que contradicen una teoría ya establecida, luego se crea un modelo que explica el patrón y por último se amplía el modelo para incluir situaciones que engloban fenómenos relacionados. Lo tradicional es que se tiende a investigar un tipo de razonamiento específico, usando una variante de una tarea experimental. Por ejemplo, si se investiga sobre la implicación condicional, se puede aplicar una tarea de selección. Por eso es que los experimentos tienden a descubrir un patrón de razonamiento, como por qué los estudiantes tienden a seleccionar opciones ya establecidas en lugar de generar sus propias respuestas.

Esto se refleja cuándo quedan expuestos a una situación en la que deben resolver cierto tipo de problema. En la mayoría de casos optan por resolverlo abordándolo de diferentes maneras, o planteando diferentes estrategias que puedan darle solución, y es poco común que desarrollen un estándar de solución que puedan reutilizar cuando sea necesario. Los investigadores han encontrado que la variabilidad individual en el rendimiento del razonamiento lógico se correlaciona con la capacidad para llevar a cabo ciertas tareas, pero no para otras. Para Carmona y Jaramillo (2010), al aplicar el modelo que proponen se podría predecir cómo la elección de una estrategia de solución podría variar con el desarrollo del razonamiento lógico. Y, con el tiempo, esa estrategia se podría reutilizar para comprender los resultados de una clase de fenómenos de razonamiento, tales como la habilidad de deducción independientemente de la tarea y la experiencia o la edad, con lo que es posible construir a una teoría unificada. Por otro lado, en la medida que las estrategias para la solución de problemas, y los problemas

mismos, se vuelven más complejos, se necesita desarrollar capacidades lógicas avanzadas que, de acuerdo con el tipo de problema, permitan seleccionar la mejor estrategia de solución, es decir, una estrategia lógica.

Debido a que el razonamiento lógico es no-cuantitativo, no se puede medir fácilmente, no existe una medida estándar que pueda indicar con precisión en qué grado se encuentra su desarrollo en una persona, pero existen varios factores que podrían indicar el grado del desarrollo del razonamiento lógico que una persona tiene en un momento dado. Algunos autores consideran que la argumentación es uno de ellos, debido a que el diálogo argumentativo exterioriza el razonamiento argumentativo, es decir, no hay forma de conocer exactamente lo que ocurre en el interior de la mente, pero una de las formas en que podemos aproximarnos es prestando atención a las discusiones, por ejemplo, entre estudiantes, acerca de cuestiones científicas. En este caso se centraron en la forma cómo deberían resolver los problemas propuestos, convirtiéndose en el conjunto de enunciados que ellos formulan, y que, aunque no sean totalmente correctos, permiten direccionar la construcción de conocimiento y expresiones directas de razonamiento lógico.

En este mismo sentido, se puede recomendar que, al realizar un análisis de un discurso argumentativo sobre cuestiones polémicas en lenguaje natural, se requiere, entre otras cosas, prestar atención al lenguaje mismo y ser capaz de analizar proposiciones relativamente ambiguas o vagas. Además, los investigadores en este tema deben estar preparados para desenredar la línea fundamental de argumentación en medio de extensos intercambios entre dos o más personas. Porque en una conversación de quienes realmente conocen y saben desenvolverse en un campo específico de la ciencia, sus argumentaciones y expresiones detonan su grado de conocimiento. Y, cuando ese conocimiento es muy arraigado, lo pueden expresar cotidianamente y hacerlo entendible para quienes los escuchan y que pueden no estar al tanto de ello. Esta forma de expresión es el reflejo de un razonamiento lógico en alto desarrollo, y puede servir como modelo para medir su grado.

Para otros, el valor de razonamiento lógico depende en parte del hecho de que los estudiantes pueden compartir lo que entiende con base a ciertas reglas y, por tanto, corregirse unos a otros argumentando los errores que consideran en los demás. La cuestión es que la mente humana puede llevar de mejor manera los procesos sistémicos o conscientes, que aquellos que son automáticos o inconscientes. Otra forma de poder interpretar esto es cuando se concibe la conciencia humana como la propiedad de un segmento de la mente individual, pero a largo plazo puede ser necesaria una dimensión interpersonal para alcanzar una comprensión completa de las situaciones que nos rodean. Mientras las personas sean más conscientes de su razonamiento, pueden interiorizar mejor el conocimiento, y así transmitirlo de adecuadamente a otras o emplearlo para resolver problemas. A este se debe que muchos de los autores analizados concluyan que, antes de desarrollar el razonamiento lógico, los estudiantes deben ser lógicos, utilizar la lógica en la vida cotidiana y usarla como una herramienta en cualquier ámbito que les toque vivir.

