

# ALGUNAS HABILIDADES QUE DEBE TENER UN ESTUDIANTE DE INGENIERÍA, COMO PENSADOR CRÍTICO, DESDE LA MATEMÁTICA

## SOME SKILLS THAT AN ENGINEERING STUDENT, AS A CRITICAL THINKER, SHOULD HAVE, FROM MATHEMATICS

Luis Fernando Plaza Gálvez, Efraín Vásquez Millán, Jorge Enrique De Los Ríos Giraldo  
Unidad central del Valle del Cauca. (Colombia)  
lplaza@uceva.edu.co, emillan@uceva.edu.co, jdelosrios@uceva.edu.co

### Resumen:

El futuro ingeniero se enfrenta a la solución de los problemas planteados según los objetivos del milenio, declarados por la ONU en el año 2000. Por lo que se convierte en un desafío, para los docentes, al tratar de instruir las habilidades que sus alumnos deben adquirir para enfrentarse a la resolución de estos problemas usando para ello principios éticos debidamente argumentados. Al presentarse un problema se espera que los estudiantes de ingeniería hayan obtenido los fundamentos matemáticos necesarios para su identificación y formulación, relacionando los conocimientos y técnicas respectivas, habilidades e ideas necesarias, aplicando modelos matemáticos. Por medio de la matemática, se coadyuva en la solución de estos problemas aplicando un razonamiento cuantitativo y emitiendo juicios bien fundamentados derivados de la información en diversos contextos. El estudio evidencia que, al poner en práctica desde el aula, las habilidades de pensamiento crítico (PC) a través de una serie de proyectos de intervención, con soporte matemático, se llegan a soluciones óptimas de ingeniería, lo cual redundan en un perfil competitivo tal como o exige hoy el sector productivo.

**Palabras clave:** ingeniería, Matemáticas, Pensamiento crítico, Resolución de Problemas

### Abstract:

The future engineer faces the solution of the problems raised according to the millennium objectives, declared by the United Nations Organization in 2000. Therefore, it becomes a challenge, for teachers, trying to teach the skills that their students must acquire to face the solution of these problems by using properly argued ethical principles. When a problem takes place, engineering students are expected to have obtained the mathematical foundations necessary for its identification and formulation, relating the respective knowledge and techniques, and the necessary skills and ideas, by applying mathematical models. Through Mathematics, it is possible to give solution of these problems by applying quantitative reasoning and making well -founded judgments derived from information in various contexts. The study shows that when putting into practice, from the classroom, critical thinking skills (PC) through a series of intervention projects, with mathematical support, optimal engineering solutions are reached, which result in a competitive profile as demanded by the productive sector today.

**Keywords:** engineering, mathematics, critical thinking, problem solving

## ■ Introducción

El presente reporte de investigación establece algunas habilidades en el estudiante de ingeniería, como pensador crítico, desde la matemática. Estas habilidades de pensamiento crítico (PC en adelante) permiten que los alumnos se enfrenten a desafíos y resuelvan problemas mediante el análisis de su pensamiento para tomar decisiones y sacar conclusiones. Este reporte permitió responder la pregunta: ¿Qué tipo de habilidades y destrezas cognitivas debe tener un estudiante de ingeniería, para pensar críticamente, desde la matemática?

Para lograr responder la pregunta planteada, este documento se estructura partiendo de una serie de referentes clásicos como Ennis (1985), Facione (1990), Halpern (1998) y finalmente Paul y Elder (2004) en los cuales se fundamentará las habilidades de PC a partir de la enseñanza de la matemática. El método usado será el de análisis y síntesis de dichos referentes, en las que las habilidades cognitivas que serán implementadas son las de análisis, interpretación, inferencia, explicación, evaluación y autorregulación. La mayor recomendación es el plantear desde el aula una serie de estrategias que permita poner en práctica dichas habilidades a través de proyectos de intervención como la emisión de concepto, la toma de una decisión y/o resolver un problema con argumentos del tipo matemático. Finalmente se evidencia las ventajas de poder contar con futuros profesionales de la ingeniería, pues estos podrían suplir los perfiles que el sector productivo hoy demanda pues tendrá mayores criterios al resolver problemas dando la mejor solución del tipo ambiental, económica y social.

