

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS

PROYECTO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

**“MAGÍSTER EN EDUCACIÓN CON MENCIÓN EN LA ENSEÑANZA DE
LA FÍSICA”**

TEMA:

APLICACIÓN DEL APRENDIZAJE BASADO EN FENOMENOS PARA
MEJORAR EL APRENDIZAJE EN CALORIMETRIA EN ESTUDIANTES
DE BACHILLERATO

AUTOR:

JEFFERSON ANTONIO GUERRERO GONZALEZ

Guayaquil - Ecuador

2025

RESUMEN

La presente investigación consiste en un estudio realizado a estudiantes del segundo año de bachillerato general unificado, quienes fueron partícipes de la aplicación de la metodología de enseñanza activa Aprendizaje Basado en Fenómenos (ABF). El objetivo de esta investigación consistió en mejorar el aprendizaje de los estudiantes en el estudio de la física tomando como unidad base el área de calorimetría. Para garantizar la equidad en la comparación, los grupos se conformaron con estudiantes de la misma edad y nivel académico, lo cual se corroboró mediante la selección del año lectivo correspondiente y la aplicación de una prueba diagnóstica previa (pretest) en el área de calorimetría. Los grupos fueron nombrados como grupo de control y grupo experimental (útil para un diseño cuasi experimental), el grupo de control conformado por 36 estudiantes aprendieron calorimetría usando la metodología tradicional, mientras que el grupo experimental con 148 estudiantes aprendieron mediante el método ABF. Todo esto con el objetivo de comparar ambas metodologías, ambos grupos fueron evaluados a través de una prueba postes y resolución de problemas.

Por medio del proceso estadístico descriptivo se compararon varios de los resultados, estos favorecieron al método ABF, uno de ellos fue el promedio antes y después de la intervención, donde al inicio, ambos grupos obtuvieron promedios similares, y después de la intervención, el grupo experimental superó considerablemente el promedio del grupo de control. Estos resultados se pudieron aclarar por medio de pruebas estadísticas más sofisticadas, las cuales comprobaron que al principio los grupos eran similares en cuanto a conocimientos previos y que al final la metodología ABF tuvo un impacto significativo en los estudiantes, donde no solo permitió que se limiten a un lápiz y papel para aprender física, sino que despertó el interés de los jóvenes en investigar más allá de lo que se les enseñó, cuestionando los fenómenos físicos que los rodea. El avance en la educación exige que los estudiantes experimenten nuevas formas de aprender. En este contexto, una metodología activa, aparte de superar las expectativas pedagógicas, es una solución viable hacia un futuro académico más sólido, dejando atrás lo tradicional y colocando al estudiante como el eje central de su propio aprendizaje.

ABSTRACT

This research consists of a study conducted with second-year students of a unified general high school, who participated in the application of the active teaching methodology Phenomenon-Based Learning (PhBL). The objective of this research was to improve student learning in the study of physics using calorimetry as a base unit. To ensure fairness in the comparison, the groups were composed of students of the same age and academic level. This was confirmed by selecting the corresponding academic year and administering a pretest in the calorimetry area. The groups were designated as a control group and an experimental group (useful for a quasi-experimental design). The control group, made up of 36 students, learned calorimetry using the traditional methodology, while the experimental group, with 148 students, learned using the PhBL method. All of this with the objective of comparing both methodologies, both groups were evaluated through a posttest, and problem-solving. Through descriptive statistics, several results were compared, favoring the PhBL method. One of these was the test-score average before and after the intervention, where the experimental group considerably exceeded the control group's average, while initially they had similar averages. These results were clarified through more sophisticated statistical tests, which confirmed that the groups were initially similar in terms of prior knowledge and that in the end, the PhBL methodology had a significant impact on the students. It not only allowed them to limit themselves to a pencil and paper to learn physics, but also sparked their interest in exploring beyond what they were taught, questioning the physical phenomena that surround them. Advances in education require students to experience new ways of learning. In this context, an active methodology, apart from exceeding pedagogical expectations, is a viable solution for a more solid academic future, leaving behind the traditional and placing the student at the center of their own learning.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de titulación a mis padres, Teresa y Antonio, quienes con su amor, esfuerzo y ejemplo me han enseñado el verdadero significado de la perseverancia. A mis hermanos Gina, Marlene y Luis, por estar siempre presentes, brindándome apoyo, palabras de aliento y compañía en cada etapa de mi formación. A todos ellos, porque este logro es también suyo.