Cuando los estudiantes desarrollan su capacidad lógico-interpretativa y abstractiva, se puede afirmar que llegaron a la escala del dominio de la lógica. Esto se puede considerar como el primer peldaño en la escalera que los conduce hacia el razonamiento lógico. Los estudiantes de ingeniería son un caso particular de este determinismo, porque necesariamente están sujetos e inmersos a aplicar su ingenio para comprender y solucionar problemas. No se trata solamente de memoricen o interioricen conceptos y teorías, sino de que desarrollen un razonamiento lógico que les permita ubicarse en el mundo ingenieril que eligieron. Esto quiere decir que serán

profesionales con habilidades especiales para abstraer y modelar soluciones eficientes y efectivas.

CONCLUSIONES

Una definición ampliamente aceptada para razonamiento lógico es la que se asocia a las operaciones lógicas del pensamiento, como proceso racional del cerebro mediante el cual se llega a conclusiones correctas. Para esto se han llevado a cabo experimentos en los cuales se evalúa la capacidad de las personas para resolver problemas (Carmona y Jaramillo, 2010; Serna y Serna, 2015). Otros autores divulgan acerca de cómo reaccionan los estudiantes ante diferentes situaciones y problemas, que han llevado a que las instituciones modifiquen los programas educativos para que estos actores tengan una mejor visión de lo que representa resolver problemas, y a la vez para que comprendan el mundo de otra manera y puedan aplicar ese conocimiento en su mejoramiento (Felder y Silverman, 2002; Allo, 2015).

La mayoría de estas investigaciones giran en torno a áreas del conocimiento en las que predomina la lógica, tales como las Ciencias Computacionales, la psicología, las neurociencias y la neurocomputación. Y su objetivo es que los participantes aprendan a desarrollar o potencializar un pensamiento crítico que les ayude a mejorar sus destrezas, habilidades y capacidades para solucionar problemas (Pop y Pop, 2007; Urbarínski, 2011). Entre los estudios revisados se puede citar al de Ahmad, Noh y Noh (2012), quienes establecieron dos programas en Ingeniería y Ciencias, a los cuales solamente podían ingresar los estudiantes que alcanzaran el puntaje más alto en ciertas asignaturas. De 700 aspirantes, 145 completaron correctamente las respuestas del examen. Al evaluar los resultados, los autores observaron que, aunque los estudiantes demostraban un alto conocimiento de las materias y entendían las temáticas relacionadas, no mostraban un razonamiento lógico adecuado que les permitiera solucionar los problemas planteados. Por su parte, Holvikivi (2010) reporta el caso de un grupo de estudiantes de técnicas de programación, a los que se les enseñaron múltiples estrategias sobre Ciencias Computacionales, incluyendo herramientas de aprendizaje, didácticas y métodos pedagógicos. Este investigador observó que el nivel de aprendizaje de los participantes en cada uno de los cursos era bajo, en especial en lo relacionado con el desarrollo de habilidades matemáticas. Su conclusión fue que el desarrollo del razonamiento lógico necesario era afectado por factores tales como la cultura, la región de donde provenían y los conocimientos adquiridos en sus estudios previos.

Estos estudios revelaron que el desarrollo del pensamiento lógico solamente es posible cuando se comienza a trabajar desde las etapas iniciales del proceso formativo. Además, el resultado es que, cuando este razonamiento no se desarrolla adecuadamente, es complejo aprender a resolver problemas (Holvikivi, 2010). Entonces, ¿cuál es la relación entre el razonamiento lógico y el desarrollo de destrezas, habilidades y capacidades ingenieriles? Al razonamiento lógico se asocian los procedimientos más generales de la labor ingenieril, tales como la realización de operaciones lógicas: inferencias inmediatas, deducción, abstracción, refutación, demostración directa e indirecta y argumentación (Carmona y Jaramillo, 2010). Esto se debe a que, en esta profesión, la lógica es un tema fundamental que se utiliza en la vida diaria. Al aprender, estudiar y razonar acerca de los conocimientos, hechos, hipótesis y reglas de deducción, en realidad se utiliza la lógica, e incluso la falta de lógica indica algún tipo de lógica (Pop y Pop, 2007).