La mayoría de los estudiantes están habituados a realizar actividades de aprendizaje con memorización de conceptos, fórmulas y resolución de problemas matemáticos, sin que vayan acompañados del desarrollo de habilidades de PC de un problema al que se enfrentan en la vida real. Al respecto, Lim (2021), afirma que los ingenieros a pesar de gozar de excelente fundamento lógico adolecen de pensar críticamente al resolver problemas cotidianos de ingeniería. El tratamiento de destrezas para este tipo de pensamiento permite que los estudiantes se acostumbren a enfrentar desafíos y resolver problemas mediante la reflexión y así poder tomar decisiones y emitir juicios. El PC es una habilidad importante de orden superior desde la matemática, para resolver situaciones problema, planteamiento de inferencias, estimación de probabilidades y es un fuerte soporte para la toma de decisiones, para lo que no se necesita la adquisición de habilidades especializadas (Piette, 2010, como se citó en Díaz y Montenegro, 2010).

Algunas acreditadoras como ABET (Acreditadora Internacional de programas de Ingeniería), por medio de los Resultados de Aprendizaje, indaga en que los programas de Ingeniería cumplan las competencias ideales a través de las habilidades, y entra ellas se tiene el PC, la cual se busca sea aplicada y estimulada a través de la matemática, siendo esta la principal justificación de esta investigación.

## ■ Marco teórico

En el desarrollo de este artículo, serán tenidas en cuenta las teorías clásicas expuestas por Ennis (1985), Facione (1990), Halpern (1998) y Paul y Elder (2004), así como su implementación de las habilidades de PC en la enseñanza de las matemáticas para ingeniería. La importancia de pensar críticamente desde la matemática permite desarrollar ideas, pues puede: verificar la veracidad de la información, producir decisiones racionales y respaldar un logro de aprendizaje. Además, contribuir en la reducción de errores, encontrar fallas en la resolución de problemas matemáticos y la capacidad de aplicación en nuevos problemas (Syafri et al., 2020).

Aunado a lo anterior, se hace patente la necesidad de desarrollar competencias específicas (vistas como herramientas) basadas en las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), como Macro datos (Big Data), Computación en la nube (Cloud Computing), Internet de las cosas (IOT) y Simulación, con el propósito de interactuar con los ambientes inteligentes que propone la Industria 4.0., siendo esto una implementación ineludible de la matemática en contexto, según lo recomiendan González-Hernández y Granillo-Macías (2020). Además, es importante, y a propósito de los objetivos del milenio, resaltar que a través de la ingeniería se busca brindar soluciones a un mundo sostenible, para ello se utiliza la denominada ingeniería sostenible, la cual se enfoca en los países en vía de desarrollo, a través de una educación coordinada entre la industria y la universidad como lo recomiendan Achebe et al. (2022).

## ■ Metodología

El trabajo ha consistido en métodos de análisis y síntesis de los contenidos de las publicaciones científicas y metodológicas sobre el tratamiento de algunas habilidades de PC. El estudio es del tipo documental cualitativo con un corte descriptivo y un enfoque deductivo, el cual permite identificar las principales habilidades sobre PC y su posterior implementación desde los cursos de matemáticas en los programas de ingeniería a través de varios escenarios vistos como estrategias en proyectos de intervención, de tal manera que se busque el fomento desde la matemática, y así contribuya a mejorar el pensamiento especialmente al resolver problemas.

## ■ Resultados

Para poder alcanzar el estatus de pensador crítico, el futuro ingeniero, debe propender por lograr las siguientes habilidades cognitivas, las cuales hacen parte de dicha formación integral, según lo expone Facione (1990) y son analizadas desde la matemática, así:

### *Habilidades cognitivas*

Las Habilidades cognitivas son definidas como acciones ágiles de tipo mental que les permite a las personas realizar procedimientos con datos obtenidos o de algún problema en particular que se pueda presentar y que conlleven a generar en él aprendizajes autónomos y comprender los desarrollos de los pensamientos que se puedan originar y así poder ponerlos en práctica en algún momento.

Las habilidades cognitivas se constituyen en pericias indispensables y pueden ser puestas es práctica, a través de la educación basada en competencias. Por medio de estas habilidades, el pensador crítico tiene conexiones conceptuales con el juicio reflexivo, la formulación y resolución de problemas, el pensamiento de orden superior, el pensamiento lógico, la toma de decisiones, el método científico, para formar ese juicio y monitorear y mejorar la calidad de ese juicio (Giancarlo y Facione, 2001).