Dedico este trabajo igualmente a mis compañeros de curso, con quienes compartí no solo el aprendizaje, sino también momentos de amistad, risas y colaboración. Su apoyo en los momentos de dificultad y su compañía en el camino hicieron que esta experiencia fuera más llevadera y enriquecedora.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco profundamente a mis padres, Teresa y Antonio, por su amor incondicional, sus sacrificios y su constante apoyo en cada paso de mi vida académica. A mis hermanos Luis, Marlene y Gina, por su compañía, paciencia y aliento en los momentos en que más los necesité. Sin ustedes, este camino no habría sido posible.

Extiendo mi gratitud a mis compañeros de curso, con quienes compartí aprendizajes, dudas y también alegrías, y que con su apoyo y amistad hicieron de este proceso una experiencia enriquecedora y memorable.

De manera muy especial, agradezco a mi tutor, por su guía constante, sus orientaciones oportunas y por estar siempre presente en cada etapa de este trabajo. Su compromiso y acompañamiento han sido fundamentales para la culminación de esta investigación.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron con palabras de ánimo, con tiempo o con su ejemplo, a que hoy este logro sea una realidad.

Declaración Expresa

Yo Jefferson Antonio Guerrero Gonzalez acuerdo y reconozco que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al/los autores/es que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 9 de septiembre del 2025.

Jefferson Antonio Guerrero Gonzalez

EVALUADORES

ARTURO PAZMIÑO VÉLEZ Ph.D.
TUTOR

MANUEL ÁLVAREZ ALVARADO, Ph.D.
EVALUADOR

EDUARDO MONTEROS CARPIO, MSc.
PRESIDENTE

ABREVIATURAS O SIGLAS

ABF: aprendizaje basado en fenómenos

KTSP: Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan(Currículo a Nivel de Unidad Educativa)

DTA: Differential Thermal Analysis (análisis termico diferencial)

DSC: *Differential Scanning Calorimetry* (*Calorimetría Diferencial de Barrido*)

SCAC: *Single Crystal Adsorption Calorimetry*(*Calorimetría de Adsorción Monocristalina*)

PBL: Problem-based learning (Aprendizaje basado en problemas)

PrBL o PjBL: Project-based learning (Aprendizaje basado en proyectos)

STEM: Science, Technology, Engineering, and Mathematics

BGU: Bachillerato General Unificado

PODS: Predicción, Observación, Discusión y Síntesis

Tabla de contenido

RESUMEN.....	II
ABSTRACT	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
Declaración Expresa	VI
EVALUADORES.....	VII
ABREVIATURAS O SIGLAS	VIII
CAPITULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Descripción del problema	2
1.3 Justificación	4
1.4 Objetivo	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 Pregunta de investigación	6
1.6 Hipótesis.....	6
1.7 Alcance.....	6
CAPÍTULO 2.....	7
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1 Importancia y mejora del aprendizaje de calorimetría	7
2.2 Enfoque en modelos de metodologías pedagógicas	12
2.3 Modelo de aprendizaje basado en fenómenos	15
2.3.1 Beneficios para los estudiantes	16
2.3.2 Beneficios para los profesores	16
2.3.3 Calorimetría con el método ABF.....	17

CAPÍTULO 3.....	20
3. METODOLOGÍA	20
3.1 Diseño de la investigación para la implementación de ambas metodologías 20	
3.2 Diseño del experimento	21
3.3 Distribución de la muestra	21
3.4 Validez del instrumento.....	22
3.5 Descripción de las intervenciones	22
3.6 Consideraciones éticas.....	24
CAPÍTULO 4.....	25
4. RESULTADOS	25
4.1 Análisis de resultados	31
4.2 Pruebas de normalidad.....	33
4.3 Homogeneidad de varianza	33
4.4 Comparación de resultados entre grupos	34
4.5 Interpretación del tamaño del efecto d de cohen	35
4.6 Análisis de resultados por pregunta.....	37
4.6.1 Preguntas con mayor ganancia del grupo experimental.....	37
4.6.2 Preguntas donde el grupo de control superó al grupo experimental pero no a la ganancia mínima de 0.3	40
CAPÍTULO 5.....	43
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
5.1 Conclusiones	43
5.2 Recomendaciones	44
6. Referencias.....	46
7. Apéndices y anexos.....	50

