



ID del documento: SHE-Vol.2.N.12.001.2025

## Artículo de Investigación

### Efectos del desarrollo de estrategias metacognitivas en la solución de problemas en estudiantes de Ingeniería en el área de Física Mecánica

### Effects of Developing Metacognitive Strategies on Problem-Solving Among Engineering Students in the Field of Mechanics Physics

Autor:

Emily Ashley Alvarado Bastidas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Estatal de Milagro, Milagro, Ecuador, [calvaradob3@unemi.edu.ec](mailto:calvaradob3@unemi.edu.ec),  
<https://orcid.org/0009-0003-9209-260X>

**Corresponding Author:** *Emily Ashley Alvarado Bastidas*, [calvaradob3@unemi.edu.ec](mailto:calvaradob3@unemi.edu.ec)

**Reception:** 12 August 2025    **Acceptance:** 30 October 2025    **Publication:** 29 December 2025

#### How to cite this article:

Alvarado Bastidas, E. A. (2025). Efectos del desarrollo de estrategias metacognitivas en la solución de problemas en estudiantes de Ingeniería en el área de Física Mecánica. *Sapiens in Higher Education*, 2(12), 1-18.  
<https://doi.org/10.71068/c8m82491>





## Resumen

El presente estudio examina la influencia que ejercen las estrategias metacognitivas en la capacidad de los estudiantes para resolver problemas en el área de Física, evidenciando su impacto directo en el rendimiento académico. Los hallazgos obtenidos son consistentes con investigaciones previas que reconocen la naturaleza compleja de la resolución de problemas, la cual exige la articulación de habilidades cognitivas, metacognitivas y emocionales. En el caso particular de los estudiantes colombianos analizados, se identificó una preparación insuficiente para enfrentar dicha complejidad, atribuida a deficiencias en el desarrollo de estas habilidades durante su formación secundaria. Se constató que la ausencia de competencias metacognitivas clave como la planificación, el seguimiento, la toma de decisiones y la evaluación de procesos limita significativamente su desempeño en la resolución de problemas. Por ello, se enfatiza la urgencia de integrar estrategias pedagógicas que aborden explícitamente estas habilidades, con el fin de fortalecer el aprendizaje. Asimismo, los resultados sugieren que la adopción de metodologías activas y participativas promueve una mayor autonomía en el proceso educativo, contribuyendo a superar las falencias del sistema escolar. Finalmente, se plantea la necesidad de replicar investigaciones similares en diversos entornos locales y aplicar intervenciones focalizadas que permitan mejorar la autorregulación del aprendizaje y, en consecuencia, el desempeño académico de los estudiantes.

**Palabras clave:** Estrategias metacognitivas; Resolución de problemas; Educación media.

## Abstract

This research explores the influence of metacognitive strategies on students' ability to solve problems in Physics, highlighting their significant effect on academic achievement. The findings are in line with earlier studies that acknowledge the multifaceted nature of problem-solving, which involves a combination of cognitive, metacognitive, and emotional skills. Among the Colombian participants, the evidence indicates that they are insufficiently prepared to address this complexity, largely due to shortcomings in their secondary education. The lack of essential metacognitive abilities—such as planning, monitoring, decision-making, and process assessment—emerges as a barrier to effective problem resolution. In response, the study underscores the importance of incorporating pedagogical approaches that explicitly foster these skills to enhance student outcomes. Furthermore, the implementation of active and participatory teaching methodologies appears to support independent learning, offering a response to structural weaknesses in the education system. Lastly, the study recommends conducting similar research in varied local contexts and applying targeted educational interventions to strengthen students' self-regulation capabilities and, thereby, improve their academic performance.

**Keywords:** Metacognitive strategies; Problem-solving; Secondary education.



## 1. INTRODUCCIÓN

En el contexto educativo contemporáneo, se reconoce de manera creciente que las estrategias metacognitivas constituyen un elemento clave para optimizar el rendimiento académico de los estudiantes. Diversos estudios han evidenciado que el desarrollo de estas habilidades favorece significativamente el aprendizaje, al permitir que los estudiantes regulen de manera consciente sus procesos cognitivos y adopten un rol activo en su formación. En este sentido, Marulis y Nelson (2020) destacan que la metacognición se relaciona directamente con el rendimiento académico, mientras que Bao et al. (2024) señalan que su implementación sistemática impacta positivamente en los resultados educativos y en la autonomía del estudiante.

La metacognición, entendida como la capacidad de analizar y reflexionar sobre los propios procesos mentales, ha sido objeto de múltiples investigaciones en el ámbito educativo. Desde una perspectiva teórica, Zohar y Barzilai (2013) sostienen que este constructo implica procesos fundamentales como la planificación, el monitoreo y la evaluación del aprendizaje, los cuales permiten al estudiante supervisar y ajustar su desempeño de manera continua. Asimismo, Chen et al. (2025) destacan que la metacognición se ha consolidado como un eje central en la investigación educativa actual, evidenciando su relevancia transversal en diversas disciplinas.

Este tipo de pensamiento reflexivo adquiere especial relevancia en áreas del conocimiento que demandan altos niveles de análisis y resolución de problemas, como la física. En este campo, Dulger y Ogan-Bekiroglu (2025) evidencian que las habilidades metacognitivas influyen de manera directa en la capacidad de los estudiantes para resolver problemas complejos, mientras que Haeruddin et al. (2023) señalan que el pensamiento metacognitivo permite estructurar estrategias más eficientes durante el proceso de resolución. De manera complementaria, Ceberio et al. (2016) destacan que la integración de herramientas didácticas favorece la comprensión conceptual en contextos de educación en física.