### *Habilidades que debe tener un pensador crítico en ingeniería*

La literatura sobre la temática de PC no tiene muchos estudios orientados a la educación en ingeniería, lo cual es preocupante (Özyurt, 2015). Es importante resaltar que no existe una relación entre los estilos de aprendizaje y las habilidades de PC de los estudiantes de ingeniería (Leyva, 2019), por lo que la enseñanza en ingeniería de cualquier asignatura debe incluir la impartición de conocimientos y el desarrollo de habilidades de PC, teniendo como objetivo el cultivar pensadores críticos con actitudes y hábitos de PC, de modo que estén dispuestos y sean buenos en PC cuando la profesión lo amerite (Forawi, 2016). Según Willingham (2019), el análisis, la síntesis y la evaluación vistos como capacidades del PC, tienen un significado diferente en las diferentes especialidades de la ingeniería.

La importancia de la capacidad de pensar en el aprendizaje crítico matemático es poder desarrollar y comunicar ideas en ese aprendizaje, pues puede verificar la veracidad de la información, puede producir decisiones racionales y puede respaldar un mayor logro de aprendizaje, puede contribuir en reducir la presencia de errores, ayuda a encontrar fallas al resolver problemas matemáticos, la capacidad de aplicar conceptos a nuevos problemas. Al tener la capacidad de pensar críticamente, una persona puede regular, cambiar su mente, para que pueda decidir actuar con mayor precisión. Aquí el estudiante puede actuar de una forma racional y lógica, ser capaz de proporcionar conclusiones alternativas apropiadas capaces de examinar varios problemas presentes en la vida cotidiana (Syafri et al., 2020).

Es fundamental, retomar las palabras de Peña et al. (2022), los cuales mencionan que el objeto principal del ingeniero es la resolución de problemas por medio de herramientas y tecnologías que involucren la matemática, la lógica, la abstracción, la física, la modelación, la simulación, el análisis gráfico (como diagramas de flujo multifuncionales, diagramas de bloque, mapas conceptuales y mentales, etc.) y sistemas de iteraciones u otras técnicas de solución como la prueba de ensayo y error.

Se desea que los futuros ingenieros desde la matemática posean fuertes habilidades analíticas, exhiban ingenio práctico, dominen los principios de los negocios y la gestión, comprendan los principios de liderazgo, dinámico,

ágil, resistente y flexible a los cambios, y sean capaces de aplicar el conocimiento a nuevos problemas y nuevos contextos (NAE, 2005; Duderstadt, 2008).

Si se tiene en cuenta que las habilidades cognitivas (o estrategias de pensamiento), son el conjunto de aptitudes que le permite al ser humano el procesamiento de la información de todo aquello que lo rodea y así poder tomar un concepto de su entorno, por lo tanto, para poder alcanzar el estatus de pensador crítico, el futuro ingeniero, debe propender por lograr las siguientes habilidades cognitivas, las cuales hacen parte de dicha formación integral, según lo expone Facione (1990):

### *Análisis*

Debe estar en capacidad de detallar y caracterizar los argumentos, las solicitudes, requerimientos, exigencias y/o las evidencias que se presentan en una temática en especial al tratar de resolver un problema, por medio del estudio de las ideas expuestas. Cuando se esboza un problema de matemática básica, Cálculo Diferencial e Integral o Ecuaciones diferenciales, el estudiante debe tener la capacidad suficiente para comprender el argumento expuesto, los reclamos o exigencias, identificar las variables, los parámetros, las constantes, las ideas, así como los preconceptos y los resultados que involucren el problema objeto de solución, así como la capacidad de identificar la relación entre los datos proporcionados y los argumentos proporcionados por el razonamiento y tratar de descubrir nuevas relaciones y conexiones de todos los elementos e información que participa en el problema de matemáticas objeto de solución. Según la taxonomía de Bloom (1956), implica el desglose de todos los conceptos en sus componentes, para poder distinguir entre hecho e inferencia.

Incluye simultáneamente con los datos suministrados, su diferencia, claridad, la formulación de hipótesis (incluyendo sus componentes, tiempos, reconocimientos, así como la identificación y validez de las más adecuadas), sacar conclusiones. Es importante, que el estudiante logre identificar y reconocer los supuestos inmersos en el desarrollo de la resolución del problema matemático. Algunas evidencias de la presencia de esta habilidad se dan cuando se identifican las analogías y contrastes entre dos orientaciones distintas al resolver un problema en cuestión, cuando se organiza gráficamente una declaración establecida, etc.

