

**El desarrollo del  
pensamiento crítico  
en estudiantes de  
ingeniería  
por medio del ciclo de  
indagación**

## El desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de ingeniería por medio del ciclo de indagación

### *The critical thought development in engineering students through research cycle*

**Jonny Rafael Plazas Alvarado**

Magister en Matemáticas. Líder del grupo de estudio docente, Corporación Universitaria Iberoamericana. Correo electrónico: jonnyplazas@hotmail.com

#### Resumen

La actual investigación se estructuró en el marco de los procesos de investigación pedagógica del grupo de estudio docente de una universidad privada colombiana. Esta investigación se encuentra fundamentada en el modelo de indagación, un referente teórico diseñado para fortalecer el pensamiento crítico en la enseñanza de las matemáticas. Este tiene como punto de partida las denominadas experiencias primitivas, las cuales se entrelazan bajo seis etapas que permiten ir consolidando el pensamiento crítico en el estudiante, gracias al desarrollo instruccional del ciclo de indagación, para culminar con la comprensión y aplicación total del concepto. De esta manera, se ha realizado la presente propuesta con el único objetivo de reconocer la incidencia que tiene la implementación de una unidad didáctica en el desarrollo del pensamiento crítico de los estudiantes de ingeniería industrial de la Universidad Iberoamericana; frente a la resolución de problemas del contexto de las matemáticas aplicadas a la ingeniería. Esta investigación fue abordada desde las primeras cuatro etapas del modelo de indagación de Katie Baker y para el cumplimiento de este objetivo, en primera medida, se identificaron los estilos de aprendizaje de los estudiantes de cuarto semestre de ingeniería industrial a través del cuestionario CHAEA (Alonso, Gallego y Honey, 2012). Asimismo, se validaron sus habilidades de pensamiento crítico por medio de la prueba California: prueba de habilidades de pensamiento crítico (CCTST-2020). El fin de este documento es reconocer las habilidades primitivas y definir un conjunto de actividades que permitieran ejecutar las etapas del ciclo de indagación en la consolidación de las habilidades de pensamiento crítico. Los resultados indicaron que la aplicación de la unidad didáctica basada en la indagación presentó un efecto positivo en las habilidades de pensamiento crítico relacionadas con el juicio de una situación específica.

**Palabras clave:** CCTST; modelo CHAEA; ciclo de indagación; estudiantes de ingeniería; pensamiento crítico; habilidades.

## Abstract

The current research was structured within the framework of the pedagogical research processes of the teaching study group of the Ibero-American University. This research is based on the inquiry model, which is a theoretical reference designed to strengthen critical thinking in the teaching of mathematics. This reference has as a starting point, the so-called primitive experiences, which are intertwined under six stages, which allow the student to consolidate critical thinking, thanks to the instructional development of the inquiry cycle, to culminate with the understanding and total application of the concept. Taking into account the above, the present proposal has been made, with the sole objective of recognizing the impact that the implementation of a didactic unit has on the development of critical thinking of industrial engineering students of the Ibero-American University, against the resolution of problems in the context of mathematics applied to engineering, this research was approached from the first four stages of Katie Baker's Inquiry model and to fulfill this objective, the learning styles of fourth-year students were identified in the first place. semester of Industrial engineering through the CHAEA Questionnaire (Alonso, Gallego & Honey, 2012), and their critical thinking skills were validated through the California Test: critical thinking skills test (CCTST-2020), all the above with the to recognize primitive skills and thus be able to define a set of activities that would allow execute the stages of the inquiry cycle in the consolidation of critical thinking skills. The results indicated that the application of the inquiry-based teaching unit had a positive effect on critical thinking skills related to the judgment of a specific situation. Keywords: CCTST; CHAEA model; cycle of inquiry; engineering students; critical thinking; skills.

## Introducción

A medida que el desarrollo de los procesos de innovación se fortalece a nivel global, se hace necesario que los gobiernos, la sociedad y las mismas comunidades educativas tenga mayor certeza de la relevancia de la academia en la formación de los profesionales del mañana. Por esta razón, es necesario que los aprendizajes que configuran las competencias profesionales estén enfocados desde escenarios curriculares cada vez más robustos, que se perfilen en la conformación de conocimientos, destrezas y habilidades que garanticen la resolución de problemas del campo profesional. Por consiguiente, es elemental desarrollar en los estudiantes sus capacidades de pensamiento, a fin de fortalecer su nivel básico u ordinario a un nivel de experticia, que consolide las denominadas habilidades de orden superior, entre las que se destacan las habilidades de pensamiento crítico.

Lograr la consolidación de estas habilidades de pensamiento crítico es el propósito de la presente investigación. Para ello se ha establecido a la indagación como el marco de referencia que permita la aplicación de un conjunto de actividades; además, que encaminen habilidades de interpretación, análisis, evaluación, inferencia, explicación y autorregulación,

propias del pensamiento crítico. Esta investigación se ha orientado desde la pregunta: ¿Cómo la implementación de una unidad didáctica basada en el ciclo de indagación incide en el desarrollo de las habilidades de pensamiento crítico, en los estudiantes de ingeniería? Para resolver este cuestionamiento se ha tomado un grupo de estudiantes de programas de ingeniería industrial e ingeniería de software de curso de cálculo diferencial, matemática básica y álgebra lineal, pertenecientes a una universidad privada colombiana, una institución de educación superior que corresponde a las 165 instituciones que en Colombia ofrecen el programa de profesionalización en ingeniería (MEN, 2020). De acuerdo con ese contexto, la investigación se estructuró en tres momentos que garantizarán el cumplimiento del objetivo señalado.

En un primer momento, se diagnosticaron los estilos de aprendizaje con los cuales los estudiantes se aproximan a sus cursos de formación profesional, por medio del cuestionario CHAEA (Alonso, Gallego y Honey, 2012), el cual sirvió como marco para la estructuración de las actividades y el diseño de las estrategias de indagación definidas en el ciclo.

Al mismo tiempo, se logró identificar que, al ser una investigación en parte cuantitativa, era necesario reconocer el nivel desarrollo del pensamiento crítico de los estudiantes, para lo cual se empleó el California Critical Thinking Skills Test (CCTST, 2000), como instrumento que permitió identificar de manera detallada la formación de los estudiantes en habilidades cognitivas como análisis, interpretación, evaluación, inferencia, explicación y autorregulación. Dicho instrumento fue aplicado a 40 estudiantes que pertenecieron al presente estudio de manera virtual.

En su segundo momento, y a partir de los resultados obtenidos de la CCTST y CHAEA, se diseñaron e implementaron dos actividades de aprendizaje, apoyadas en el ciclo de indagación, con el fin de fortalecer las habilidades cognitivas propias del pensamiento crítico. Para ello fue necesario articular en cada una de estas actividades situaciones problema del contexto de la ingeniería con los atributos de la indagación que dieran como resultado aprendizajes significativos que dejarán en evidencia el uso de las habilidades de interpretación, análisis, inferencia, evaluación, explicación y autorregulación. La clave de esta segunda etapa fue el uso del ciclo de indagación como ruta de transferencia de los conocimientos para la apertura de las habilidades del pensamiento crítico.

Finalmente, como última etapa de la investigación se evaluaron los resultados obtenidos en la secuencia de actividades y en los diferentes tests señalados. Para ello se emplearon descriptores y rubricas de valoración que permitieron confrontar los alcances logrados frente el aprendizaje de los conceptos en estudio en cada una de actividades. Asimismo, se contó con pruebas estadísticas que contrastaron los resultados del Pre-Test y Pos-Test (CCTST) con las valoraciones de las actividades de indagación, para evaluar el nivel de comprensión de los estudiantes y el fortalecimiento de sus habilidades de pensamiento crítico.