En relación con la resolución de problemas, diversos estudios han demostrado que el uso de múltiples representaciones y la correcta interpretación de las variables del problema constituyen factores determinantes para el éxito académico. En este sentido, Kohl y Finkelstein (2008) afirman que los estudiantes que logran articular diferentes representaciones muestran un mejor desempeño en física, mientras que Kryjevskaja et al. (2014) señalan que los procesos de razonamiento influyen significativamente en la toma de decisiones durante la resolución. Estos hallazgos evidencian la estrecha relación entre el pensamiento metacognitivo y el desarrollo de competencias científicas.

El papel que desempeñan las estrategias metacognitivas en el aprendizaje ha sido ampliamente reconocido en la literatura científica. En este contexto, Greene y Azevedo (2009) sostienen que la autorregulación del aprendizaje constituye un proceso clave para el desarrollo de modelos mentales complejos, mientras que Fritzsche et al. (2018) destacan que la conciencia sobre el propio desempeño es un factor determinante en el éxito académico.



En concordancia, Bao et al. (2024) indican que la ausencia de habilidades metacognitivas se asocia con bajos niveles de rendimiento, lo que refuerza la necesidad de su integración en los procesos educativos.

No obstante, investigaciones recientes han evidenciado que una proporción significativa de estudiantes presenta dificultades para aplicar de manera efectiva estas habilidades, especialmente en contextos que requieren un alto nivel de abstracción. En este sentido, Chen et al. (2025) señalan que, a pesar del creciente interés en la metacognición, aún existen limitaciones en su implementación en el aula, particularmente en niveles iniciales de formación. Esta situación pone de manifiesto la necesidad de diseñar estrategias pedagógicas que promuevan el desarrollo consciente de estas competencias desde las primeras etapas del proceso educativo.

En el ámbito de la enseñanza de la física, la resolución de problemas se configura como un escenario propicio para el desarrollo de habilidades metacognitivas. De acuerdo con Haeruddin et al. (2020), la instrucción explícita en procesos de planificación, monitoreo y evaluación contribuye significativamente a mejorar el desempeño de los estudiantes en tareas complejas. Asimismo, Dulger y Ogan-Bekiroglu (2025) destacan que los estudiantes que emplean estrategias metacognitivas de manera sistemática logran una mayor coherencia en sus procesos de resolución y una mejor comprensión de los fenómenos físicos involucrados.

Desde una perspectiva teórica, la metacognición se estructura en dos dimensiones fundamentales: el conocimiento metacognitivo y la regulación cognitiva. En este sentido, Zohar y Barzilai (2013) explican que la regulación cognitiva incluye procesos como la planificación, el monitoreo y la evaluación, los cuales permiten al estudiante gestionar de manera efectiva su aprendizaje. Estas habilidades no solo favorecen la autorregulación, sino que también contribuyen al desarrollo del pensamiento crítico y a la toma de decisiones fundamentadas en contextos académicos complejos.

En el contexto de la educación en ingeniería, el desarrollo de competencias para la resolución de problemas constituye uno de los objetivos centrales del proceso formativo. En esta línea, Wicaksono et al. (2025) señalan que la metacognición desempeña un papel fundamental en el aprendizaje de disciplinas STEM, al facilitar la integración de conocimientos y la aplicación de estrategias analíticas. De igual manera, Marulis y Nelson (2020) destacan que los estudiantes con mayores niveles de regulación metacognitiva presentan un desempeño superior en tareas que requieren razonamiento complejo.

A partir de lo anterior, se evidencia la necesidad de profundizar en el análisis del papel que desempeñan las habilidades metacognitivas en la resolución de problemas de física mecánica en estudiantes de ingeniería. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo identificar el uso de estrategias de planificación, monitoreo y evaluación, así como analizar su influencia en el rendimiento académico. Este enfoque permitirá generar evidencia empírica orientada al diseño de estrategias pedagógicas que fortalezcan el aprendizaje autónomo y el desarrollo del pensamiento científico en la educación superior.

## 2. METODOLOGÍA

### Diseño de investigación



El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño preexperimental de un solo grupo con posttest, orientado a analizar la presencia y el nivel de desarrollo de habilidades de regulación metacognitiva en la resolución de problemas de física mecánica. Este diseño permitió evaluar el desempeño de los estudiantes a partir de su interacción con situaciones problemáticas estructuradas, sin la inclusión de grupo control.

El análisis se centró en la identificación de patrones en el uso de habilidades metacognitivas, específicamente planificación, monitoreo y evaluación, a partir de los productos escritos generados por los participantes. Este enfoque es consistente con investigaciones en educación en ciencias que utilizan evidencias del proceso de resolución como indicador del pensamiento metacognitivo, tal como lo señalan Zohar y Barzilai (2013).

## **Participantes**

La muestra estuvo conformada por 84 estudiantes de segundo semestre del programa de Ingeniería Mecatrónica, matriculados en la asignatura de Física Mecánica durante el año académico 2020. Las edades de los participantes oscilaron entre los 17 y 23 años.

La selección de la muestra respondió a un criterio de conveniencia, considerando el acceso del investigador al grupo académico. La participación fue voluntaria y se garantizó el cumplimiento de los principios éticos de investigación, mediante la firma de consentimiento informado y la confidencialidad de la información recolectada.

## **Instrumento de recolección de datos**

El instrumento consistió en un conjunto de cuatro problemas de cinemática en una y dos dimensiones, seleccionados a partir de un banco inicial de diez ítems. Estos problemas fueron diseñados con el propósito de evaluar el uso de habilidades de regulación metacognitiva en contextos de resolución de problemas abiertos.

Cada problema fue estructurado para requerir no solo la obtención de un resultado final, sino también la explicitación del proceso de resolución, lo que permitió analizar las estrategias empleadas por los estudiantes. Este enfoque metodológico se fundamenta en la necesidad de hacer visibles los procesos cognitivos y metacognitivos durante la resolución, tal como lo plantean Haeruddin et al. (2020), quienes destacan la importancia de instrumentos que permitan evidenciar dichas habilidades en contextos reales de aprendizaje.