Según Atabaki et al. (2015), con el análisis, se tiene un doble significado:

- Expresar significado y enfatizar experiencias, situaciones, información, eventos, ideas y criterios. Incluye componentes tales como clasificación, recodificación y claridad de significado;
- Reconocer una relación interpretativa real entre los enunciados, preguntas, conceptos, descripciones, juicios, experimentos, razones, información e ideas. Incluye componentes como la prueba de ideas, la investigación y el análisis de debates.

Para un mejor estudio de la indagación, es importante recurrir a otros datos complementarios que ayuden con una mejor comprensión y poder identificar los conceptos e ideas centrales de la información objeto de análisis. Ya con un buen análisis hecho, se pueden organizar y articular los pensamientos de forma concisa y coherente. Esta habilidad, cuenta con las siguientes sub-habilidades: ordenar ideas, examinar las ideas, identificar los argumentos, analizar los argumentos, dimensionar la información, validar la información.

### *Interpretación*

Debe tener claridad en la información suministrada, así como un correcto manejo al traducir de un lenguaje coloquial a un lenguaje matemático y viceversa dicha comunicación. Además, esta debe ser categorizada por orden de importancia, en otras palabras, la capacidad de comprender o expresar el significado de los datos o situaciones que se presentan en un problema matemático.

En esta comprensión se debe distinguir lo primordial como, reseñas, raciocinios, sucesos, manifestaciones, etc. Esta habilidad le permite al estudiante, entender y manifestar el sentido de muchas pruebas, seleccionándolas, organizándolas, diferenciando lo importante de que no lo es, para finalmente estructurar toda esta averiguación. Es importante para saber si la capacidad de considerar y decidir si la evidencia y las conclusiones obtenidas pueden generalizarse. Una buena interpretación de la información conduce a una buena claridad y no a pesar en ambigüedades, así como conducir a un buen enfoque del problema, así como lograr identificar la relación causa

efecto a la que hubiere lugar. Esta habilidad, cuenta con las siguientes sub-habilidades: Clasificar y categorizar la información, descifrar la transcendencia, aclarar el significado, tal como lo sustenta Facione (1990).

### *Inferencia*

Debe estar en capacidad de sacar conclusiones razonables y/o hipótesis (diferenciar entre verdaderas y falsas de los datos proporcionados) basadas en hechos, aspectos importantes, creencias, juicios, principios, conceptos u otras formas de representación bien sea del tipo algebraico con forma simbólica matemática, gráfico de funciones o de un sistema variacional, o de tablas de valores a partir de información suministrada, la cual será destacada, evaluada y desmenuzada y no en suposiciones, ni adivinanzas. Dicha información puede corresponder a los datos de un problema a resolver o la solución de uno y, ayudará a deducir consecuencias de la información suministrada. Lo anterior se hará por medio de un razonamiento inductivo o deductivo (Ennis, 1985; Paul, 1992), o por juicio de valor.

Durante la inferencia, se debe asegurar la evidencia apropiada para el problema, las conjeturas a las hipótesis, juicios, creencias, ideas, conceptos, explicaciones preguntas y soluciones alternativas, y a su vez sacar las conclusiones y opiniones apropiadas sobre el tema o problema (Facione, 1990). Por ejemplo, cuando se maneje una serie de posibilidades y de opciones de solución para confrontar un problema, se estaría haciendo uso de esta destreza. Adicionalmente Ennis (1989) señala que, en matemáticas, la prueba deductiva es el estándar de oro para la razón. Es importante que los ingenieros apliquen principios matemáticos de tal manera que puedan explicar sus razonamientos. Esta habilidad, cuenta con las siguientes sub-habilidades: Inducir, Deducir, consulta de pruebas, suponer alternativas, Generalizar, sacar conclusiones.