## Metodología

Esta investigación se estructuró bajo un enfoque mixto, con un diseño que buscara un mayor entendimiento del objeto de estudio según lo indica la teoría de Creswell (Pereira Pérez, 2011). Este diseño incluye un pre-test y pos-test cuantitativo y una valoración de las actividades por medio de rubricas cualitativas durante el proceso. Además, se afirma que es de tipo transeccional debido a que se realizaron observaciones específicas en ciertos momentos de la investigación. Además, se pudo establecer que las relaciones entre las variables eran causales (Valenzuela y Flores, 2011).

Por otra parte, participó un grupo de 40 estudiantes, 32 eran de cuarto semestre de ingeniería industrial y ocho estudiantes de ingeniería de software. Todos ellos son estudiantes activos de los cursos de cálculo diferencial, matemática básica y álgebra lineal de una universidad privada colombiana en modalidad virtual; fue una muestra conformada por 26 hombres y 14 mujeres, con un rango de edad de 17 a 46 años. Además, se puede indicar que se empleó un muestreo por conveniencia, aunque genera desventajas en aspectos de validez interna en situaciones como la maduración, pues el rango de edad es muy variable y la regresión estadística por los conocimientos previos fluctúa. De igual manera, se emplearon tres instrumentos, implementados en el mismo orden, los cuales fueron:

1. Cuestionario *CHAEA* (Alonso, Gallego y Honey, 2012): consta de 80 expresiones que están divididas en cuatro secciones, cada una de 20 ítems, relacionadas con los cuatro estilos de aprendizaje (reflexivo, activo, pragmático y teórico). Esta es una prueba autónomo-individual, la cual genera una puntuación dicotómica de acuerdo o desacuerdo (signo +/ -). Finalmente, la puntuación se muestra en un gráfico que indica el grado de preferencia y los puntajes obtenidos en la escala.
2. *California Critical Thinking Skills Test* (CCTST, 2020): es una evaluación que sirve para medir las habilidades de pensamiento crítico a nivel universitario. Contiene de 34 a 40 artículos los cuales evalúan las dimensiones del desarrollo del pensamiento crítico como son análisis, interpretación, inferencia, evaluación, explicación, inducción, deducción y alfabetización numérica, asimismo, se realiza entre 45 a 55 minutos. El resultado de esta prueba es una puntuación única de las habilidades cognitivas de acuerdo con el estudio APA Delphi. Esta prueba fue validada a través de la metodología de Fisher, King y Tague (Olivares y López, 2014); así también, la validación de la consistencia interna fue de 0.736 (coeficiente alfa de Cronbach).
3. Acompañamiento y observación en aula virtual: como parte del proceso cualitativo de la investigación se empleó esta herramienta como una técnica de recolección de información, la cual permitió observar situaciones, eventos y comportamientos de los estudiantes en la interacción con cada una de las pruebas y/o cuestionarios. De acuerdo con Hernández Sampieri, el proceso de observación es un método con-

fiable, valido que permite el registro sistemático de las variables en estudio. Para dicho registro se categorizo las conductas evidenciadas en los encuentros virtuales con los estudiantes por medio de una rubrica ya estructurada a partir de las competencias del pensamiento crítico (Middendorf y McNary, 2011). En la tabla 1 se observa la matriz empleada para dicha observación.

Tabla 1. Matriz cualitativa de observación

Habilidades del pensamiento crítico	Nivel de valoración		
	Alto (1)	Medio (2)	Bajo (3)
Análisis	Identifica relaciones de inferencia entre declaraciones, preguntas, conceptos, etcétera. Examina ideas y es capaz de detectar y analizar argumentos.	Identifica parcialmente relaciones de inferencia entre declaraciones, preguntas, conceptos, etcétera. Examina ideas y es capaz de detectar y analizar argumentos, de forma parcial.	No identifica relaciones de inferencia entre declaraciones, preguntas, conceptos, etcétera. No examina ideas y no es capaz de detectar y analizar argumentos.
Evaluación	Su información contiene bases científicas y actualizadas. Evalúa la calidad de argumentos con base en la información recabada.	Su información contiene bases científicas pero no actualizadas. Parcialmente evalúa la calidad de argumentos con base en la información recabada.	Su información no contiene bases científicas ni actualizadas. No evalúa la calidad de argumentos con base en la información recabada.
Explicación	Representa de forma coherente los resultados, los describe y justifica. Realiza explicaciones conceptuales y argumentaciones.	Representa de forma coherente los resultados, los describe y justifica de manera parcial. Realiza explicaciones conceptuales y argumentaciones parcialmente.	No representa de forma coherente los resultados, ni los describe y justifica. No realiza explicaciones conceptuales ni argumentaciones.

Fuente: Middendorf y McNary, 2011, p. 131.

Seguido a esto, se procedió por medio del software SPSS a aplicar un análisis descriptivo e inferencial, con el fin de validar la confiabilidad de los datos arrojados por la CHAEA. Luego se analizaron los resultados emanados por el CCTST (2020), donde se verificó las puntuaciones logradas en cada dimensión cognitiva y su relevancia en la conformación del pensamiento crítico. Con base en los anteriores resultados se diseñó la estrategia didáctica; allí se construyeron dos actividades articuladas al ciclo de indagación y se procedió a su implementación con los estudiantes por medio de tres encuentros virtuales.

Posterior a ello, se dio la aplicación del post-test, para después establecer el análisis de los datos; el objetivo consiste en aparear estos datos y validar así conclusiones. Se afirma que los datos son apareados si existe relación entre las variables que se van a evaluar, por ello los datos del pre y post validaron esta situación (Botella-Rocamora, Alacreu-García y Martínez-Beneito, s.f.).

Luego se realizó la prueba t-student para validar las diferencias entre los dos cuestionarios y determinar así su intervalo de confianza. Para esto fue necesario codificar los datos obtenidos para lograr establecer el análisis de estos. En lo que respecta a la matriz de observación se asignó un valor (bajo-3; medio-2; alto-1), los cuales permitieron categorizar las respuestas y generar un análisis descriptivo. Finalmente, se realizó la triangulación de los datos, analizando los resultados de las evaluaciones, donde se visualizó el impacto de las actividades en la conformación del pensamiento crítico. Además, se pretendió comprobar si la técnica pudo promover las competencias cognitivas que garantizaran la resolución de

problemas propios del contexto de formación de los ingenieros a partir del pensamiento crítico (González, 2008).

## Desarrollo y conceptos claves

### Contexto de la indagación.

Cuando se habla de la indagación en la educación es un concepto que debe trascender las fronteras de lo tradicional. Cuando John Dewey (1910) empleó la indagación, buscó en ella un camino de solución para la enseñanza-aprendizaje de la ciencia, pues indagaba que sus alumnos tuvieran una ruta por la cual logran desarrollar las actitudes y las habilidades necesarias propias de la ciencia. Por tanto, en el mundo de la educación se hablan de los grandes aportes de John Dewey a la escuela activa, sin embargo, la adecuación de la indagación es una ruta de exploración. Como indica Barrow (2006) esto “permite fomentar las preguntas”, pero también la indagación se puede establecer como esa construcción de estrategias de enseñanza que permitan motivar el aprendizaje en el aula, aunque a su vez, en pleno siglo XXI, se habla de la indagación como esa herramienta clave que emplean los maestros para fomentar las habilidades investigativas.

En palabras de Dewey, la indagación debe comenzar por la experiencia real del estudiante, es decir, se debe iniciar desde el entorno mismo del estudiante. Lo anterior, en un proceso de identificación de situaciones que le permitan poner en práctica las experiencias que se adquieren en el aula y, desde allí, se puedan reconocer los datos de la situación e iniciar a encaminar las posibles soluciones. Por tanto, el planteamiento de la hipótesis es clave en este proceso, con el fin de poder comprobar dichas hipótesis al cierre del ciclo de aprendizaje.