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Diseño estadístico	21
Tabla 3.2 Tabla comparativa de intervenciones	23
Tabla 4.1 Resultados pretest, postest y resolución de problemas para el grupo de control	26
Tabla 4.2 Resultados pretest, postest y resolución de problemas para el grupo experimental	28
Tabla 4.3 Estadísticos descriptivos y distribución por cuartiles del rendimiento académico en el grupo control	31
Tabla 4.4 Estadísticos descriptivos y distribución por cuartiles del rendimiento académico en el grupo experimental	31
Tabla 4.5 Coeficiente de Shapiro-Wilk (S-W) y valor p para el grupo de control	33
Tabla 4.6 Coeficiente de Kolmogorov-Smirnov (K-S) y valor p para el grupo experimental	33
Tabla 4.7 Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas	33
Tabla 4.8 Comparación de datos del grupo de control vs experimental para las diferentes pruebas usando el estadístico de Mann – Whitney U	34
Tabla 4.9 Tamaño del efecto d de Cohen para el postest	35
Tabla 4.10 Tamaño del efecto d de Cohen para la resolución de problemas	36
Tabla 4.12 valores de ganancia Hake baja, media, alta y formula para determinar las ganancias para cada pregunta	37
Tabla 4.13 Ganancia de la pregunta 9 a partir del número o porcentaje de estudiantes para el grupo de control y experimental sobre los resultados del pretest y postest	38
Tabla 4.14 Ganancia de la pregunta 10 a partir del número o porcentaje de estudiantes para el grupo de control y experimental sobre los resultados del pretest y postest	38
Tabla 4.15 Ganancia de la pregunta 14 a partir del número o porcentaje de estudiantes para el grupo de control y experimental sobre los resultados del pretest y postest	39
Tabla 4.16 Ganancia de la pregunta 5 a partir del número o porcentaje de estudiantes para el grupo de control y experimental sobre los resultados del pretest y postest	40

Tabla 4.17 Ganancia de la pregunta 13 a partir del número o porcentaje de estudiantes para el grupo de control y experimental sobre los resultados del pretest y postest.....41

Tabla 4.18 Ganancia de la pregunta 26 a partir del número o porcentaje de estudiantes para el grupo de control y experimental sobre los resultados del pretest y postest.....42

CAPITULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La física conocida por ser la ciencia que estudia el comportamiento de la materia y las diferentes formas de energía existentes en el universo, requiere de un aprendizaje teórico y experimental para profundizar y garantizar un mejor alcance de la enseñanza en los estudiantes, por ello se necesita implementar nuevas metodologías de aprendizaje, en las que el estudiante mediante la observación de fenómenos físicos pueda predecir lo que está ocurriendo, despertando un poco más la curiosidad e incentivo por el aprendizaje de la física a partir del nivel secundario, ya que en recientes estudios se ha evidenciado un bajo aprendizaje cognitivo (Assem et al., 2023).

El bajo aprendizaje cognitivo entre los estudiantes en el estudio de la física se suele dar debido a que en la enseñanza tradicional no logra darse esa conexión con los fenómenos que se experimentan en la vida real. Putri, T. L., Azizahwati, A., e Islami, N. (2018) indican que esta desconexión conlleva a que los estudiantes tengan dificultades para captar conceptos abstractos y que involucran principios más complejos. En países como Indonesia, el sistema educativo ha actualizado su mejora curricular ofreciendo cambios significativos por medio de un plan de estudios KTSP (Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan), cuyo significado en español es "Currículo a Nivel de Unidad Educativa", este modelo ayuda a que se exploren nuevos modelos pedagógicos como lo es el aprendizaje basado en fenómenos (ABF).

El aprendizaje basado en fenómenos, según Yuliati, L. (2018), puede mejorar la comprensión de los estudiantes en el aprendizaje de la física, alentándolos a explorar los fenómenos físicos existentes en nuestro entorno, esto los conduce a una comprensión más profunda en los conceptos fundamentales de la física y a mejorar sus habilidades a la hora de resolver problemas relacionados, algo que la metodología tradicional no ofrece, ya que en este caso no se interactúa con el fenómeno de manera

física y en tiempo real. Una de las áreas en las que se puede aplicar la metodología ABF es en la enseñanza de calorimetría.

Greenbowe y Meltzer (2003) anuncian sobre el contexto de la calorimetría de solución, el estudio se centra sobre la comprensión del calor y los fenómenos térmicos, lo que puede ser una aplicación en el mundo real de los conceptos termoquímicos. Este corresponde con los fundamentos del aprendizaje basados en fenómenos, en el cual los alumnos se enfocan en fenómenos reales para aumentar su comprensión de los conceptos científicos.

En países como Finlandia se ha comprobado estas mejoras, donde el aprendizaje basado en fenómenos se ha convertido en una parte oficial dentro de su plan de estudio, incorporando módulos de aprendizaje multidisciplinarios que incentiva a los estudiantes a participar en proyectos de múltiples áreas que incluyen variedad de temas y ayudan a la comprensión del conocimiento (Symeonidis & Schwarz, 2016).