El trabajo que realizan los ingenieros consiste en detectar, comprender y solucionar problemas, por ello deben cultivar el razonamiento lógico y desarrollar una capacidad lógico-interpretativa y abstractiva que les ayude a tomar decisiones apropiadas, de manera rápida y eficiente (Serna

y Serna, 2015; Jonassen, Strobel y Lee, 2006). De ahí la importancia de la lógica y del razonamiento lógico en la formación y el desarrollo profesional de los ingenieros, porque de esta manera son capaces de ampliar su conocimiento y comprensión y desarrollan el autoconocimiento, comprenden los problemas y presentan soluciones eficientes y eficaces. En este sentido es necesario que desarrollen capacidades para reflexionar acerca de las funciones cognitivas y de las habilidades meta-cognitivas relacionadas con la lógica (Serna y Flórez, 2013).

REFERENCIAS

- Ahmad, Z., Noh, N. y Noh, N. (2012). A study on the significance of students' thinking level to student's performance. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 90, pp. 914-922.
- Allo, P. (2015). Logic, reasoning and revision. *Theoria* 82(1), pp. 3-31.
- Bartlett, G. (2001). Systemic thinking – A simple thinking technique for gaining systemic focus. The international conference on thinking “breakthroughs” 2001 (pp. 1-14). Los Angeles, USA.
- Capizzo, M., Nuzzo, S. y Zarcone, M. (2006). The impact of the pre-instructional cognitive profile on learning gain and final exam of physics courses: A case study. *European Journal of Engineering Education* 31(6), pp. 717-727.
- Carmona, N. y Jaramillo, D. (2010). El razonamiento en el desarrollo del pensamiento lógico a través de una unidad didáctica basada en el enfoque de resolución de problemas. Tesis de Maestría. Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de educación.
- Daugherty, J. (2012). Infusing engineering concepts: Teaching engineering design. Report Research ESI-0426421. National Center for Engineering and Technology Education.
- DeWall, C., Baumeister, R. y Masicampo, E. (2008). Evidence that logical reasoning depends on conscious processing. *Consciousness and Cognition* 17(3), pp. 628–645.
- Dirksen, J. (2012). *Desing for how to people learn*. USA: New Riders.
- Felder, R. y Silverman, L. (2002). Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering Education* 78(7), pp. 674–681.
- Gellatly, A. (1986). Skill at reasoning. In Gellatly, A. (Ed.), *The Skilful Mind: An Introduction to Cognitive Psychology* (pp. 159-170). London: Open University Press.
- Ghasempour, Z., Bakar, N. y Jahanshahloo, G. (2013). Innovation in teaching and learning through problem posing tasks and metacognitive strategies. *International Journal of Pedagogical Innovations* 1(1), p. 53-62.
- Hakkarainen, K. et al. (2004). *Communities of Networked Expertise: Professional and Educational Perspectives*. New York: Elsevier.
- Hargadon, A. y Bechky, B. (2006). When collections of creatives become creative collectives: a field study of problem solving at work. *Organization Science* 17(4), pp. 484-500.
- Holvikivi, J. (2010). Conditions for successful learning. In Reynolds, N. y Turcsányi, M. (Eds.), *Key Competencies in the Knowledge Society* (pp. 155-164). Australia: Springer.
- Jeppesen, L. y Lakhani, K. (2009). Marginality and problem solving effectiveness in broadcast search. *Organization Science* 20, pp. 1-44.
- Johnson, M. y Lawson, A. (1998). What are the relative effects of reasoning ability and prior knowledge on biology achievement in expository and inquiry classes? *Journal of Research in Science Teaching* 35(1), pp. 89-103.
- Jonassen, D., Strobel, J. y Lee, C. (2006). Everyday problem solving in engineering: Lessons for Engineering Educators. *Journal of Engineering Education* 95(2), pp. 139-151.
- Longrew, J., Huelles, M. y Xionak, C. (2014). The art and science of Systems Engineering. *Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales y la Ingeniería de Software* 4(2), pp. 27-34.
- Moss, J., Kotovsky, K. y Cagan, J. (2006). The role of functionality in the mental representations of engineering students: Some differences in the early stages of expertise. *Cognitive Science* 30(1), pp. 65-93.
- Pop, H. y Pop, L. (2007). Education for engineering students - The case of logic. *Proceedings 6th International Conference on Electromechanical and Power Systems* (pp. 259-264). Chisinau, Moldova.