### *Explicación*

Aquí se espera que el estudiante, pueda justificar los resultados, los argumentos y/o los procedimientos, los fundamentos de prueba, ideales, metodologías usadas, de criterio o de contexto en las que se soportaron sus juicios y efectos; y presentar el razonamiento de uno en forma de explicaciones contundentes. Esta habilidad de la explicación está directamente relacionada con la comunicación y la expresión de los estudiantes, pues es la forma en que expresan sus pensamientos. Este proceso se ha formalizado en la tradición retórica del equipo académico de debate, con su enfoque en la argumentación, la lógica probatoria y la capacidad de raciocinio. Un enfoque holístico del PC (Heaslip, 2005) debe incluir los conceptos de escucha crítica, pensamiento, escritura, lectura y expresión oral. Por lo tanto, la idea de Schoenfeld (1985) de *hacer matemáticas* parece sugerir una congruencia significativa con las habilidades de PC de Facione (2007), cuando incluyó la capacidad de presentar de manera convincente y coherente los resultados del razonamiento propio y de enunciar y justificar ese juicio en la forma de argumentos convincentes como elementos esenciales de explicación del PC.

Además de esta habilidad, los expertos de Delphi (Facione et al., 1998) identificaron un conjunto de tres sub-habilidades que revelan la explicación. Estos incluyen declarar los resultados, como indicar los resultados de un problema a resolver o escribir el pensamiento actual sobre un asunto complejo; procedimientos de justificación, lo que podría implicar presentar todas las consideraciones utilizadas para formarse una opinión sobre algo; y presentar argumentos, como al escribir un documento de defensa que defiende una posición o política particular basada en evidencia e inferencia.

### *Evaluación*

Es la capacidad que tiene el estudiante de valorar la credibilidad, las declaraciones, proposiciones u otras representaciones que son relatos o descripciones de la percepción, experiencia, situación, juicio, creencia u opinión de una persona (sea su compañero de aula, su profesor o un autor específico); y para evaluar los argumentos técnicos, los datos y las apreciaciones de autoridades académicas, así como la fuerza lógica de las relaciones inferenciales reales o previstas entre declaraciones, descripciones, preguntas u otras formas de representación (Facione, 1990). La evaluación, por lo tanto, por lo tanto, es vista como la capacidad de encontrar y probar errores en un problema matemático.

El valor del juicio de ingeniería enfatiza la evaluación crítica y ayuda a los estudiantes a reconocer material externo pero relevante, evaluar técnicas propias y reconocer cómo usar diferentes técnicas juntas (Shaw et al., 2005). Los

estudiantes deben ser competentes para evaluar la fuerza lógica de las declaraciones, descripciones o preguntas (Facione et al., 1998). Cuando el docente hace la exposición de una temática en particular, el estudiante debe tener la capacidad y competencia necesarias para comprender, avalar ese nuevo conocimiento y a partir de allí iniciar una retroalimentación a procesos futuros, donde se requiera la aplicación de dicho conocimiento. Esta habilidad, cuenta con las siguientes sub-habilidades: evaluar afirmaciones, evaluar los argumentos y probar resultados.

### *Autorregulación*

Es la capacidad de evaluar juicios con la intención de valorar, corroborar, ratificar o modificar la reflexión y análisis de sus propias conclusiones. En otras palabras, es lo bien que son capaces los estudiantes de justificar o corregir con su juicio, autoevaluación y reflexión (Stedman, 2006).

A manera de ejemplo se tiene cuando el estudiante examina sus propias opiniones; monitorea a qué nivel está entendiendo lo que está en su cuaderno de notas o las notas dejadas por su profesor en el tablero; acordarse de diferenciar sus opiniones y aspiraciones personales de las de sus compañeros o docente o escrito de un libro de texto; asegurarse de recalcular nuevamente las operaciones y cifras; reconsiderar su interpretación o juicio en busca de realizar un análisis más profundo de los desarrollos algorítmicos y analíticos; revisar sus respuestas con base en los errores que haya podido descubrir en su reflexión; cambiar su concepto al darse cuenta de que ha juzgado equivocadamente la categoría de algunos parámetros en su decisión inicial (López-Novoa et al., 2020).

La autorregulación no funciona por sí sola; Está respaldada por dos habilidades secundarias, el autoexamen y la autocorrección. Estas dos habilidades secundarias complementarias requieren que los estudiantes reflexionen sobre su raciocinio y luego corrijan este en función de las deficiencias identificadas. Según Facione (2007), es la habilidad más importante, pues caracteriza el monitoreo, control y evaluación de nuestros propios procesos.