Trinidad (2018) también establece que este enfoque ha sido efectivo en la enseñanza de las ciencias físicas y que este modelo educativo tiene cierta similitud con otros métodos populares como el aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje colaborativo. Sin embargo, a diferencia de estos y en contraste con la tradicional —frecuentemente desconectada con el entorno, con contenido unidireccional y centrada en la memorización— el método ABF despierta más la curiosidad natural del estudiante y lo motiva a seguir un pensamiento científico disfrutando del proceso de exploración y descubrimiento. Así, la metodología ABF se convierte en una alternativa innovadora dejando atrás a los enfoques convencionales y permitiendo al estudiante conectar con los fenómenos reales que resultan significativos para su aprendizaje.

1.2 Descripción del problema

Durante la preparación de un estudiante a nivel de bachillerato, se suelen presentar dificultades en el aprendizaje de la física. Entre las dificultades están la identificación de datos relevantes de un problema, el cual se basa en leer las veces necesarias un problema e identificar los datos y condiciones que servirán para una buena resolución. Otra dificultad que se da consiste en comprender el significado de cada dato, eso se

debe a que los estudiantes no cuentan con conocimientos previos para afrontar el problema en que se encuentran, por lo tanto, no logran contextualizar los conceptos de la física, teniendo dificultad al momento de relacionar lo teórico con lo experimental. Por último, se da la dificultad para convertir el problema en un lenguaje matemático, siendo esta una de las más extremas dificultades para los estudiantes de bachillerato, ya que la física, al ser una ciencia experimental, está totalmente relacionada con las matemáticas y depende de las reglas establecidas para un estricto proceso de resolución de problemas. (Vista de Revisión Bibliográfica: Estrategia del Aprendizaje Basado En Fenómenos | Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, s. f.)

A partir de unos estudios realizados en el cantón Sucúa - Ecuador, en Neira y Berrezueta (2022) se reflejan ciertos factores que inciden en el rendimiento académico de los estudiantes. Esta investigación es de carácter descriptivo, transversal y cuantitativo, por medio del cual se determinó que el 35% de los estudiantes selecciona la información relevante con respecto a los temas escolares, el 54% realizan en su totalidad sus tareas, al menos la mitad de los estudiantes que equivalen al 50% comprenden la clase sin mucha dificultad y el 58% cree que es muy comprensible la materia compartida. Esta literatura nos comparte otros factores que pueden ser relevantes para nuestro estudio, como es el caso de los factores emocionales. Según lo establecido, el 31% se le dificulta hacer las tareas, el 27% presentan dificultades para conciliar el sueño, mientras que otro 27% siempre está con ansiedad y se sienten deprimidos, un 35% a veces siente que su vida no es tan relevante y, por último, al 38% le invaden los nervios al momento de entregar una evaluación, examen o tarea.

Por otra parte Chicaiza (2018) identificó problemas en el aprendizaje de la física, para ciertos estudiantes el hecho de conocer un nuevo concepto resulta complicado, ya que se trata de algo que nunca han visto, el porcentaje de estudiantes con este problema resulta de un 69%, el razonamiento escaso es otra limitante en el aprendizaje del estudiante, el 71% carece de esta cualidad, por lo tanto, dificulta que los estudiantes puedan identificar propiedades de un fenómeno u objeto que son esenciales para la resolución de problemas, lo que generaría confusión y errores durante su análisis.

Los datos generales indican que la principal dificultad para aprender física se debe a que la asignatura es vista como algo nuevo y por ende se les complica durante los primeros

años a los de bachillerato general unificado, por ende 69% no asimila los conocimientos, las técnicas y experiencias previas de los niveles de estudios anteriores, no relacionan los conocimientos aprendidos en otras áreas con la física y no tienen un alto nivel de razonamiento.

El uso de materiales didácticos está incluido en esta metodología, si queremos implementar un aprendizaje basado en fenómenos se requiere que los estudiantes se familiaricen con los materiales didácticos, sin embargo el estudio nos demuestra que el 61% no les motiva el uso de materiales didácticos para el estudio de la física, el 44% no entiende las instrucciones de un material didáctico, esto podría deberse a que durante el nivel básico superior los estudiantes no están acostumbrados a aprender con experimentos o prácticas de laboratorio, por lo tanto existirá una dificultad en entender guías, instrucciones, procedimientos de los fenómenos involucrados.

En base a la información recopilada en este artículo, se evidencia que los problemas en el aprendizaje de la física dependen mayormente de la carencia metodológica seguido de los factores cognitivos, limitando la conexión entre lo teórico y lo experimental. Por lo tanto, este contexto justifica la necesidad de implementar nuevas estrategias, como el ABF que respondan de manera integral a estos desafíos.