## **Procedimiento**

La intervención se llevó a cabo en la última semana de cada semestre académico de 2020, en un entorno de aula controlado. Previamente, los estudiantes participaron en una sesión de orientación en la que se enfatizó la importancia de describir de manera explícita cada etapa del proceso de resolución, incluyendo la formulación de estrategias y la verificación de resultados.

Durante la aplicación, los participantes resolvieron los cuatro problemas propuestos, registrando de forma detallada sus procedimientos. Este registro permitió obtener información directa sobre el uso de habilidades metacognitivas en cada una de las etapas del proceso, lo cual constituye un elemento central para el análisis posterior.



## Operacionalización de la variable

La variable “habilidades de regulación metacognitiva” fue operacionalizada mediante cuatro categorías de análisis: escenario, fenómeno, relaciones entre variables y modelación matemática. Estas categorías representan etapas secuenciales del proceso de resolución de problemas y permiten identificar el grado de coherencia y profundidad en el razonamiento de los estudiantes.

La categoría escenario evalúa la interpretación del problema y la planificación inicial; la categoría fenómeno analiza la identificación de los principios físicos involucrados; la categoría relaciones examina la capacidad para establecer vínculos entre variables; y la categoría modelación matemática valora la formulación y aplicación de ecuaciones para la resolución del problema.

Esta estructura analítica se alinea con enfoques contemporáneos en educación en física que destacan la importancia de la coherencia conceptual y el uso de representaciones múltiples en la resolución de problemas, tal como lo evidencian Kohl y Finkelstein (2008) y Kryjevskaja et al. (2014).

## Escala de evaluación

El desempeño de los estudiantes fue evaluado mediante una escala ordinal de cinco niveles aplicada a cada una de las cuatro categorías de análisis. El nivel uno corresponde al mayor grado de dominio, caracterizado por una resolución completa, coherente y fundamentada, mientras que el nivel cinco representa la ausencia de comprensión o desarrollo del proceso.

Cada problema fue evaluado en las cuatro categorías, lo que permitió obtener una puntuación máxima de 64 puntos por estudiante. Esta estructura de evaluación facilitó la construcción de una base de datos cuantitativa que posteriormente fue utilizada para el análisis estadístico descriptivo, en concordancia con los resultados obtenidos.

## Validez del instrumento

La validez de contenido del instrumento fue determinada mediante juicio de expertos, con la participación de especialistas en educación en ciencias y evaluación educativa. Se utilizó el coeficiente de validez de Aiken, obteniéndose un valor de 0.81, lo cual indica un nivel adecuado de validez.

Este proceso permitió asegurar la pertinencia de las categorías de análisis y la coherencia entre los ítems del instrumento y los objetivos del estudio, garantizando la calidad de los datos recolectados.

## Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron organizados en una matriz que incluyó las puntuaciones de los 84 estudiantes en cada una de las categorías evaluadas. A partir de esta matriz, se realizó un análisis estadístico descriptivo que incluyó medidas de tendencia central, dispersión y distribución de frecuencias.

Adicionalmente, se efectuó un análisis por niveles de desempeño, considerando un total de 336 respuestas por categoría, lo que permitió identificar la concentración de resultados en los distintos niveles de la escala. Este procedimiento facilitó la identificación de patrones en el uso de habilidades metacognitivas, así como la relación entre el desempeño en las etapas iniciales del proceso y los resultados obtenidos en la modelación matemática.

Este enfoque analítico es consistente con estudios recientes que destacan la importancia de evaluar la metacognición a partir de evidencias observables del proceso de resolución, permitiendo establecer relaciones entre el desempeño cognitivo y la autorregulación del aprendizaje (Bao et al., 2024).

### 3. RESULTADOS

Previo a exponer el análisis estadístico de forma detallada, se presenta un ejemplo que ilustra la metodología empleada para evaluar las respuestas de los estudiantes, en correspondencia directa con el diseño del instrumento y la tabla de operacionalización mencionada anteriormente. La Figura 1 expone una solución parcial elaborada por un estudiante frente a la situación problema número 3.

Figura 1 - Ejemplo de respuesta de un estudiante



Fuente: Elaboración propia

En la categoría Escenario se aprecia que el estudiante interpreta correctamente el enunciado del problema, representando la situación de forma gráfica al colocar los vehículos sobre una línea recta que actúa como eje “x”. En su respuesta escrita menciona que “en este punto las posiciones de los autos son igual”, lo que evidencia su capacidad para prever posibles puntos de encuentro en las trayectorias de ambos. Conforme a los criterios de la tabla de codificación, identifica los aspectos esenciales del contexto y los plasma en una representación gráfica. Esta fase inicial tiene como propósito que el estudiante obtenga una visión integral del problema que le permita organizar sus ideas y planificar la resolución. Por este motivo, recibe la calificación máxima de 5.

En esta categoría, se evaluó si los estudiantes podían identificar y describir los tipos de movimiento (MRU y MUA) en un problema, demostrando una comprensión profunda de los conceptos físicos. Se notó una falta de respuestas ejemplares, lo que indica que pocos estudiantes lograron dominar este aspecto del análisis.



Aquí, el enfoque fue en la transición del análisis conceptual a la aplicación de relaciones formales, tanto geométricas como matemáticas. Se observó que los estudiantes a menudo tenían dificultades para aplicar ecuaciones correctamente dentro del contexto del problema, como lo evidenciaron los errores de distancia en el problema 1, que sugerían una falta de coherencia y de interpretación.

En esta etapa, se evaluó la tendencia de los estudiantes a usar fórmulas de manera mecánica, sin una comprensión completa del contexto. Un ejemplo clave fue el uso de una ecuación irrelevante en el problema 2, lo que mostró un proceso de resolución de problemas desprovisto de una reflexión previa.