## ■ Recomendaciones

- Para implementar la comprensión del PC en los cursos de ingeniería, es importante revisar los currículos de las áreas básicas de ingeniería, componente profesional y humanística para incorporar contenido relacionado con la teoría crítica, el juicio reflexivo y los análisis de tecnología y ciencia. El PC en y sobre la ingeniería provocará que los estudiantes cuestionen el contenido del curso, los procesos de aprendizaje y la ingeniería en la sociedad.

- Se debe estimular e inculcar en el estudiante una serie de actitudes mentales, por medio de disposiciones, hábitos y rasgos o disposiciones intelectuales que probablemente mejoren tanto su capacidad de pensar críticamente como su tendencia a hacerlo.

- Asumiendo que los estudiantes de ingeniería son profesionales emergentes, se debe buscar que dichos estudiantes sientan la relevancia del conocimiento y las habilidades matemáticas y, por lo tanto, el pensamiento matemático y el PC en el aprendizaje de las matemáticas, a manera de ejemplo, mediante la introducción de conceptos matemáticos en el contexto de las aplicaciones de la ingeniería.

- La promoción del PC permite a los estudiantes examinar, evaluar, explicar y reconstruir su pensamiento, reduciendo el riesgo de asumir, actuar o pensar con una creencia errónea.

- Es importante colocar a consideración de los estudiantes, una serie de lecturas críticas sobre un tópico en especial (así la matemática sea una ciencia exacta, más que humanística, pero que se pueda articular), donde se les brinde las herramientas como el tiempo necesario, para que estimulen el análisis reflexivo, y al final se les proponga preguntas de tipo abierto, en la cual los alumnos puedan sustentar sus respuestas, y estén en capacidad de defender sus propuestas y si es el caso aceptar las de otros cuando sea necesario, además sean capaces de diferenciar la información relevante, de la que no lo es. Aparte de las respuestas esperadas, se desea que ellos también formulen preguntas sin temor alguno a través de un ambiente de libre expresión y propiciando el debate.

- Se debe proponer en el aula, proyectos complejos (resolución de un problema, estudio de un fenómeno y/o proceso), para ser analizados por grupos de estudiantes, en la que estos con el apoyo de la matemática y las habilidades antes expuestas, puedan implementar la administración de una solución, postulen conjeturas, emitan

juicios y conceptos, analicen y verifiquen las diferentes soluciones que se presenten, así como las consecuencias e implicaciones a las que haya lugar por medio de la operación de las diferentes variables, diversos parámetros y cambio en las constantes, condiciones iniciales y de frontera, a través de las diferentes simulaciones que se pudieran presentar. Al crear un nuevo conocimiento en el análisis de un proyecto, el estudiante, partiendo de sus presaberes puede llegar a confrontar sus argumentos y supuestos. Esta solución luego de ser debatida y discutida al interior de su grupo de trabajo debe ser comunicada al resto, donde exponen las diferentes posiciones y el por qué llegaron a la mejor solución luego de un consenso, permitiendo así una retroalimentación. Adicionalmente, al escuchar las respuestas de los demás grupos de estudio, pueda extraer lo más significativo y adoptarlo como una estrategia de solución a un futuro problema.

- Para perfeccionar el conocimiento, las habilidades y las disposiciones de PC de los alumnos, los docentes pueden generar una pedagogía educativa con acciones de aprendizaje productivas que fomenten las habilidades de PC.

- A los futuros profesionales de la ingeniería, se les debe enseñar a pensar críticamente, y el docente que modele las habilidades de PC.

- Es importante crear un ambiente en el aula, donde se promueva la colaboración, el diálogo abierto y la aceptación de diversos valores, creencias y perspectivas.

## ■ Conclusiones

- Es muy necesario, que los estudiantes manifiesten de forma abierta sus propios conceptos sin temor a ser juzgados, censurados o reprochados, y sus docentes puedan estimular comportamientos y actitudes de PC óptimas a través del modelado efectivo de esos comportamientos.