La escuela activa pregona por Dewey indica que las situaciones que se llevan al aula deben tener una relación directa con la experiencia de los estudiantes. Asimismo, deben estar dentro de su propio nivel de formación académica, para fomentar lo que él denomina “aprendices activos” y, así, puedan buscar sus propias respuestas.

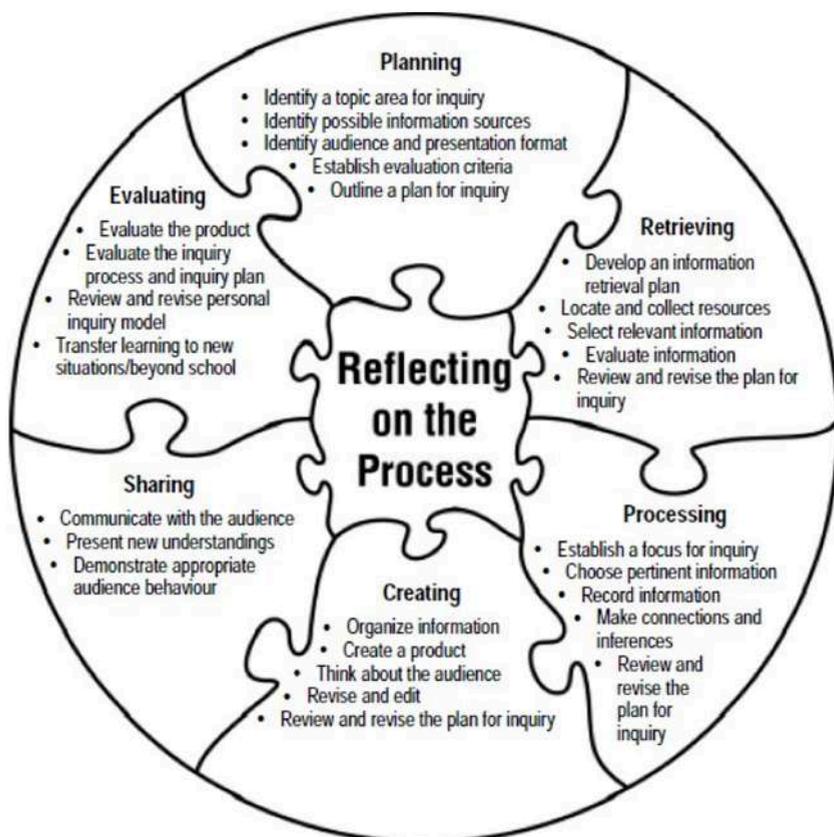
En la misma década que Dewey pregona los principios de la hoy conocida indagación, la fundación por la educación Alberta Education (1990) estructuró una guía para desarrollar las habilidades de investigación de los estudiantes. Esta definió un modelo de investigación que permitió encaminar la actualización de los pensum académicos de algunas universidades de Indianápolis, lo cual les brindo una ventaja en la aplicación del modelo. Además, les permitió actualizar y mejorar las estrategias en los procesos de investigación y fortalecer las habilidades en los estudiantes.

Esta mejora incluyó nuevos enfoques para la impartición de las instrucciones; también tecnología de la información y la comunicación a los planes de estudio; así como nuevos hallazgos de investigación sobre el impacto de las emociones sobre el aprendizaje. Por

estas y muchas otras razones, se puede afirmar que la indagación es un modelo útil, en la medida que garantiza una representación física del contexto del estudiante y aumenta la comprensión de algo que no se puede observar directamente. Esta es una forma de conectar los aprendizajes para los estudiantes. Un ejemplo que se puede relacionar se trata de cómo un estudiante logra un nivel de comprensión en el funcionamiento del sistema solar o mejor aún, en el funcionamiento de una molécula de Ácido Desoxirribonucleico (ADN). Por ello, la mejor forma para entenderlo es por el estudio de un modelo adaptado a estos conceptos.

De allí la importancia de la creación de modelos de instrucción en las aulas que garanticen la investigación y apoyen el trabajo de los profesores y estudiantes a la hora de orientar un nuevo conocimiento (Donham, 2001). A continuación, se evidencia la estructura del modelo de indagación definido en los años 90 por la fundación Alberta Education, la cual se encuentra vigente en muchas instituciones educativas del mundo (figura 1).

Figura 1. Estructura del modelo de indagación



Fuente: Alberta Education, 1990.

### Estructura y dimensiones del Modelo de Indagación (M+I).

Dicho modelo de indagación fue estructurado en seis etapas y se encuentra enfocado en cuatro dimensiones de trabajo como son:

- a) Andamio para la instrucción (*Scaffold for instruction*): uno de los enfoques del modelo es proporcionar contenido y estructura a las instrucciones del docente, que permita esbozar las habilidades y estrategias que deben ser enseñadas explícitamente en cada fase del proceso educativo. Lo anterior implica, por parte del docente, modelar con frecuencia y coherencia cada una de las actividades de aprendizaje, con el fin que estas cuenten con un nivel de instrucción a la medida del proceso de aprendizaje que se ha planificado.
- b) El modelo de indagación como indicador de sentimientos (*The inquiry model as gauge for feelings*): el proceso de indagación, como cualquier experiencia de aprendizaje que se gesta en el aula, es exigente y trae consigo varios sentimientos, incluido el entusiasmo, aprensión, frustración y excitación. Dichos sentimientos son experimentados por los estudiantes a lo largo de la adquisición de los conocimientos y allí es donde el modelo, junto con los profesores, deben estar en la capacidad de anticipar y reconocer cuando los estudiantes están experimentando sentimientos fuertes; además, ser capaces de diseñar sistemas de apoyo y actividades reflexivas que ayuden a los estudiantes que pasan por el proceso.
- c) El modelo de investigación como lenguaje común para profesores y estudiantes (*The inquiry model as a common language for teachers and students*): la implementación del modelo de indagación debe convertirse en un lenguaje común tanto para profesores como para estudiantes. Lo ideal es que este pueda ser interiorizado en los estudiantes como una herramienta que permita siempre hablar sobre el aprendizaje que se ha involucrado entre profesor y estudiante. Si se logra implementar este modelo como un lenguaje único del aula, esto garantizará que sea más efectiva la comunicación y que el estudiante tenga conocimiento sobre en qué nivel se encuentra su nivel de comprensión.
- d) El modelo de indagación como guía para los estudiantes (*The inquiry model as guide for students*): otras de las características importantes del modelo de investigación es que se debe convertir en una guía para los estudiantes. El enfoque analítico (que incluye todas las fases del modelo) permite orientar al estudiante a una visión amplia de la investigación. Esta guía está respaldada en la ejecución constante de preguntas que orientan el conocimiento para satisfacer sus propios intereses de aprendizaje.

De acuerdo con lo anterior, cada una de las características que definen al M+I permiten afirmar que los indagadores siguen un enfoque cognitivo. Sin embargo, el proceso de indagación no es lineal, lo que permite asumir que es altamente flexible y más recursivo de lo que podría sugerirse en los modelos tradicionales de enseñanza. Así, los

profesores-investigadores experimentados tienden a hacer más “retroceso”, ya que se sienten cómodos reflexionando sobre el proceso. No obstante, todos los alumnos pueden sentirse cómodos con lo no lineal, individual, flexible y la misma naturaleza recursiva de la indagación.