1.3 Justificación

La enseñanza de la física en el grado de bachillerato se topa con varios obstáculos, incluyendo el desafío de los alumnos para entender conceptos abstractos como la calorimetría, que demandan una correcta interpretación de los procesos energéticos que intervienen en las variaciones de temperatura y estado. En respuesta a esta situación, se evidencia la necesidad de implementar métodos pedagógicos que faciliten una comprensión profunda de los fenómenos físicos, fomentando en los alumnos no solo saberes teóricos, sino también capacidades de razonamiento crítico y científico.

El Aprendizaje Basado en Fenómenos (ABF) surge como una opción metodológica apropiada, dado que coloca al aprendiz como actor principal en su proceso de aprendizaje mediante la observación, estudio y explicación de fenómenos reales y próximos a su entorno. Este método promueve el crecimiento de habilidades científicas

al incorporar la investigación, el razonamiento y la solución de problemas desde un enfoque dinámico y reflexivo. La aplicación del ABF en la instrucción de la calorimetría posibilita que los alumnos vinculen los temas académicos con escenarios diarios como el calentamiento del agua o la fusión del hielo, lo que promueve la asimilación conceptual a través de una experiencia relevante.

Este estudio busca valorar la eficacia del ABF frente a una metodología convencional, mediante la puesta en marcha de una intervención pedagógica y la evaluación de los aprendizajes alcanzados. Esta comparación mostrará el efecto del enfoque en el desempeño escolar, la motivación para aprender física y la habilidad de los alumnos para poner en práctica sus saberes en situaciones reales.

Desde una perspectiva científica y pedagógica, este estudio proporciona pruebas acerca del valor del ABF como táctica para optimizar la instrucción de la física en áreas complicadas como la calorimetría. Su beneficio práctico se basa en proporcionar un modelo replicable por profesores en formación y en práctica, ajustado al currículo y a las circunstancias del aula en el que se desenvuelven. En el ámbito educativo, este análisis puede ayudar a robustecer propuestas de innovación pedagógica vinculadas al avance de habilidades científicas, promoviendo una instrucción de la física más dinámica, contextualizada y enfocada en el alumno.

1.4 Objetivo

1.4.1 Objetivo general

Mejorar el aprendizaje significativo mediante la implementación de un modelo de enseñanza basado en fenómenos, para favorecer la comprensión del contenido de calorimetría en estudiantes de bachillerato.

1.4.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar el nivel de conocimiento sobre calorimetría a estudiantes de segundo de bachillerato por medio de una evaluación escrita que aborde los temas a estudiar, tanto para el grupo ABF y el tradicional.
- Guiar la experimentación por medio de preguntas distribuidas en grupos de trabajo para que los estudiantes anticipen el resultado de los fenómenos observados.

- Formalizar el conocimiento previamente adquirido durante el experimento por medio de una explicación dictada por el profesor hacia los estudiantes, para su retroalimentación inmediata de realizar la práctica.
- Comparar la efectividad del método ABF con el método tradicional mediante una evaluación final que cumpla con el contenido estudiado en ambas metodologías.

1.5 Pregunta de investigación

¿Cuál es el impacto del modelo de aprendizaje basado en fenómenos en la comprensión y aplicación de conceptos de calorimetría en estudiantes de bachillerato?

1.6 Hipótesis

La implementación de un método de aprendizaje basado en fenómenos mejora significativamente la comprensión de los conceptos de calorimetría en estudiantes de bachillerato, en comparación con la metodología tradicional

1.7 Alcance

El proyecto está dirigido a estudiantes de secundaria de 16 y 17 años, pertenecientes a dos colegios del cantón Balzar, con la participación de aproximadamente 200 estudiantes de segundo de bachillerato. De una institución fiscal mixta se seleccionarán cinco cursos, conformando un grupo experimental de hasta 151 estudiantes, mientras que 42 estudiantes de una unidad educativa particular formarán el grupo de control, en el que se aplicará la metodología tradicional.

El objetivo del estudio es comparar los resultados obtenidos mediante el método de aprendizaje basado en fenómenos (ABF) con aquellos obtenidos a través del método tradicional. La duración del proyecto será de cuatro semanas, durante las cuales se abordarán diversos temas de calorimetría en un orden progresivo: iniciando con temperatura y calor, seguido de calor específico, luego calor latente y, finalmente, equilibrio térmico.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Importancia y mejora del aprendizaje de calorimetría

La calorimetría como rama de la física y la química, estudia la transferencia de calor en los procesos físicos y en diferentes tipos de reacciones químicas. Esta asignatura tiene como objetivo la medición de la cantidad de calor que absorbe o libera un cuerpo durante estos cambios, involucrando fenómenos como energía, temperatura, calor específico y masa. Este estudio permite determinar propiedades como la capacidad calorífica de sustancias desconocidas por medio de métodos calorimétricos aplicados en laboratorios de investigación, maneja un papel fundamental en industrias de alimentos, farmacéutica y energética. Además, permite a los estudiantes mejorar su comprensión con las interacciones en los diferentes fenómenos que intervienen en su entorno.