- Se han examinado y hasta cierto punto implementados métodos para cultivar el PC dentro de la educación en ingeniería. Esencialmente se han producido tres innovaciones principales, la primera es el establecimiento de un curso inicial para los estudiantes sobre qué significa este tipo de pensamiento, por qué es importante que un ingeniero tenga tal habilidad y cómo incorporar esta habilidad en la práctica diaria de ingeniería. La segunda innovación fue la creación de un seminario / grupo de discusión para la facultad sobre la integración del PC en sus respectivos módulos de ingeniería. La tercera innovación es el desarrollo de un método para evaluar el PC durante varias fases de tareas abiertas en ingeniería. El método está diseñado para seguir el desarrollo del pensamiento a medida que el estudiante progresa a través del plan de estudios de pregrado. La retroalimentación de los estudiantes hasta ahora ha pedido un curso inicial más simplificado y ha alentado el material del curso en cada módulo para incluir oportunidades para un pensamiento más crítico.

- Con el PC como habilidad desde la matemática, puede ayudar a un pensamiento estructurado, al tomar la mejor decisión, para expresar un concepto, a atreverse a sacar conclusiones bajo un pensamiento lógico alternativo y a su vez ser capaz de examinar y descartar varios complejos en el aprendizaje de la matemática.

- Las habilidades de PC en ingeniería se pueden desarrollar a través de intervenciones de aula, como por ejemplo en: estudios de casos, ABP, debates argumentativos por medio de discusiones en conferencias, análisis del impacto de situaciones en el mundo real.

- La implementación del PC desde la academia, a los futuros ingenieros, les garantiza contribuir en cerrar la brecha que se da al ejercer su profesión, cuando el mercado laboral le demanda actuar bajo el PC, según se evidencia por parte de los empleadores.

- Se debe mejorar la conexión entre el concepto percibido sobre PC, por parte del docente de ingeniería y un empleador de ingeniería, pues lo que se instruye en los casos académicos difieren con la realidad, al poner en práctica el PC, especialmente al resolver problemas mal estructurados en el sitio de trabajo y que poseen objetivos en conflicto, al valorar los datos disponibles de la situación problema en cuestión, al tener que seleccionar la mejor

opción, al medir los impactos de la tecnología, varias formas de solución, varios indicadores de éxito y el enfrentarse a restricciones ajenas a la ingeniería.

- El PC en matemáticas para ingeniería, le permite al estudiante la capacidad de aplicar su razonamiento y sus herramientas adquiridas para poder atender la resolución de un problema por medio de su descripción correcta, la interpretación adecuada de la información inmersa, así como la contribución a la solución y estudio del fenómeno y/o proceso en contexto. Le permitirá emitir juicios con fundamento, reflexionar sobre los resultados obtenidos matemáticamente, así como la interpretación de la concordancia que se da entre los conceptos previos y su implementación.

### ■ Referencias bibliográficas

- Achebe, C., Ozor, P., & Sukdeo, N. (2022). Enhancing Sustainable Engineering Education and Practice in the Developing Countries Through University-Industry Collaboration: A Nigeria Perspective. En *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Nsukka*, Nigeria. <https://ieomsociety.org/proceedings/2022nigeria/141.pdf> (consulta: 22/oct/2022).
- Atabaki, A., Keshtiaray, N., & Yarmohammadian, M. (2015). Scrutiny of Critical Thinking Concept. *International Education Studies*, 8(3), 93-102.
- Bloom, B. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals*. New York: David McKay Company, 1956, pp. 201-207. [Online]. Available: <http://www.icomoscr.org/m/investigacion/%5BMETODOS%5DObjetivosTaxonomiaBloom.pdf>
- Díaz, L. y Montenegro, M. (2010). Las prácticas profesionales y el desarrollo del pensamiento crítico. En *XXXII Simposio de Profesores de Práctica Profesional*. Simposio llevado a cabo en Rosario, Argentina.
- Duderstadt, J. (2008). Engineering for a Changing World-A Roadmap to the Future of Engineering Practice, Research, and Education (Flexner).
- Ennis, R. (1985). A logical basis for measuring critical thinking skills. *Educational leadership*, 43(2), 44-48.
- Ennis, R. (1989). Critical thinking and subject specificity: Clarification and needed research. *Educational Researcher*, 18(3), 4-10.
- Facione, P. (1990). *Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction (Executive Summary)*. Millbrae, CA: The California Academic Press.
- Facione, P., Facione, N. & Giancarlo, C. (1998). *The California critical thinking disposition inventory test manual (Revised)*. Millbrae, CA: California Academic Press. Facione, P.A., Giancarlo [Sanchez], C.A.
- Facione, P. (2007). *Pensamiento crítico: ¿qué es y por qué es importante?* Chicago: Loyola University.
- Forawi, S. (2016). Standard-based science education and critical thinking. *Thinking skills and creativity*, 20, 52-62. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2016.02.005>
- Giancarlo, C. & Facione, P. (2001). A look across four years at the disposition toward critical thinking among undergraduate students. *The Journal of General Education*, 29-55.
- González-Hernández, I., y Granillo-Macías, R. (2020). Competencias del ingeniero industrial en la Industria 4.0. *Revista electrónica de investigación educativa*, 22. <https://doi.org/10.24320/redie.2020.22.e30.2750>
- Halpern, D. F. (1998). Teaching critical thinking for transfer across domains: Dispositions, skills, structure training, and metacognitive monitoring. *American Psychologist*, 53, 449-455.
- Heaslip, P. (2005). *Critical thinking: to think like a nurse*. Retrieved July 21, 2005 from the Critical Thinking in Nursing Education web site: <http://www.cariboo.bc.ca/nursing/faculty/heaslip/nrsct.htm>