## Estructura del modelo indagación.

Tabla 2. Procesos de indagación

Componentes indagación	Etapas	Habilidades de indagación y estrategias
<b>Preguntando</b> Levantamiento Información  <b>Explorando,</b> Leyendo, observando y escuchando	Conectando	Conectando con nuestras experiencias Conectando con las ideas de otros Conectando con conocimientos previos y verificando su exactitud Determinar contexto Estabilizar y contactar ideas preliminares desde la observación o la experiencia.
	Preguntarse	Desarrollo de preguntas que generaran un nuevo conocimiento a partir de ideas claves. Marco de preguntas usando conocimientos prioritarios, focos y marcos de referencia hasta validar diferentes niveles de pensamiento. Hacer predicciones y plantear hipótesis, identificar metas y conflictos de la información, considerar alternativas, explicaciones y predicciones, considerar nuevas preguntas que puedan extender la investigación a una nueva área.
<b>Asimilando,</b> aceptando, incorporando y reflexionando	Investigando	Plan de investigación y desarrollo de una estrategia de búsqueda para encontrar información relevante. Identificar, evaluar y usar múltiples recursos de información. Encontrar y evaluar información (preguntas y respuestas). Tomar notas usando una variedad de formatos. Usar la información y las tecnologías de la información, de manera eficiente y éticamente.
	Construir	Organizar información para detectar relaciones entre ideas. Dibujar inferencias justificadas con evidencias. Pensar en informaciones de prueba de predicciones o hipótesis, comparar evidencias con las hipótesis, comparar patrones de datos. Organizar distintos puntos de autor y considerar alternativas. Construir y apropiar conclusiones basadas en evidencias, explicaciones, interpretaciones y conexiones. Conectar nuevos conocimientos con experiencias previas.
<b>Inferencia</b> Aplicación para la solución y el significado	Expresar	Aplicar nuevos conocimientos para construir nuevos contextos, crear un producto que demuestre nuevo conocimiento. Seleccionar formatos base de acuerdo con la necesidad. Comunicar diferentes puntos de vista en un producto. Usar procesos de escritura y desarrollo de productos. Evaluar y revisar el producto apoyados en la retroalimentación. Expresar nuevas ideas y tomar acciones para compartirlas.
<b>Reflexionar,</b> ajuste para adición de preguntas.	Reflexión	Establecer un estándar alto y claro para el trabajo propio. Reflexionar con otros. Usa criterios para evaluar su propio proceso y productos de aprendizaje, haciendo revisiones cuando es necesario. Reflexión de su propio aprendizaje acerca de su comprensión. Adopta sus propios estándares basado en la reflexión personal y en la retroalimentación de otros. Establece nuevas preguntas y metas para su aprendizaje.

Fuente: Daniel Collison, 2014.

e) Fase de planeamiento (*Planning*): en esta primera fase, los profesores-investigadores deben comprender que el propósito subyacente del proyecto de aprendizaje se debe basar en la indagación, es decir, que se busque desarrollar el “aprendizaje para aprender habilidades”. De allí que el aprendizaje basado en

la indagación comienza con el interés o la curiosidad propia sobre un tema. Esta primera fase es la más importante, a partir de aquí el profesor diseña con optimismo cada una de las actividades que se articulan, para encaminar el conocimiento. En este punto también se sugiere que en la planeación que hace el docente se tenga en cuenta a aquellos estudiantes con poco o ningún conocimiento previo del tema; así, los profesores deben proporcionar información y antecedentes que les permitan motivar a los estudiantes. Por ello, se sugiere que los estudiantes deben contar con experiencia previa, lo cual garantiza realizar una investigación productiva (Jonassen, 2000).

- f) Fase de recuperación (*Retrieving*): en esta segunda fase el profesor toma como punto de partida la información que tiene y la información que se requiere. Con el fin de identificar la cantidad de tiempo que es considerable, es un tiempo para explorar y pensar en la información que han encontrado antes de que lleguen a un “foco” para su investigación.

Esta fase de pre-enfoque es al principio agradable para los estudiantes, ya que buscar activamente información relacionada con su tema de interés hace que puedan avanzar en lo que les gusta y la comprensión de este. Pero como la cantidad de recursos que encuentran aumenta, los estudiantes a veces suelen “desconectarse” y dejar de buscar, pues es posible que no sepan cómo manejar los datos irrelevantes o no puede encontrar los datos específicos de su investigación. Dado que muchos estudiantes se fijan en lo que quieren averiguar, a menudo se sienten frustrados en este punto del proceso. Por tanto, se cree que los maestros deben ayudar a los estudiantes a superar estos sentimientos de frustración, enseñándoles que todos lo experimentan; así como las habilidades y estrategias para seleccionar información relevante y para ajustar y modificar sus consultas (Alberta Education, 1990).

- g) Fase de procesamiento (*Processing*): esta tercera fase tiene como punto de partida el “enfoque” que haga el estudiante a la investigación. Es decir, el foco es el aspecto del área temática que el estudiante-investigador decide investigar. Llegar a dicho enfoque puede ser muy difícil para los estudiantes, pues esto implica más que limitar el tema. Involucra llegar a una pregunta auténtica orientadora y una perspectiva personal. Se piensa que los indagadores suelen experimentar una sensación de alivio y júbilo cuando han establecido un foco para su investigación. Aun así, eligiendo la información pertinente de los recursos suele ser una tarea difícil; se puede tener muy poca o demasiada información; también la información puede ser demasiado superficial o profunda para los interesados. A menudo, la información que se encuentra es confusa y contradictoria para que los estudiantes se sientan agobiados.

- h) Fase de creación (*Creating*): en esta etapa del modelo es importante que el estudiante pueda organizar la información, así como poner la información en sus

propias palabras, con el fin de definir una ruta de trabajo en la consolidación de su propuesta. Los estudiantes se sienten más seguros en esta fase y quieren incluir todos sus nuevos aprendizajes en su producto, lo que resulta en demasiada información.

- i) Fase de intercambio (*Sharing*): en esta fase de intercambio los estudiantes deben haber recibido suficiente apoyo a lo largo del proceso de consulta, lo que les permite estar orgullosos de su producto y deseosos de compartir el avance, independientemente del formato en que se tenga. Además, pueden sentirse un poco nerviosos por presentar algo en lo que sienten de su propiedad y ahora pueden sentirse ansiosos de que otros no puedan comprender o apreciar sus esfuerzos. Sin embargo, sienten que lo han hecho bien en esta tarea (Donham, 2001).
- j) Fase de evaluación (*Evaluating*): por último, cuando se completa un proyecto de investigación, los investigadores se sienten aliviados y felices. Están entusiasmados con sus nuevas habilidades y entendimientos; quieren reflexionar sobre la evaluación de su producto y su proceso de consulta. Para dar sentido al proceso de investigación necesitan comprender y cuestionar el criterio de evaluación, para identificar los pasos en su proceso de investigación, así como compartir sus sentimientos sobre el proceso.

Los estudiantes deben poder articular la importancia de este tipo de trabajar para desarrollar sus habilidades de “aprender a aprender”. También deben ser capaces de ver las conexiones entre su trabajo de indagación realizado en la academia y su trabajo o actividades que se realizan fuera de esta. Finalmente, deberían poder reflexionar sobre cómo su experiencia ha influido en su modelo de investigación personal y en lo que han aprendieron sobre sí mismos como indagadores (Donham, 2001).

## Resultados

El análisis de los resultados obtenidos en la investigación fue estructurado en cuatro momentos. Inicialmente se dio el reconocimiento a la tendencia de los estilos de aprendizaje presentes en la muestra y con ellos se definió los parámetros pedagógicos de las actividades. En un segundo momento se analizarán los resultados del pre-test: prueba de habilidades de pensamiento crítico (CCTST, 2020) la cual diagnosticó las habilidades de pensamiento crítico vigentes en la muestra.

En un tercer momento se analizan los resultados de las actividades de indagación, de la mano de la matriz de observación, que permite visualizar los aportes generados por la indagación a las habilidades. Finalmente, se hace la comprobación de las hipótesis señaladas (pre-test vs pos-test), en donde se indicó como hipótesis nula ( $H_0$ ): El ciclo de

indagación *no* desarrolla las habilidades del pensamiento crítico; y como hipótesis alternativa (Hi): El ciclo de indagación *sí* desarrolla las habilidades del pensamiento crítico.