Figura 2 - Solución ejemplificada por un estudiante



Fuente: Elaboración propia

Se espera que los estudiantes desarrollen un razonamiento matemático estructurado, integrando las etapas previas del proceso de resolución para llegar a una respuesta coherente y lógica. En este proceso, habilidades como la monitorización continua y la toma de decisiones son cruciales a lo largo de todo el procedimiento. (En el Anexo 2 se incluyen ejemplos adicionales de respuestas estudiantiles).

Los datos primarios de la intervención ofrecen una visión general de los resultados de los 84 estudiantes participantes. Cada uno de los cuatro problemas fue evaluado en una escala de cinco niveles (0 a 4) en cada una de las cuatro dimensiones del proceso, lo que daba una puntuación máxima posible de 64 puntos por estudiante.

Seis de los 84 participantes obtuvieron más de 50 puntos, superando el 78% del total posible. No obstante, debido al pequeño tamaño de esta muestra, un análisis detallado de estos casos se pospondrá hasta que se disponga de más datos para asegurar una interpretación más sólida.

Tabla 3. Puntajes de los estudiantes

| Estudiante | Puntaje | Estudiante | Puntaje | Estudiante | Puntaje | Estudiante | Puntaje |
|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|
| 1          | 42      | 22         | 36      | 43         | 39      | 64         | 34      |
| 2          | 6       | 23         | 15      | 44         | 8       | 65         | 18      |
| 3          | 45      | 24         | 21      | 45         | 42      | 66         | 20      |



| Estudiante | Puntaje | Estudiante | Puntaje | Estudiante | Puntaje | Estudiante | Puntaje |
|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|
| 4          | 48      | 25         | 17      | 46         | 55      | 67         | 22      |
| 5          | 33      | 26         | 44      | 47         | 28      | 68         | 42      |
| 6          | 27      | 27         | 19      | 48         | 25      | 69         | 26      |
| 7          | 20      | 28         | 14      | 49         | 16      | 70         | 17      |
| 8          | 10      | 29         | 25      | 50         | 13      | 71         | 27      |
| 9          | 18      | 30         | 21      | 51         | 17      | 72         | 24      |
| 10         | 2       | 31         | 58      | 52         | 6       | 73         | 61      |
| 11         | 15      | 32         | 31      | 53         | 14      | 74         | 30      |
| 12         | 19      | 33         | 44      | 54         | 19      | 75         | 46      |
| 13         | 17      | 34         | 54      | 55         | 16      | 76         | 53      |
| 14         | 5       | 35         | 28      | 56         | 9       | 77         | 30      |
| 15         | 1       | 36         | 27      | 57         | 5       | 78         | 29      |
| 16         | 28      | 37         | 47      | 58         | 25      | 79         | 50      |
| 17         | 23      | 38         | 41      | 59         | 27      | 80         | 39      |
| 18         | 26      | 39         | 34      | 60         | 22      | 81         | 37      |
| 19         | 30      | 40         | 26      | 61         | 31      | 82         | 25      |
| 20         | 7       | 41         | 38      | 62         | 6       | 83         | 36      |
| 21         | 19      | 42         | 11      | 63         | 22      | 84         | 14      |

Fuente: Elaboración propia

Al examinar los puntajes más bajos y el promedio general del grupo, se observa una tendencia inicial poco favorable. Los estudiantes identificados con los números 10 y 15 obtuvieron las calificaciones más reducidas (2 y 1 puntos respectivamente), mientras que el promedio global de los puntajes individuales fue de 27,14, lo que equivale al 42,06 % del puntaje máximo posible, un valor que refleja un desempeño bajo en el conjunto de participantes. Este hallazgo sugiere que, desde una perspectiva global, no se evidencia un dominio consistente de las habilidades cognitivas evaluadas. Sin embargo, se considera necesario profundizar el análisis mediante otros indicadores que permitan comprender con mayor precisión los posibles factores involucrados.

Estos resultados se obtuvieron a partir de la matriz de datos crudos, que contiene la información correspondiente a las cuatro situaciones problema, cada una con sus respectivas cuatro categorías de evaluación, para los 84 estudiantes. Como ejemplo ilustrativo, la Tabla 4 muestra una selección aleatoria de resultados correspondientes a los estudiantes numerados



del 70 al 84, específicamente en la segunda pregunta. Debido a la extensión de la base de datos, esta no se presenta en su totalidad en el presente documento. Además, en el Anexo 2 se incluye una respuesta destacada de un estudiante, y la Tabla 5 ofrece el resumen estadístico de los resultados generales, acompañado de su histograma (Figura 3).

El análisis descriptivo proporciona una visión integral del rendimiento de los estudiantes en relación con la variable dependiente del estudio: el uso de estrategias metacognitivas. Los datos evidencian un nivel de desempeño bajo, con una media que apenas alcanza el sexto decil. Esta tendencia se ve reforzada por la asimetría positiva de 0,45, que indica que la mayoría de los estudiantes se situó por debajo del nivel esperado. Asimismo, la curtosis negativa observada revela una distribución aplanada, propia de una curva platicúrtica, sin un pico pronunciado alrededor de la media. Aunque este panorama refleja con claridad una baja tendencia general en el desempeño, se optó por examinar variables más específicas que pudieran aportar mayor claridad y sustento a la interpretación de los resultados.

A continuación, se realizó el conteo de respuestas registradas en cada uno de los niveles definidos para todas las preguntas. Este análisis facilita establecer la relación entre el grado de comprensión del proceso de resolución y la aplicación de habilidades metacognitivas, además de evaluarla coherencia entre las diferentes fases del razonamiento. Esto se relaciona directamente con el segundo objetivo del estudio: demostrar cómo el uso adecuado de las habilidades de regulación metacognitiva influye en el éxito al resolver las situaciones planteadas. Los resultados se presentan en la Tabla 6, considerando que el total de respuestas posibles por nivel es de 336 (resultado de las cuatro preguntas aplicadas a 84 estudiantes). Es importante recordar que el nivel uno representa el máximo dominio en el uso de habilidades (puntaje 4), mientras que el nivel cinco indica la ausencia total de dichas habilidades (puntaje 0). Finalmente, según la evaluación de expertos, los cuatro problemas tuvieron un grado similar de dificultad, lo que asegura la validez de las comparaciones efectuadas.