La enseñanza en el área de calorimetría al igual que muchas ramas de la física ha venido evolucionando a lo largo del tiempo, con la aparición de nuevas tecnologías, la enseñanza se ha adaptado a nuevas metodologías pedagógicas, permitiendo así un aprendizaje más significativo y contextualizado de los conceptos claves en esta área de la física. Es por eso por lo que, en esta investigación, se mencionan varios factores que influyen en el aprendizaje de los estudiantes y varias de las metodologías activas de aprendizaje de la física u otras ciencias.

Muchas investigaciones científicas han dedicado décadas de estudio en examinar los diferentes factores que influyen en los resultados de aprendizaje de la ciencia en los estudiantes. El modelo de cambio conceptual fue propuesto por Posner en el año 1982, el cual indica que el aprendizaje consiste en reemplazar conceptos erróneos por conceptos científicos más coherentes. Este planteamiento nos da a entender que aprender ciencias no es solo acumular información, sino sustituir la idea inicial por una concepción más profunda y validada científicamente (Chiu et al., 2016).

Un ejemplo de esta aplicación es la enseñanza de calorimetría a los estudiantes, al principio se suele confundir el concepto de calor con temperatura o el calor como una

sustancia, pero desde la perspectiva científica e ingenieril, el calor es energía que puede ser transferida de un cuerpo a otro debido al incremento de temperatura.

Mientras tanto la teoría del cambio conceptual de Stella Vosniadou (2013), menciona que el cambio conceptual no se basa simplemente en añadir nueva concepción, sino en una reestructuración más profunda del conocimiento o de los modelos mentales que los estudiantes construyen a partir de previas experiencias. La propuesta de Vosniadou (2013) explicada por Agiande et al. (2015), declara al cambio conceptual como un proceso complejo y gradual, el cual consiste en identificar el nivel conceptual previo de los estudiantes, confrontar cualquier inconsistencia y aportar en los modelos científicos más integrados.

Un ejemplo muy común como aplicación de este modelo en el campo de la física es a partir de la concepción ingenua, la cual consiste en abordar a través del proceso de cambio conceptual la representación inicial que los estudiantes elaboran a partir de sus experiencias cotidianas y que resultan poco compatibles con el conocimiento científico. Los estudiantes en particular crean modelos mentales a partir de sus experiencias sensoriales, un ejemplo común se da cuando se aprende sobre la conductividad térmica de los materiales, si hacemos una comparación entre el acero y la madera que están expuestos por un instante al sol en horas de medio día, tocar con la mano ambos seguramente notaremos que el acero estará a mayor temperatura, pero ¿por qué se da este fenómeno?, la explicación a esto es la conductividad térmica y porque los aceros en particular debido a sus propiedades físicas conducen el calor mucho más rápido que la madera. Este y más fenómenos físicos resultan más evidentes cuando se interactúa con ellos o cuando se observan, aquí entra la aplicación a las diferentes metodologías activas de aprendizaje.

Las metodologías activas nacen como una alternativa pedagógica, donde el eje del proceso de aprendizaje es el mismo estudiante. Con el propósito de superar la metodología tradicional, las metodologías activas promueven su participación activa, reflexiva y colaborativa entre grupos de estudiantes, con distintos enfoques en la ciencia, ingeniería y en muchas disciplinas como la física, química y las matemáticas (*Active Methodologies for the Promotion of Mathematical Learning*, 2022).

Estas metodologías también denominadas estrategias de aprendizaje, abarcan varios enfoques, como el Aprendizaje Basado en Fenómenos (ABF), Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), Aprendizaje Basado en Indagación (ABI) entre otras metodologías altamente potenciales. En esta investigación, el aprendizaje basado en fenómenos es la prioridad para el estudio de calorimetría, sin embargo, cabe mencionar la conexión que existe entre el ABF con otras metodologías como es el ABI.

El ABI o aprendizaje basado en indagación dirige al estudiante a ser el eje de su propio proceso de aprendizaje, le permite explorar y cuestionar preguntas de alto nivel, investigar fenómenos físicos, construir patrones y ser 100% participes de explicar lo que experimentan. Además, les ayuda a perfeccionar su lenguaje científico, desarrollar habilidades esenciales y colocar al estudiante en el centro de su propio descubrimiento y construcción del conocimiento (Mamlok-Naaman, 2019).

Estas teorías resultan útiles al momento de estudiar física, este trabajo enfatiza el aprendizaje basado en fenómenos como una principal estrategia de aprendizaje para el estudio de la física u otras ciencias, profundizando el aprendizaje de calorimetría y sus interacciones con el entorno.