### Resultados del Cuestionario CHAEA.

El análisis de los resultados generados por la CHAEA en los estudiantes de ingeniería fue contrastado con los estándares indicados por Alonso, Gallego y Honey (2012). Para este análisis se empleó el programa SPSS, con el cual se aplicó un análisis descriptivo (desviación estándar y media) y un análisis inferencial (Coeficiente de Pearson [r], confiabilidad y ANOVA), con el fin de validar la confiabilidad de los datos y los alcances de estos en la presente investigación.

**Tabla 3.** Nivel de confiabilidad SPSS

Estilos de Aprendizaje	Alonso et al. (2012)	Propuesta Actual	Muestra		
			Matemáticas Básicas	Algebra Lineal	Calculo Diferencial
Activo	0.62	0.74	0.73	0.78	0.74
Reflexivo	0.72	0.72	0.77	0.76	0.77
Teórico	0.65	0.73	0.79	0.74	0.77
Pragmático	0.58	0.69	0.74	0.77	0.73

Fuente: elaboración propia.

Por consiguiente, de acuerdo con los análisis realizados a los resultados obtenidos en los estudiantes de estas asignaturas; se evidencia que los estudiantes de ingeniería de los cursos en mención (tabla 3) tienen una preferencia moderada en el estilo activo, teórico y pragmático. Sin embargo, en lo que refiere al estilo reflexivo se encuentran con limitaciones.

**Tabla 4.** Preferencias estilos de aprendizaje curso matemáticas

Estilos de Aprendizaje	Muestra					
	Matemáticas básicas (13)		Algebra Lineal (7)		Calculo Diferencial (20)	
	Media (x)	Preferencia	Media (x)	Preferencia	Media (x)	Preferencia
Activo	11.39	Moderada	10.85	Moderada	11.78	Moderada
Reflexivo	13.84	Baja	13.54	Baja	13.68	Baja
Teórico	12.47	Moderada	12.87	Moderada	12.80	Moderada
Pragmático	12.80	Moderada	12.32	Moderada	13.24	Moderada

Fuente: elaboración propia.

A partir de los anteriores resultados, se puede caracterizar a los estudiantes de la muestra, según los descriptores propios de CHAEA, en el estilo de aprendizaje activo. Este señala que estos estudiantes asumen con facilidad nuevas experiencias de formación, puesto que se pueden caracterizar como personas de mentalidad abierta, que se la juegan con buena energía en la realización de nuevas actividades.

De allí que sean personas con días bastantes cargados de actividades y que siempre intentan la ejecución de un propósito. Además, son personas que se aburren con los largos plazos y que se involucran en las actividades en grupo donde puedan aportar y centrar una solución adecuada.

El segundo resultado muestra que tienen una afinidad moderada por el estilo de aprendizaje teórico, sobre el cual se afirma que son personas que se adaptan a un aprendizaje rápido en las teorías lógicas y complejas, pues buscan enfocan la complejidad de un problema de forma vertical, es decir, por etapas o pasos. Algunos tienden a ser perfeccionistas, pero otros son muy sintetizadores de las situaciones. Y por ello lo que es lógico es bueno. Siempre buscan el uso de la racionalidad y algunos de la objetividad para salir ante las situaciones de poca coherencia.

En el tercer estilo de aprendizaje evidenciado en estos grupos de estudiantes es claro que el nivel pragmático pone en evidencia a estudiantes que les interesa la aplicación práctica de las ideas o conceptos; buscan la manera de sacar aspectos positivos a las nuevas ideas.

Sin embargo, algo muy relevante es que les gusta actuar rápidamente con todas aquellas ideas y conceptos que les llaman la atención. En su gran mayoría tienden a ser impacientes cuando se les orientan conceptos muy teóricos. Es decir, les gusta vivir con los pies en la tierra a la hora de la toma de una decisión, para resolver un problema. Su filosofía es siempre se puede hacer mejor, si funciona es bueno.

Finalmente, y uno de los más bajos resultados evidenciados en el cuestionario CHAEA, es el estilo de aprendizaje reflexivo, el cual manifiesta que son personas que asumen las experiencias de aprendizaje desde diferentes perspectivas; son críticos, están en constante búsqueda de datos, los analizan con detenimiento con el fin de llegar a una conclusión que esté respaldada por sus convicciones. Comúnmente se cree, que su filosofía consiste en ser prudentes pero críticos, no dejar piedra sin mover y mirar bien antes de pasar.

Son personas que gustan considerar todas las alternativas posibles antes de realizar un movimiento. Disfrutan observando la actuación de los demás, escuchan a los otros y no intervienen hasta que se han adueñado de la situación. Crean a su alrededor un aire ligeramente distante y condescendiente, es decir, usan la metacognición como una herramienta propia del pensamiento crítico, para llegar a resultados alineados con la teoría.

En conclusión, estos estudiantes que forman parte de los diferentes cursos de fundamentación matemática tienen acertados estilos de aprendizaje rápido de conceptos, pero con grandes limitantes de aplicación al contexto real, y sufren de bastante impaciencia en la generación de resultados o soluciones inmediatas ante las situaciones. Por ello, su pensamiento crítico y su análisis está limitado al no hacer etapas de contraste, inferencia y aplicación, lo cual condiciona la aprehensión de los conceptos a largo plazo y pone en evidencia posibles bajos resultados en pruebas que buscan evaluar su análisis e interpretación.

## Resultados Prueba de habilidades de pensamiento crítico (CCTST, 2020).

### Pre-Test.

El análisis de la Prueba de habilidades de pensamiento crítico (CCTST, 2020) está orientado a partir de la puntuación total obtenida por los estudiantes, la cual indica la capacidad general que posee para formar juicios reflexivos acerca de qué creer o hacer. Este puntaje total obtenido es una medición a las habilidades de análisis, interpretación, inferencia, evaluación, explicación, inducción, y deducción. Como resultado, a continuación, se presentan promedios obtenidos por el grupo de estudiantes frente a cada una de las habilidades:

Figura 2. Promedio puntajes estudiantes de ingeniería CCTST (2020)

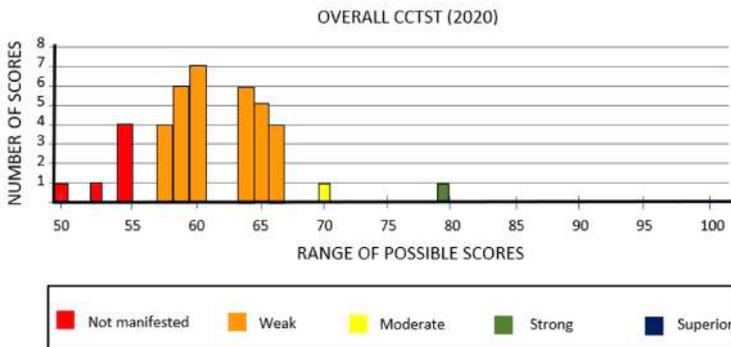
Atributos <i>Pensamiento Crítico</i>	Puntaje	Desviación Típica
Puntaje Total	61.27	6.334
Análisis	58.2	6.784
Inferencia	62.5	5.956
Evaluación	66.8	6.003
Inducción	66.5	6.456
Deducción	63,3	6.546
Interpretación	60.1	5.921
Explicación	54.5	6.324
Númérico	58.3	6.678



Fuente: elaboración propia.

Verificando el promedio de puntajes obtenidos por los estudiantes en cada una de las habilidades, se puede encontrar que, en términos del puntaje total, y con base en la distribución de los percentiles generados en cada uno de los informes de los estudiantes, además, en comparación con una muestra global de CCTST (2020); para estudiantes matriculados en universidad de dos años de pregrado, el percentil promedio de este grupo es de 52. Esto indica "Una moderada capacidad general de pensamiento crítico predice unas dificultades con exigencias relacionadas con la educación y el trabajo para la reflexiva resolución de problemas y toma de decisiones" (Tamayo A., Zona, & Loaiza Z., 2016).