Tabla 4. Muestra de puntajes por categoría, para estudiantes 70 a 84

| # Estudiante | Escenario | Fenómeno | Relación | Matemática | Total |
|--------------|-----------|----------|----------|------------|-------|
| 70           | 3         | 2        | 1        | 1          | 7     |
| 71           | 5         | 4        | 4        | 3          | 16    |
| 72           | 2         | 1        | 0        | 0          | 3     |
| 73           | 4         | 3        | 3        | 4          | 14    |
| 74           | 1         | 1        | 0        | 0          | 2     |
| 75           | 4         | 3        | 3        | 2          | 12    |
| 76           | 5         | 5        | 4        | 5          | 19    |
| 77           | 4         | 4        | 3        | 3          | 14    |
| 78           | 3         | 2        | 2        | 1          | 8     |



| # Estudiante | Escenario | Fenómeno | Relación | Matemática | Total |
|--------------|-----------|----------|----------|------------|-------|
| 79           | 5         | 4        | 5        | 4          | 18    |
| 80           | 4         | 4        | 4        | 4          | 16    |
| 81           | 3         | 4        | 3        | 3          | 13    |
| 82           | 1         | 1        | 0        | 0          | 2     |
| 83           | 3         | 3        | 2        | 2          | 10    |
| 84           | 2         | 2        | 1        | 1          | 6     |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Estadística descriptiva

| Estadístico               | Valor     |
|---------------------------|-----------|
| Media                     | 27.142857 |
| Error estándar            | 1.63      |
| Mediana                   | 25.0      |
| Moda                      | 24        |
| Desviación estándar       | 14.8      |
| Varianza muestral         | 219.04    |
| Curtosis                  | -0.21     |
| Coefficiente de asimetría | 0.45      |
| Rango                     | 62        |
| Mínimo                    | 1         |
| Máximo                    | 63        |
| Suma                      | 2280      |
| Número de casos           | 84        |
| Nivel de confianza (95%)  | 3.20      |
| Estadístico               | Valor     |
| Media                     | 27.142857 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Número total de respuestas y porcentajes por nivel

| Nivel | Escenario<br># Resp | Escenario<br>o % | Fenómeno<br># Resp | Fenómeno<br>o % | Relaciones<br># Resp | Relaciones<br>s % | Matemática<br>a # Resp | Matemática<br>a % |
|-------|---------------------|------------------|--------------------|-----------------|----------------------|-------------------|------------------------|-------------------|
| 1     | 60                  | 17.86            | 55                 | 16.37           | 40                   | 11.90             | 38                     | 11.31             |
| 2     | 70                  | 20.83            | 68                 | 20.24           | 52                   | 15.48             | 30                     | 8.93              |
| 3     | 58                  | 17.26            | 50                 | 14.88           | 55                   | 16.37             | 45                     | 13.39             |



| Nive | Escenari | Escenari | Fenómen  | Fenómen | Relacione | Relacione | Matemátic | Matemátic |
|------|----------|----------|----------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| l    | o # Resp | o %      | o # Resp | o %     | s # Resp  | s %       | a # Resp  | a %       |
| 4    | 50       | 14.88    | 72       | 21.43   | 80        | 23.81     | 60        | 17.86     |
| 5    | 98       | 29.17    | 91       | 27.08   | 100       | 29.76     | 113       |           |

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 6 revela que la mayoría de las respuestas en todas las categorías se agrupan en el nivel cinco, lo que evidencia un uso limitado por parte de los estudiantes de las habilidades necesarias. Esta tendencia es particularmente notable en las áreas relacionadas con las relaciones lógicas mediante la modelación del fenómeno y en las predicciones basadas en modelación matemática, con porcentajes del 35,12% y 47,02%, respectivamente. Estos resultados indican que los estudiantes enfrentan dificultades en aspectos fundamentales como la identificación de conexiones entre variables, codificación, realización de inferencias, predicción y gestión de información, además de debilidades en las habilidades de monitoreo y evaluación. Por lo tanto, las habilidades metacognitivas vinculadas a estas categorías parecen representar un reto significativo para ellos. Asimismo, resulta importante destacar la relevancia de la coherencia en el proceso, lo cual orienta el análisis hacia el segundo objetivo del estudio. Según los datos, se puede inferir que una inadecuada descripción del escenario inicial que abarca percepción, descripción, identificación y planificación podría estar relacionada con la obtención de respuestas incorrectas en la etapa matemática final.

Asimismo, se confirma que una descripción insuficiente del escenario está estrechamente vinculada con un uso poco efectivo de las habilidades metacognitivas, lo que conlleva un desarrollo deficiente del proceso y, finalmente, a una respuesta incorrecta en la fase matemática. Esto indica que, aunque algunos estudiantes comenzaron el proceso de manera adecuada, no lograron mantener la coherencia durante la resolución, evidenciando la dificultad de la tarea y señalando deficiencias en aspectos como la planificación, la gestión de la información y el monitoreo. Por otro lado, quienes iniciaron de forma errónea presentaron fallos en todas las etapas del problema. Para ilustrar esta situación, se calculó la desviación estándar de las frecuencias de respuestas mostradas en la Tabla 6, analizando cada estadio por categoría. Los resultados muestran un aumento significativo en la desviación estándar, desde 22,15 en la categoría “Escenario” hasta 51,56 en “Matemática”. Esto sugiere que, mientras que las respuestas al inicio del proceso se distribuían con mayor equilibrio, los errores relacionados con el monitoreo, seguimiento, manejo de la información y evaluación concentraron las respuestas en el nivel cinco, reflejando una comprensión limitada de las habilidades metacognitivas y conduciendo a resultados incorrectos en la etapa final. En cuanto a los resultados obtenidos en la categoría de modelación matemática, que son clave para determinar si se ha logrado una solución correcta o incorrecta del problema, los datos presentados en la tabla 6 indican que solo un 21,42% (11,90% + 9,52%) de los puntajes lograron completar exitosamente el proceso de resolución en los estadios 1 y 2. Este hallazgo, a la luz del diseño de la investigación y los objetivos establecidos, nos permite afirmar que solo una pequeña fracción de los estudiantes ha demostrado un uso adecuado de las habilidades metacognitivas.