La idea del calor como elemento crucial en los procesos naturales, fue significativamente introducida por Johann Amos Comenius en el siglo XVII. En su libro "Physicae Synopsis", publicado en 1633, analizó las repercusiones del calor y el frío en las sustancias, subrayando que el calor es un factor esencial del movimiento en la naturaleza. Este reconocimiento temprano de las propiedades térmicas resultó esencial para el progreso subsiguiente de la calorimetría.

Las teorías de Comenius acerca de la expansión y contracción de sustancias a causa de las variaciones de temperatura fueron innovadoras. Incorrectamente calculó el incremento en el volumen de los gases durante la evaporación, lo que evidenció la necesidad de efectuar mediciones más exactas en los estudios de temperatura. Su labor motivó un mayor estudio de los fundamentos del calor y el frío, estableciendo los cimientos para futuras investigaciones calorimétricas.

Durante el siglo XX, las labores de Šesták et al. (2010) se enfocaron en el progreso de los métodos de análisis térmico, especialmente el análisis térmico diferencial (DTA). Fomentó la comprensión teórica de los equilibrios en el flujo de calor, fundamentales para entender la conducta térmica de los materiales. A pesar de que la labor de Šesták es más sofisticada y técnica en comparación con las primeras investigaciones de Comenius, es claro que los principios esenciales aportados por Comenius tuvieron un impacto en el rumbo de la investigación en análisis térmico que Šesták y sus colegas continuaron.

Las dos personalidades han ejercido un efecto considerable en la educación durante sus respectivos periodos. Comenius es reconocido por sus reformas en la educación y por su enfoque en la observación metódica, mientras que Šesták ha tenido un impacto significativo en numerosos estudiantes e investigadores en el área del análisis térmico. Este patrimonio educativo los vincula a través de los siglos y resalta la relevancia del saber esencial para el avance científico.

Camelo y Rodríguez (2008) subrayan la importancia de emplear tanto el modelo sustancialista como el modelo dinámico en la instrucción sobre el calor. Es vital para asistir a los alumnos en la comprensión de la evolución del concepto de calor y su relación con la energía y el movimiento de las partículas. La incorporación de estos modelos posibilita que los alumnos perciban el calor desde diversas perspectivas, lo que promueve un entendimiento más detallado.

Camelo y Rodríguez también hacen reflexión acerca del progreso histórico sobre el concepto de calor, el mismo puede emplearse como un recurso didáctico para la enseñanza. Al analizar épocas fundamentales en la historia de la ciencia, como la teoría del flogisto y el progreso de la termodinámica, los alumnos pueden comprender de manera más profunda cómo se han originado las concepciones contemporáneas acerca del calor y la energía. Esta visión histórica puede asistir a los alumnos a vincular la teoría con la realidad y a percibir la importancia del calor en su cotidianidad.

Un reto significativo en la instrucción de la calorimetría es la interrupción epistemológica que sucede al modificar un modelo. Camelo propone que los docentes deben tener

conciencia de estos desafíos y elaborar tácticas que asistan a los alumnos a manejar estos cambios conceptuales. Esto podría implicar la implementación de actividades prácticas y debates orientados que posibiliten a los alumnos indagar y meditar sobre sus propios conceptos acerca del calor.

Mientras tanto Moreno-Piraján et al. (2024) detalla la evolución histórica de la calorimetría y señala que ha progresado desde métodos elementales de medición del calor hasta técnicas más avanzadas. Este marco histórico es crucial para comprender cómo los hallazgos e innovaciones de antaño han dado forma a las prácticas contemporáneas. Con el progreso de la calorimetría surge la necesidad de disponer de múltiples métodos para cuantificar el calor con exactitud en diversos procedimientos.

Además, destaca que, debido a la complejidad de los procesos naturales, una única metodología resulta insuficiente, lo que conduce al surgimiento de diversas técnicas diseñadas para aplicaciones particulares. Gracias al progreso en el diseño de los instrumentos calorimétricos a lo largo del tiempo, Moreno-Piraján examina cómo los avances tecnológicos han propiciado el desarrollo de calorímetros más exactos y fiables, que resultan esenciales para una medición exacta del calor. Esto abarca avances en materiales y diseño que optimizan la eficiencia de los aparatos calorimétricos.

Silvester et al. (2023) sostiene sobre la evolución y mejora de las técnicas calorimétricas, señalando que las optimizaciones en los métodos calorimétricos han simplificado el estudio minucioso de las propiedades catalíticas y los procesos de reacción. Ahora, los científicos tienen la posibilidad de investigar estas áreas con más profundidad, lo que facilita una mejor comprensión de cómo operan los catalizadores y cómo se generan las reacciones.