Figura 3. Puntajes estudiantes de ingeniería CCTST (2020)



Fuente: elaboración propia

Nota: la figura es una adaptación de los resultados emanados por CCTST (2020).

Y si se revisan los descriptores emanados por CCTST (2020), en lo que corresponde al análisis y la explicación indica que estos son atributos del pensamiento que se deben reforzar con mayor urgencia al interior del proceso educativo. Señala que “las habilidades analíticas se utilizan para identificar suposiciones, razones, temas y la evidencia que se usa al hacer argumentos u ofrecer explicaciones” (citado en Linda Elder, 2003). Según el CCTST (2020):

Las habilidades analíticas nos permiten considerar todos los elementos claves en una situación dada, y determinar cómo esos elementos se relacionan entre sí. Las personas con fuertes habilidades analíticas se dan cuenta de importantes patrones y detalles. Las personas utilizan el análisis para recopilar la información más relevante del lenguaje hablado, documentos, letreros, tablas, gráficos y diagramas toman mejores soluciones ante situaciones. (Assessment, 2019)

Por tanto, de acuerdo con estos resultados del pre-test, se alinearon las actividades de indagación en sus etapas 2, 3 y 4, donde se definió la estructuración y el andamiaje de herramientas que propicien acciones de análisis y explicación ante situaciones del contexto de formación. Allí la etapa de “contraste y expresión” fueron las aliadas para encaminar en el desarrollo de la actividad, momentos de relación entre variables, definición de patrones e identificación de elementos claves en la información. Por consiguiente, los resultados a la aplicación de estas actividades, de la mano de la matriz de observación se describen a continuación.

### Resultados de observación en el aula.

A partir de las de lo analizado en las habilidades de pensamiento crítico (Facione, 1990), se observó que la capacidad de análisis, explicación y alfabetización numérica, se encuentran en la gran mayoría de los estudiantes en un nivel de valoración débil. Es decir, poseen la capacidad de hacer deducción de algún significado a partir de relaciones, de acuerdo con la información presentada. En ese sentido pueden analizar argumentos, sin embargo, carecen de un buen respaldo; el 43% fueron capaces de realizar una adecuada investigación. No obstante, en muchas de las ocasiones se requería actualización de lo presentado, así como la comparación de diversas fuentes de consulta. Con lo que respecta a la explicación, se presentó que el 63% es capaz de hilar los resultados, pero la coherencia no siempre se encontraba presente en sus argumentaciones.

Ahora bien, el comportamiento de los equipos de acuerdo con su organización muestra los resultados, que aparecen en la tabla 5.

Tabla 5. Matriz de observación

Observación	Comentario		
	Equipo [1]	Equipo [2]	Equipo [3]
Cuestionando y explorando (etapa 0)	<p>El equipo exploró fácilmente 5 de las 6 bases de datos y empleó palabras claves en la búsqueda de la información. Tuvo ciertas limitaciones en la formulación de preguntas,</p> <p>debido a la alta cantidad de información.</p>	<p>Un equipo que exploró solo consultó 2 de las 6 bases de datos, debido a que asumieron contar con suficiente información para estructurar las preguntas de la siguiente fase, donde notaron falta de información en la formulación.</p>	<p>Un equipo con acertadas búsquedas en las 6 bases de datos, pues emplearon filtros en las búsquedas y delimitaron palabras para la consulta, además formularon los cuestionamientos de acuerdo con las directrices.</p>
Asimilación (etapa 1)	<p>En esta etapa de investigación y construcción de la propuesta, el equipo se mostró desorientado por el exceso de información, fue necesario orientaciones para enfocar la estrategia de trabajo.</p>	<p>La investigación, el proceso de lo específico a los conceptos fue más acertado para el equipo, pues se orientaron gracias a las preguntas previas y formularon las estrategias de la propuesta.</p>	<p>Determinaron previamente a la investigación aspectos claves en la formulación de su estrategia de solución, y se apoyaron bastante en las consultas de las fuentes realizadas.</p>
Inferencia (etapa 2)	<p>Un equipo que tuvo bastante audacia en la formulación de la solución, pero más que ello reconociendo el concepto, aplicándolo y evaluando los resultados obtenidos. Aunque solo unos cuantos miembros del equipo estuvieron en la capacidad de expresar las soluciones.</p>	<p>Este equipo encontró limitaciones a la hora de aplicar el concepto de solución a la situación, lo cual implicó varios intentos en la solución, pero a la hora de expresar los resultados, fue más fácil, debido al aprendizaje desde el error.</p>	<p>Un equipo con buenas ventajas de resolución de situaciones, pues dada la aplicación del concepto, validaron rápidamente en un paso a paso cada uno de los procedimientos y argumentaron las soluciones obtenidas.</p>
Reflexión (etapa 3)	<p>La reflexión fue una de sus grandes fortalezas. Encaminaron rápidamente el proceso de observación, para definir el feedback de sus acciones, además señalaron los errores en el proceso y estipularon otras orientaciones.</p>	<p>Les costó bastante identificar las dificultades en el proceso, incluso fue necesario hacer anotaciones del proceso para revalidar el feedback de sus acciones, aunque las observaciones expresadas, dejan entre ver los alcances de su iniciativa.</p>	<p>Un buen proceso de reflexión, estructuraron un Feedback, inmediato, en lo que refiere a sus acciones de solución, y a las debilidades, además las observaciones en el proceso se hicieron notorias.</p>
Participación	<p>De los 10 miembros del equipo tan solo 6 apoyaron activamente las sesiones sincrónicas, y estuvieron motivados en su gran mayoría.</p>	<p>De los 10 miembros del equipo, 9 de ellos participaron en cada uno de los encuentros, incluso fueron propositivos y se adaptaron rápidamente al ciclo de indagación.</p>	<p>De los 10 miembros del equipo, 8 de ellos participaron en cada uno de los encuentros, incluso fueron propositivos y se adaptaron rápidamente al ciclo de indagación.</p>
Aceptación de la técnica de enseñanza	<p>Es un equipo que inicialmente se vio limitado al cambio en el uso de la indagación, como camino para la aprehensión de un nuevo concepto, pero luego en la aplicación se vieron fortalecidos.</p>	<p>Un equipo que desde el principio asumió con rapidez el uso de la indagación, explora más allá del concepto y buscó diferentes caminos de solución</p>	<p>El uso de la indagación fue algo insólito para el grupo, pues como era posible, aprender por sí mismos sin notarias indicaciones, luego en la aplicación demostraron sus habilidades de autonomía.</p>

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con las observaciones evidenciadas en los grupos conformados por los estudiantes, es evidente que el equipo 1 fue el equipo que presentó mayor compromiso y logró así asumir el modelo de indagación como una herramienta que permitió el fortalecimiento en la adquisición de nuevos conocimientos. Según la valoración de la rúbrica de las habilidades de pensamiento crítico, para este equipo se encuentra:

**Tabla 6.** Promedio resultado de habilidades de pensamiento crítico (equipo 1)

Habilidades del pensamiento crítico	Nivel de valoración		
	Alto (1)	Medio (2)	Bajo (3)
Análisis	50%	50%	0%
Evaluación	100%	0%	0%
Explicación	50%	50%	0%
Porcentaje de alumnos			

**Fuente:** elaboración propia.

Luego de aplicar la rúbrica a este equipo es evidente que las habilidades de pensamiento crítico más elevadas son el análisis, la evaluación y la explicación para la solución de la actividad de indagación. Fue claro que el estudiante líder del equipo logró integrar la participación del grupo y consolidar la indagación del concepto. Se puede afirmar que las condiciones en las cuales el equipo trabajó fueron ideales, hasta el punto de que dieron con la apropiación del ciclo de indagación en la aprehensión del concepto.