Además, se identifica que aproximadamente un 8,23% de los estudiantes ( $n = 7$ ) parece emplear de manera implícita habilidades metacognitivas. Aunque no alcanzaron los criterios establecidos para la categoría uno, estos alumnos lograron, mediante un proceso interno, obtener la respuesta correcta. Este comportamiento indica que algunos estudiantes aplican de forma tácita ciertos elementos de la autorregulación metacognitiva, sin que sea evidente una aplicación consciente durante la resolución del problema. Este hallazgo subraya la importancia de visibilizar dichos procesos dentro de las estrategias pedagógicas, con el fin de diseñar intervenciones didácticas que atiendan las dificultades particulares de cada estudiante.

En términos generales, se puede inferir que una gran parte de los estudiantes posee conocimientos previos que, lejos de facilitar la resolución, obstaculizan o desvían el camino hacia una solución adecuada. Estos errores conceptuales se reflejan claramente en los resultados obtenidos, por lo que se enfatiza la necesidad de implementar metodologías que orienten de manera más eficaz el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Para concluir, se ofrece un análisis descriptivo de los datos, segmentado según cada etapa del proceso de resolución de los problemas, mostrando el desempeño de los estudiantes en los diferentes niveles evaluados.

Tabla 7. Estadísticas descriptivas por categoría

| Estadístico               | Escenario | Fenómeno | Relaciones | Matemática |
|---------------------------|-----------|----------|------------|------------|
| Media                     | 1.90      | 1.75     | 1.40       | 1.25       |
| Media en porcentaje       | 47.50%    | 43.75%   | 35.00%     | 31.25%     |
| Error estándar            | 0.12      | 0.11     | 0.10       | 0.11       |
| Mediana                   | 2         | 2        | 1          | 1          |
| Moda                      | 0         | 0        | 0          | 0          |
| Desviación estándar       | 1.54      | 1.43     | 1.39       | 1.43       |
| Varianza                  | 2.37      | 2.05     | 1.93       | 2.05       |
| Curtosis                  | -1.48     | -1.33    | -1.00      | -0.73      |
| Coefficiente de asimetría | 0.06      | 0.18     | 0.55       | 0.81       |
| Rango                     | 4         | 4        | 4          | 4          |

Fuente: Elaboración propia

Los datos presentados en la tabla 7 evidencian varios aspectos importantes, como que el puntaje mínimo registrado es cero, valor que también coincide con la moda. Al examinar los promedios de las cuatro categorías, se aprecia que en la categoría “escenario” los estudiantes alcanzan apenas un 46,58% del puntaje máximo, mostrando una disminución progresiva a lo largo de las categorías evaluadas. Por ejemplo, en la categoría “matemática” el puntaje promedio es de 1.22, lo que implica una reducción de 0.64 puntos respecto a la primera



categoría, equivalente a una caída porcentual del 16,07%. Esta disminución resulta significativa si se compara con el puntaje máximo alcanzado en “escenario”.

Este análisis revela una tendencia preocupante en general: la insuficiente comprensión inicial del problema, la deficiente descripción, la identificación limitada de elementos clave y, en especial, la carencia de una planificación adecuada y generación de estrategias para su resolución, todos aspectos vinculados a la primera categoría. Como consecuencia, el proceso se ve afectado negativamente, derivando en soluciones inadecuadas. Aunque en teoría se esperaría que al bajar el puntaje en cada categoría disminuyera también el número de respuestas correctas como indica la tabla 6 con sus 336 respuestas, en realidad sucede lo contrario. En lugar de una reducción gradual, se observa que la cantidad de estudiantes que ofrecen respuestas acertadas a lo largo del proceso decrece. Este hallazgo subraya la importancia de implementar un método de enseñanza claro y estructurado que conduzca a los estudiantes de forma efectiva hacia la resolución correcta y coherente de los problemas.

#### 4. DISCUSION

Los resultados obtenidos evidencian un desempeño global bajo en el uso de habilidades metacognitivas durante la resolución de problemas de física, lo cual coincide con tendencias reportadas en la literatura reciente. En este sentido, la media alcanzada por los estudiantes refleja limitaciones en la regulación del propio aprendizaje, particularmente en etapas avanzadas del proceso. Tal como señalan Bao et al. (2024), la ausencia de estrategias metacognitivas consolidadas impacta negativamente el rendimiento académico, especialmente en contextos que requieren integración conceptual y aplicación matemática, como es el caso de la física.

En relación con la categoría “Escenario”, se observó que algunos estudiantes lograron una adecuada representación inicial del problema, lo que sugiere la presencia de habilidades básicas de planificación. Sin embargo, esta fortaleza no se mantuvo a lo largo del proceso. Este hallazgo es consistente con lo planteado por Dulger y Ogan-Bekiroglu (2025), quienes indican que los estudiantes pueden activar conocimientos metacognitivos de forma parcial, pero presentan dificultades para sostenerlos durante tareas complejas de resolución de problemas en física.