- Leyva, P. (2019). Caracterización del estilo de pensamiento: Caso alumnos de ingeniería inscritos en cursos BAOC (Big Academic Online Course). *Instituto de Arquitectura Diseño y Arte*.
- Lim, E. (2021). Technology enhanced learning of quantitative critical thinking. *Education for Chemical Engineers*, 36, 82-89. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2021.04.001>
- López-Novoa, I., Padilla-Guzmán, M., Gallarday-Morales, S., y Uribe, Y. (2020). Pedagogía Universitaria Basada en Competencias Genéricas para Desarrollar Habilidades del Pensamiento Crítico en Estudiantes de la Universidad Nacional de San Martín. *Propósitos y Representaciones*, 8(3). <http://www.scielo.org.pe/pdf/pyr/v8n3/2310-4635-pyr-8-03-e561.pdf>
- National Academy of Engineering (2005). *Educating The Engineer of 2020: Adapting Engineering Education to the New Century*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/11338>.
- Özyurt, Ö. (2015). Examining the critical thinking dispositions and the problem solving skills of computer engineering students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(2), 353-361. Disponible en: <https://www.ejmste.com/download/examining-the-critical-thinking-dispositions-and-the-problem-solving-skills-of-computer-engineering-4370.pdf>
- Paul, R. (1992). Critical thinking: What, why, and how? *New Directions for Community Colleges*, 1992(77), 3-24.
- Paul, R., & Elder, L. (2004). Critical thinking . . . and the art of close reading, Part III. *Journal of Developmental Education*, 28(1), 36-37. Retrieved from Academic Search Premier database. (AAT 14576885).
- Pérez, A., Rodríguez, M., Lozada, J., Rangel, M., & González, Y. (2021). Necesidad de valorizar el desarrollo del pensamiento lógico en la enseñanza de la ingeniería. *Revista Referencia Pedagógica*, 9(1), 3-14p. <https://rrp.cujae.edu.cu/index.php/rrp/article/view/223>
- Schoenfeld, A. (1985). *Mathematical Problem Solving*. Academic Press INC (London) Ltd. ISBN 0-12628870-4
- Shaw, M., Herbsleb, J., Ozkaya, I., & Root, D. (2005, May). Deciding what to design: Closing a gap in software engineering education. In *International Conference on Software Engineering* (pp. 28-58). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Stedman, N. (2006). Helping Students Regulate Through Reflection. *AGRICULTURAL EDUCATION MAGAZINE*, 78(6), 23. Disponible en: [https://www.naae.org/profdevelopment/magazine/archive\\_issues/Volume78/v78i6.pdf#page=23](https://www.naae.org/profdevelopment/magazine/archive_issues/Volume78/v78i6.pdf#page=23)
- Syafril, S., Aini, N., Pahrudin, A., & Yaumas, N. (2020, February). Spirit of Mathematics Critical Thinking Skills (CTS). In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1467, No. 1, p. 012069). IOP Publishing. doi:10.1088/1742-6596/1467/1/012069
- Willingham, D. (2019). How to teach critical thinking. *Education Future Frontiers*. Available online: <https://prod65.education.nsw.gov.au/content/dam/main-education/teaching-and-learning/education-for-a-changing-world/media/documents/How-to-teach-critical-thinking-Willingham.pdf>