Ahora, en lo que respecta a los grupos 2 y 3, es claro manifestar que su adaptación y desempeño en el desarrollo del ciclo de indagación fue regular. Los participantes fueron distantes a las etapas de la indagación, es decir, asumieron con interés ciertos momentos de la indagación, pero en otros se descuidaron, puesto que trabajaron mayoritariamente de forma individual y olvidaron el carácter colaborativo de la estrategia.

## Resultados Prueba de habilidades pensamiento crítico (CCTST, 2020).

### Pre-Post.

Finalmente, en el análisis del cuestionario CCTST pre-post (2020), y validando los promedios generales y las desviaciones típicas en el pre-test y el post-test, se encuentra (tabla 7):

**Tabla 7.** Promedio puntajes estudiantes de ingeniería CCTST Pre-post test (2020)

Prueba	Media Puntaje	Desviación Típica
Pre-Test	61,27	6,334
Post-Test	62,12	4,653

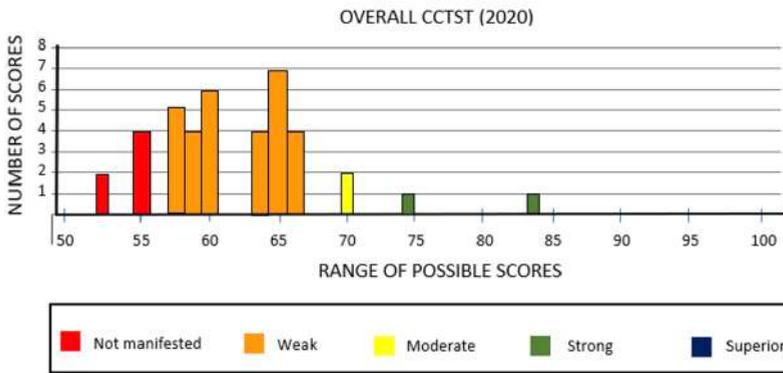
**Fuente:** elaboración propia.

De acuerdo con estos resultados, se encuentra que la media en el post-test es mayor, con respecto al pre-test, lo cual es un indicador de que existieron mayores puntuaciones en los atributos del pensamiento crítico, al interior del CCTS (2020). Además, si

se observa el grado de dispersión de los datos obtenidos en ambos tests (pre y post), es evidente que la desviación del pre-test es mayor y el promedio del post-test es mayor, lo cual es un indicador de mayores puntajes en los atributos del pensamiento crítico para esta última prueba.

Ahora bien, en el pre-test el promedio de los resultados fue de 61,27. Según la escala de valoración de la prueba que cuenta con una máxima de 100 puntos, indica que los estudiantes logran un afianzamiento del 61% en los atributos del pensamiento crítico, pero dicho valor los ubica en un percentil del 50th, con un rango de puntuación entre 50 y 80 puntos (figura 4). En lo que respecta al post-test se encuentra una media de 62,12 de 100 puntos como máximo. Su tendencia se puede denotar como favorable, con un valor de 63%. El rango entre los resultados fue de 53 a 84 (figura 4).

Figura 4. Puntajes post-test estudiantes de ingeniería CCTST (2020)



Fuente: elaboración propia

Nota: la figura es una adaptación de los resultados emanados por CCTST (2020).

De acuerdo con los gráficos de pre-test y el post-test, se encuentra que el puntaje promedio más bajo en el post-test fue de 53, comparado con los 50 puntos para el pre-test. Esto permite revalidar la tendencia en aumento, indicada anteriormente.

Por último, se empleó la prueba t-student con el fin de validar la aplicación de la unidad didáctica basada en la indagación, con el fin de fortalecer el nivel de pensamiento crítico de los estudiantes. Sin embargo, es necesario hacer mención en que se realizó una prueba de normalidad a los datos obtenidos antes y después de la aplicación de unidad didáctica de indagación, con el propósito de reconocer su grado de normalidad. Para ello se utilizó la prueba Shapiro-Wilk (prueba de normalidad para muestras pequeñas). Por consiguiente, los resultados de esta prueba normalidad muestran que las variables empleadas siguen una distribución normal (Sig. de pre-test 0.601 y post-test 0.629 >  $\alpha=0.05$ ).

De acuerdo con estos resultados, y validando los resultados de la prueba de t-student para la muestra relacionada (pre-test—post-test), se encuentra (tabla 8):

Tabla 8. Prueba de muestras relacionadas CCTST Pre-Post test (2020)

	Diferencias relacionadas					T	gl	Sig.
	Media	Desviación típica	Error típico de media	Intervalo de confianza para la diferencia (95%)				
				Superior	Inferior			
Pre-test								
Post-test	-0.85	4.613	1.032	-4.023	0.456	-1.535	18	0.105

Fuente: elaboración propia.

Estos resultados de relación por medio de la prueba t-student permiten concluir que no existe diferencias significativas (Sig. 0.105 >  $\alpha=0.05$ ) entre las medias del CCTST (2020), el cual se aplicó antes y después de la unidad didáctica de indagación, debido a que es necesario que se supere el valor de referencia (1.74) para poder rechazar la hipótesis nula. Pues como se observa, el valor de la prueba-t es de 1.535, por consiguiente, no se rechaza  $H_0$ . Esto permite inferir que la unidad didáctica aplicada no logró generar algún efecto sobre el fortalecimiento de las competencias propias del pensamiento crítico.

Pero es muy inmediato hacer esta inferencia si tan solo se hacen conjeturas desde la media del pre y post-test. Mejor reconocer muestras relacionadas, desde los resultados generados en cada una de las dimensiones del pensamiento crítico, como se muestran a continuación:

Tabla 9. Prueba de muestras relacionadas CCTST pre-post test (2020)

	Diferencias relacionadas					Pruebas de estudio		
	Media	Desviación típica	Error típico de media	Intervalo de confianza para la diferencia (95%)		T	gl	Sig.
				Superior	Inferior			
Análisis (Comparación de datos)	-3.000	4.301	1.924	-8.341	2.341	-1.560	4	0.194
Evaluación (Juicio de una situación específica con datos)	-4.750	2.754	1.377	-9.132	-0.368	-3.450	3	0.043
Explicación de las consecuencias de una decisión basadas en un juicio autorregulado.	0.000	4.000	1.789	-4.967	4.967	0.000	4	1.000

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con estos análisis estadísticos realizados sobre las tres dimensiones, con mayor dificultad identificadas en el pre-test; es evidente que la dimensión de evaluación y juicio generó una diferencia significativa al interior de la prueba t-student (Sig. 0.043 <  $\alpha=0.05$ ). A partir de allí se puede afirmar que esta dimensión del pensamiento crítico se vio fortalecida, gracias a la aplicación de la unidad didáctica de indagación. Por tanto, se logró impactar de manera positiva el proceso de aprendizaje de los futuros profesionales.

Por consiguiente, los resultados de la prueba de t-student ponen en evidencia que no hay una diferencia significativa en la conformación de las habilidades de pensamiento crítico antes y después de la aplicación de la prueba CCTST (2020), tras la aplicación de la secuencia didáctica de indagación en los estudiantes de estos cursos de matemáticas. Esto indica que no se desarrollan este tipo de competencias tras el uso de la indagación. Ahora, en lo que corresponde a las observaciones realizadas en las sesiones sincrónicas se encontró que los equipos 2 y 3 evidenciaron dificultades para adaptarse al ciclo de indagación, debido a la actitud de participación e inclusión en el proceso. Esto pudo haber sido un factor determinante en el desarrollo de los procesos de pensamiento crítico ya que, como se mencionó, el factor motivacional del estudiante es fundamental desde la etapa de conexión.