Asimismo, la disminución progresiva del desempeño desde la comprensión inicial hasta la modelación matemática evidencia una ruptura en la coherencia del proceso cognitivo. Este fenómeno ha sido ampliamente documentado por Marulis y Nelson (2020), quienes destacan que la metacognición actúa como un mediador crítico entre la comprensión conceptual y la ejecución efectiva. En este estudio, la falta de monitoreo y evaluación continua parece haber limitado la capacidad de los estudiantes para ajustar sus estrategias durante la resolución de los problemas planteados.

En la categoría “Relaciones”, los estudiantes mostraron dificultades significativas para establecer conexiones entre variables, lo cual sugiere una comprensión superficial de los principios físicos involucrados. Este resultado se alinea con lo expuesto por Kohl y Finkelstein (2008), quienes sostienen que la capacidad de utilizar múltiples representaciones es esencial para una resolución efectiva. Del mismo modo, De Cock (2012) señala que la



elección de estrategias inadecuadas está directamente relacionada con una pobre interpretación del problema.

Por otra parte, el alto porcentaje de respuestas ubicadas en el nivel cinco en la categoría “Matemática” indica una tendencia al uso mecánico de fórmulas sin una comprensión profunda del contexto. Este comportamiento coincide con lo descrito por Kryjevskaja et al. (2014), quienes identifican el razonamiento “answer-first” como una práctica común en estudiantes con baja regulación metacognitiva. En este estudio, dicha tendencia se evidenció en la aplicación de ecuaciones irrelevantes, lo que refleja una ausencia de reflexión crítica durante el proceso.

Adicionalmente, la identificación de un grupo reducido de estudiantes que lograron resolver correctamente los problemas mediante procesos implícitos sugiere la existencia de habilidades metacognitivas no explícitas. Este hallazgo es relevante, ya que, como indican Fritzsche et al. (2018), la conciencia metacognitiva no siempre se manifiesta de forma observable, pero influye significativamente en el desempeño. Asimismo, Greene y Azevedo (2009) destacan la importancia de la autorregulación como un proceso dinámico que puede operar de manera consciente o inconsciente.

Finalmente, los resultados refuerzan la necesidad de implementar estrategias didácticas orientadas al desarrollo explícito de habilidades metacognitivas en la enseñanza de la física. Investigaciones recientes, como las de Chen et al. (2025) y Wicaksono et al. (2025), enfatizan la importancia de integrar enfoques pedagógicos que promuevan la planificación, el monitoreo y la evaluación del aprendizaje. En este contexto, el uso de instrumentos estructurados, como el empleado en este estudio, puede contribuir significativamente a mejorar la coherencia del proceso de resolución y, en consecuencia, el rendimiento académico de los estudiantes.

## 5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir que el nivel de desarrollo de habilidades de regulación metacognitiva en los estudiantes evaluados es insuficiente, lo cual se refleja en el bajo desempeño global evidenciado en el promedio general alcanzado. Esta situación confirma que la mayoría de los participantes no logra integrar de manera efectiva las etapas del proceso de resolución de problemas, lo que limita significativamente su capacidad para alcanzar soluciones correctas, en concordancia con el objetivo general del estudio.

Se evidencia que la comprensión inicial del problema, representada en la categoría “Escenario”, constituye un factor determinante en el éxito del proceso de resolución. Sin embargo, aunque algunos estudiantes logran una adecuada interpretación inicial, la falta de continuidad en la aplicación de habilidades metacognitivas a lo largo de las etapas posteriores genera incoherencias que derivan en errores en la modelación matemática, lo cual confirma la importancia de la planificación y el monitoreo constante.

Los hallazgos muestran que las mayores dificultades se concentran en las categorías de “Relaciones” y “Matemática”, donde predominan respuestas ubicadas en los niveles más bajos. Esto indica deficiencias en la capacidad de establecer conexiones entre variables, aplicar modelos físicos adecuados y ejecutar procesos matemáticos coherentes, evidenciando



una tendencia al uso mecánico de fórmulas sin una comprensión profunda del fenómeno analizado.

Finalmente, se concluye que el desarrollo explícito de habilidades metacognitivas es un elemento clave para mejorar el desempeño en la resolución de problemas de física. La baja proporción de estudiantes que alcanzaron niveles altos, así como la presencia de procesos metacognitivos implícitos en un grupo reducido, pone de manifiesto la necesidad de implementar estrategias didácticas estructuradas que promuevan la autorregulación, la reflexión y la toma de decisiones durante todo el proceso de aprendizaje.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABET. (2025). Criteria for accrediting engineering programs 2025–2026. <https://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-engineering-programs-2025-2026/>
- Adams, W. K., & Wieman, C. E. (2015). Analyzing the many skills involved in solving complex physics problems. *American Journal of Physics*, 83(5), 459–467. <https://doi.org/10.1119/1.4913923>
- Akyol, Z., & Garrison, D. R. (2011). Assessing metacognition in an online community of inquiry. *The Internet and Higher Education*, 14(3), 183–190. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2011.01.005>
- Balta, N., Mason, A. J., & Singh, C. (2016). Surveying students' attitudes and approaches to physics problem solving. *Physical Review Physics Education Research*, 12(1), 010129. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.010129>
- Bao, L., Soh, K. G., Nasiruddin, N. J. M., Xie, H., & Zhang, J. (2024). Unveiling the impact of metacognition on academic achievement: A systematic review. *Psychology Research and Behavior Management*, 17, 973–987. <https://doi.org/10.2147/PRBM.S444631>
- Browne, M. N., & Keeley, S. M. (2015). *Asking the right questions* (11th ed.). Pearson.
- Cebero, M., Almudí, J. M., & Franco, Á. (2016). Design and application of interactive simulations. *Journal of Science Education and Technology*, 25, 590–609. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9615-7>
- Chi, M. T. H. (2006). Two approaches to the study of experts. En *The Cambridge handbook of expertise*. Cambridge University Press.
- Claxton, G. (2018). *The learning power approach*. Corwin.
- Chen, X., Li, X., Zou, D., Xie, H., & Wang, F. L. (2025). Metacognition research in education: Topic modeling and bibliometrics. *Educational Technology Research and Development*, 73, 1399–1427. <https://doi.org/10.1007/s11423-025-10451-8>
- Dulger, Z., & Ogan-Bekiroglu, F. (2025). Students' metacognition knowledge and skills during physics problem-solving process. *Physical Review Physics Education Research*, 21(2), 020106. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.21.020106>
- De Cock, M. (2012). Representation use and strategy choice. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 8(2), 020117. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.8.020117>
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring. *American Psychologist*, 34(10), 906–911. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906>
- Flavell, J. H., Miller, P. H., & Miller, S. A. (2002). *Cognitive development* (4th ed.). Prentice Hall.
- Förster, C., & Rojas-Barahona, C. (2010). Adaptación del cuestionario. *RIDEP*, 30(2), 9–33. <https://www.redalyc.org/pdf/4596/459645442002.pdf>
- Fritzsche, E., Händel, M., & Kröner, S. (2018). Second-order judgments. *Metacognition and Learning*, 13, 159–177. <https://doi.org/10.1007/s11409-018-9182-9>
- García, T., et al. (2016). Metacognición y funcionamiento ejecutivo. *Anales de Psicología*, 32(2), 474–483. <https://doi.org/10.6018/analesps.32.2.202891>
- Georghiades, P. (2004a). From the general to the situated. *International Journal of Science Education*, 26(3), 365–383. <https://doi.org/10.1080/0950069032000119401>
- Georghiades, P. (2004b). Making pupils' conceptions more durable. *International Journal of*