- Rodríguez, C. y González, S. (2008). El proceso de razonamiento lógico y la enseñanza de la planificación estratégica. *Actualidad Contable FACES* 11(17), pp. 111-121.
- Scheibler, S. et al. (2006). Creating a "Global Algorithm" for Engineering Education. *Proceedings Collaborative & New Efforts in Engineering Education* (pp. 1-11). Chicago, USA.
- Serna M.E. (2011). Abstraction as a critical component in Computer Science training. *Revista Avances en Sistemas e Informática* 8(3), pp. 79-83.
- Serna, M.E. & Polo, J. (2014). Logic and abstraction in engineering education: A necessary relationship. *Revista Ingeniería Investigación y Tecnología* XV(2), pp. 299-310.
- Serna, M.E. (2013). Logic in Computer Science. *Revista Educación en Ingeniería* 8(15), pp. 62-68.
- Serna, M.E. (2015). Por qué falla el sistema educativo. Medellín: Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.
- Serna, M.E. y Flórez, G. (2013). El razonamiento lógico como requisito funcional en ingeniería. *Proceedings Eleventh Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology* (pp. 1-10). Cancún, México.
- Serna, M.E. y Serna, A.A. (2014). Methodology for perform reliable literature reviews. *Revista Información, cultura y sociedad*. In press.
- Serna, M.E. y Serna, A.A. (2015). Knowledge in Engineering: A View from the Logical. *International Journal of Computer Theory and Engineering* 7(4), pp. 325-331.
- Urbarínski, M. (2011). Logic and cognition: Two faces of psychologism. *Logic & Logical Philosophy* 20(1-2), pp. 175-185.

Juliana Montoya A

Juliana Montoya Atehortúa
Estudiante

Juan David Bedoya

Juan David Bedoya Montes
Estudiante



Prof. Edgar Serna M.
Asesor

FECHA ENTREGA: _____

Comité trabajo de grado de la Facultad

ACEPTADO___

RECHAZADO___

ACEPTADO CON MODIFICACIONES___

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

Consejo de Facultad

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título

Estado actual de la investigación y la experimentación en el desarrollo del razonamiento lógico

Objetivo

Establecer el mapa actual de desarrollo y de experimentación en el área del razonamiento lógico.

Plazo:	Inicio	24	03	15	Fin	29	02	16
---------------	---------------	----	----	----	------------	----	----	----

Intensidad Horaria Semanal			
Horas Práctica Social			
En funcionamiento – Negocio Incubado	SI		NO

2. PERSONAL Y EMPRESA

Empresa	
Representante	
Cargo	
Documento	
Dirección	
E-mail	
Teléfono	
Razón Social	
Asesor	
Jurado	

3. DESCRIPCIÓN Y ALCANCE

Descripción

Se creó un artículo dando solución a las preguntas de investigación planteadas y al objetivo general propuesto.

Alcance

Se logró construir un cuerpo del conocimiento alrededor del tema, el razonamiento lógico, para poder visualizar como se está trabajando en el campo , ya que en este caso los programas de ingeniería necesitan conocer el estado actual del desarrollo científico alrededor del razonamiento lógico para presentar proyectos de intervención que permitan mejorar didácticas, procesos evaluativos, y planes de estudios, y así lograr un mayor aprovechamiento del saber específico para la vida laboral de los profesionales

4. RECURSOS

Recursos

Para la elaboración del trabajo se utilizaron recursos electrónicos, de manera puntual, se revisaron artículos que trataban sobre el tema.

5. PARTICIPANTES

Nombre		Cedula
Juan David Bedoya Montes		1017195096
Juliana Montoya Atehortúa		1036641098
Observación		

6. SEGUIMIENTO

Seguimiento

Deserción				
Vinculación Laboral				
Práctica Profesional				
Trabajo de Grado Terminado	SI	X	NO	
Visita Empresarial Realizada	SI		NO	