Una vez verificado cada uno de los aspectos que evaluó la CCTST (2020), es claro que esa diferencia significativa en la evaluación a situaciones puntuales, la cual se vio fortalecida, puede estar relacionada de acuerdo con los resultados de las observaciones, por otro lado, el mayor porcentaje de la capacidad de análisis, evaluación y explicación se presenta en un nivel medio, pero allí se destaca el alto porcentaje en la habilidad de la evaluación. Esto permite asumir que los estudiantes de ingeniería tienen una gran habilidad para evaluar, lo cual les permite validar la calidad de los razonamientos que las personas muestran cuando hacen argumentos o dan explicaciones. Si el estudiante evalúa es la base de las otras habilidades de análisis, interpretaciones, explicaciones, inferencias, opciones, opiniones, creencias, hipótesis, propuestas y decisiones.

Finalmente, y de acuerdo con los resultados expresados entre el pre-test y post-test, es indispensable continuar reforzando la habilidad de evaluación, por medio del uso constante y sistemático de la estrategia de indagación en diferentes situaciones problema del contexto de formación del ingeniero. Lo anterior, con el fin de asegurar una mayor autonomía en el proceso de formación y dar continuidad a una dinámica de enseñanza que permita consolidación de las habilidades de pensamiento crítico en los estudiantes, donde las actividades de indagación sean la ruta para la consecución de habilidades de pensamiento crítico.

Para dar respuesta a la pregunta de investigación ¿Las actividades basadas en la indagación fomentan el desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de ingeniería de una universidad privada?, el proceso de indagación no demuestra haber logrado una incidencia en el desarrollo del pensamiento crítico. Sin embargo, este sí impacto de manera acertada el desarrollo de habilidades relacionadas con la evaluación de razonamientos, base para la conformación de las otras habilidades del pensamiento crítico.

## Conclusiones

Partiendo de la relevancia que implican el desarrollo de una educación basada en competencias para la formación de los futuros profesionales, capaces de enfrentar los nuevos

retos de la sociedad e identificando el uso del pensamiento crítico como un proceso constante de reflexión y construcción del conocimiento; se planteó el uso del ciclo de indagación como una ruta para favorecer la estructuración de las competencias de formación en los estudiantes de ingeniería.

El desarrollo de actividades al interior del aula (virtual), como herramienta en la enseñanza- aprendizaje, permite involucrar la participación activa de los estudiantes en la construcción del conocimiento disciplinar. Además, gracias a la observación en este escenario se logró evidenciar cómo las habilidades se van configurando en la medida que se busca resolver las problemáticas presentas a través del ciclo de indagación. Por consiguiente, la actual investigación permite demostrar que el aprendizaje basado en el ciclo de indagación favorece las competencias relacionadas con la evaluación, es decir, los estudiantes están en la capacidad de validar la calidad de los razonamientos que las personas muestran cuando hacen argumentos o dan explicaciones.

Ahora, en respuesta a la pregunta que orienta la investigación: ¿Cómo la implementación de una unidad didáctica basada en el ciclo de indagación incide en el desarrollo de las habilidades de pensamiento crítico, en los estudiantes de Ingeniería? se puede afirmar que, de acuerdo con los resultados obtenidos, el estudio no incidió en el desarrollo de las habilidades de manera significativa.

Por consiguiente, en el marco de los objetivos planteados se logró ejecutar el objetivo general. Este buscaba determinar si existe desarrollo del pensamiento crítico por medio de uso del ciclo de indagación.

En lo que respecta al objetivo específico se evidencia que la estructuración de las habilidades de análisis, reflexión, síntesis e interpretación se garantiza gracias a la aplicación de las actividades ligadas al ciclo de indagación. Para lograr un pensamiento crítico es necesario consolidar un aprendizaje activo, partiendo de experiencias previas del entorno del estudiante. Además, para lograr esta consolidación fue necesario una conexión que permitiera explorar, asimilar, inferir y reflexionar el valor de lo aprendido como parte integral del conocimiento.

Esta investigación garantiza la apertura a nuevos procesos de indagación en el tema expuesto. Además, evidencia que los vínculos entre el pensamiento crítico y el ciclo de indagación es un campo de investigación bastante robusto y más si se trata de indagar la conformación de estas habilidades en la educación superior. Por tanto, los resultados de esta investigación no deben ser desalentadores, al contrario, tomando en cuenta las ventajas del método aplicado, se pueden plantear nuevas líneas de investigación.

El desarrollo de la labor docente al interior de las aulas de clase es un reto constante en el que como maestros debemos estar en continua innovación para fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje. En este punto, el papel del maestro es ser un facilitador, que a partir del uso de herramientas activas pueda consolidar aprendizajes significativos con un alto impacto en la formación personal y profesional de los jóvenes.

Siempre teniendo claro que la enseñanza por competencias es la puerta de entrada para la articulación de estrategias de enseñanza que favorecen el desarrollo de jóvenes más críticos y comprometidos con la transformación social de sus comunidades; además, en la capacidad de hacer de su entorno un lugar ávido de oportunidades para la construcción de sus metas profesionales y personales.

## Referencias

- Alonso, C., Gallego, D. y Honey, P. (2012). *Los estilos de aprendizaje: Procedimientos de diagnóstico y mejora*. Ediciones Mensajero.
- Assessment, I. (09 de Octubre de 2019). California Critical Thinking Skills Test (CCTST). <https://www.insightassessment.com/article/california-critical-thinking-skills-test-cctst-2>
- Barrows, H. (2006). *Problem-based Learning in medicine and beyond: a brief overview*. San Francisco: Jossey-Bass Inc. Publishers, 1-12.
- Botella-Rocamora, P., Alacreu-García, M y Martínez-Beneito, M. (s.f.). *Inferencia estadística (intervalos de confianza y p-valor). Comparación de dos poblaciones (test t de comparación de medias, comparación de dos proporciones, comparación de dos varianzas)*. Universidad Cardenal Herrera.
- CCTST. (2020 de 9 de octubre). *California Critical Thinking Skills Test (CCTST)*. <https://www.insightassessment.com/article/california-critical-thinking-skills-test-cctst-2>
- Donham, J. (. (2001). The importance of a model. En J. Donham et al., *Inquiry-based learning: Lessons from Library Power*. Linworth.
- Education., A. (1990). *Focus on research: A guide to developing students' research skills*. Ed-monton Alberta Education.
- González, V. (2008). Competencias genéricas y formación profesional: un análisis desde la docencia universitaria. *Revista Iberoamericana de Educación*, (47), 185-209.
- Jonassen, D. H. (2000). *Computers as mindtools for schools: Engaging critical thinking* (2a ed.). Merrill.
- MEN. (2020 de 23 de mayo). *Sistema Nacional de Información de la Educación Superior*. <https://www.mineduacion.gov.co/portal/micrositios-superior/SACES/>

- Middendorf, J. y McNary, J. (2011). Development of a classroom authority observation rubric. *College Teaching*, 59(4), 129-134. <https://doi.org/10.1080/87567555.2011.580690>
- Olivares, S. y López, M. (2014). Medición de la autopercepción de la disposición al pensamiento crítico en estudiantes de medicina. *Revista Investigación Educativa Médica*, 4(14), 75-80.
- Pereira Pérez, Z. (2011). Los diseños de método mixto en la investigación en educación: Una experiencia concreta. *Revista Electrónica Educare*, 15(1), 15-29.
- Tamayo, O. E., Zona, R., & Loaiza, Y. E. (2015). El pensamiento crítico en la educación. Algunas categorías centrales en su estudio. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 11(2), 111-133
- Valenzuela, J. y Flores, M. (2011). El proceso de investigación educativa. En *Fundamentos de investigación educativa* (pp. 72-156). Editorial Digital Tecnológico de Monterrey.