- Science Education, 26(1), 85–99. <https://doi.org/10.1080/0950069032000070333>
- Greene, J. A., & Azevedo, R. (2009). Self-regulated learning processes. *Contemporary Educational Psychology*, 34(1), 18–29. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2008.05.006>
- Haeruddin, H., Prasetyo, Z. K., & Supahar. (2020). Metacognition instrument. *International Journal of Instruction*, 13(1), 767–782. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13149a>
- Haeruddin, H., Prasetyo, Z. K., & Supahar. (2023). Metacognition and thinking style in physics problem solving. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(12), 11429–11440. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i12.6151>
- Hattie, J. (2009). *Visible learning*. Routledge.
- Hsu, L., et al. (2004). Research in problem solving. *American Journal of Physics*, 72(9), 1147–1156. <https://doi.org/10.1119/1.1763175>
- ICFES. (2020). Informe PISA Colombia 2018. <http://www.icfes.gov.co>
- Kohl, P. B., & Finkelstein, N. D. (2008). Patterns of multiple representation use. *Physical Review Physics Education Research*, 4(1), 010111. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.4.010111>
- Kryjevskaaia, M., Stetzer, M., & Grosz, N. (2014). Answer-first reasoning. *Physical Review Physics Education Research*, 10(2), 020109. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.020109>
- Marulis, L. M., & Nelson, J. A. (2020). The role of metacognition in academic achievement. *Educational Psychology Review*, 32, 1201–1227. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09519-z>
- Kryjevskaaia, M., Stetzer, M., & Grosz, N. (2014). Answer-first reasoning. *Physical Review PER*, 10(2), 020109. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.020109>
- Larkin, J. H., et al. (1980). Expert and novice performance. *Science*, 208(4450), 1335–1342. <https://doi.org/10.1126/science.208.4450.1335>
- Marulis, L. M., & Nelson, J. A. (2020). Metacognition and academic performance. *Educational Psychology Review*, 32, 1201–1227. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09519-z>
- Schraw, G., & Dennison, R. S. (1994). Assessing metacognitive awareness. *Contemporary Educational Psychology*, 19(4), 460–475. <https://doi.org/10.1006/ceps.1994.1033>
- Schraw, G., & Moshman, D. (1995). Metacognitive theories. *Educational Psychology Review*, 7(4), 351–371. <https://doi.org/10.1007/BF02212307>
- Taasobshirazi, G., & Farley, J. (2013). Physics metacognition inventory. *International Journal of Science Education*, 35(3), 447–459. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.740459>
- Wicaksono, B. A., Purwaningsih, E., Diantoro, M., & Sunaryono. (2025). Metacognition research trends in physics education: A systematic review. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 14(1). <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v14i1.27584>
- Yuruk, N., Beeth, M. E., & Andersen, C. (2009). Metacognition in science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(4), 413–436. <https://doi.org/10.1002/tea.20278>
- Zohar, A., & Barzilai, S. (2013). Metacognition in science education. *Studies in Science Education*, 49(2), 121–169. <https://doi.org/10.1080/03057267.2013.847261>.

## CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA:

**Nombres de autores e iniciales:** Emily Ashley Alvarado Bastidas (EAAB)

1. Conceptualización: (EAAB)
2. Curación de datos: (EAAB)
3. Análisis formal: (EAAB)
4. Adquisición de fondos: (EAAB)
5. Investigación: (EAAB)
6. Metodología: (EAAB)
7. Administración del proyecto: (EAAB)
8. Recursos: (EAAB)
9. Software: (EAAB)





10. Supervisión: (EAAB)
11. Validación: (EAAB)
12. Visualización: (EAAB)
13. Redacción – borrador original: (EAAB)
14. Redacción – revisión y edición: (EAAB)

**Conflicto de Intereses:** Los autores afirman que no existen conflictos de intereses en este estudio y que se han seguido éticamente los procesos establecidos por esta revista. Además, aseguran que este trabajo no ha sido publicado parcial ni totalmente en ninguna otra revista.

©2025 por los Autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0. (CC BY 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