Se ha puesto un énfasis particular en los usos catalíticos de la calorimetría durante los últimos 10 años. Los científicos han empleado estas técnicas optimizadas para recopilar datos acerca de las características, la cinética y la energía de los catalizadores, aspectos esenciales para la creación de procesos catalíticos más eficaces.

Los progresos también han expandido el espectro de usos de la calorimetría. Metodologías como la calorimetría diferencial de barrido (DSC) y la calorimetría de adsorción monocristalina (SCAC) se emplean hoy en día en varias disciplinas, como la ciencia de materiales, la química y la bioquímica, para analizar las características térmicas y energéticas de las reacciones.

En conclusión, la calorimetría ha avanzado notablemente en los ámbitos educativo y científico. Para facilitar una comprensión profunda del calor, se emplean modelos conceptuales y se exploran dificultades epistemológicas e hitos históricos que enriquecen su enseñanza. Paralelamente, los avances en técnicas, diseño y precisión de la calorimetría han ampliado su alcance, permitiendo estudios detallados en áreas como la catálisis heterogénea. Estos progresos han contribuido al desarrollo de procesos químicos más eficientes y catalizadores mejorados, subrayando la relevancia de la calorimetría en aplicaciones científicas actuales y su impacto en la investigación moderna.

2.2 Enfoque en modelos de metodologías pedagógicas

En una investigación realizada por Pino et al. (2024), se evaluó la efectividad de dos métodos de aprendizaje para la enseñanza de la física: el aprendizaje basado en problemas (PBL) y el aprendizaje basado en proyectos (PrBL). En este estudio, Pino emplea dos grupos de trabajo, conformados por 15 y 16 estudiantes respectivamente, manteniendo un equilibrio en varios aspectos, como el nivel académico, la condición económica y el estado emocional, para asegurar uniformidad en los resultados.

En su análisis, Pino determinó que el método PrBL resultó ser considerablemente más eficaz que el método PBL en la optimización del rendimiento académico. Señala que el método PrBL fomenta en los estudiantes una participación en proyectos basados en contextos reales, promoviendo una comprensión más profunda y una retención sostenida de los conceptos de física, en contraste con los métodos de enseñanza convencionales. Además, este enfoque fomenta la colaboración, el pensamiento crítico y el desarrollo de habilidades avanzadas para la resolución de problemas. Permite a los estudiantes aplicar conocimientos teóricos en contextos prácticos y relevantes, lo cual enriquece la experiencia de aprendizaje, haciéndola más significativa y duradera. Como resultado, se

observa un aumento notable en el rendimiento académico de los estudiantes, lo que sugiere que este método es más eficaz para alcanzar los objetivos educativos en física y para fortalecer competencias esenciales en el ámbito científico.

Sin embargo, Kan y Saka (2021) contradicen el análisis de Pino. En sus estudios, determinaron que el método PBL resulta más efectivo que el PJBL (Aprendizaje Basado en Proyectos, según Kan y Saka) para mejorar el rendimiento académico y las habilidades de resolución de problemas de los estudiantes. Argumentan que el PBL podría ofrecer un enfoque más estructurado que facilita de manera más efectiva la comprensión de conceptos complejos en física.

En cuanto al desempeño académico, se reveló que el PBL es más efectivo para potenciar el rendimiento escolar de los estudiantes en comparación con el PJBL. Los estudiantes involucrados en el PBL demostraron una comprensión y memorización más efectiva de los conceptos de física, lo cual sugiere que este enfoque promueve un razonamiento crítico y una aplicación práctica del conocimiento en la resolución de problemas del mundo real.

Además, Kan y Saka afirman que los alumnos involucrados en el PBL demostraron una mayor responsabilidad hacia su aprendizaje. Esta mejora es vital, pues promueve la autonomía y la motivación de los alumnos para asumir el control de su propio proceso educativo. Frecuentemente, el PBL implica trabajo en equipo, lo que contribuye a que los alumnos adquieran destrezas de cooperación y comunicación, desarrollando competencias esenciales no solo en el ámbito académico, sino también en futuros contextos profesionales.

Berdibekova et al. (2023) nos presenta una metodología diseñada para la instrucción de la física que se enfoca en potenciar la percepción espacial de los estudiantes. La metodología fomenta de manera activa el crecimiento de las capacidades espaciales de los alumnos. Métodos como la inclusión de puzzles tridimensionales y la elaboración de modelos espaciales en las lecciones contribuyen a que los alumnos entiendan las relaciones geométricas y las interacciones espaciales de forma más eficiente.

Berdibekova critica el método tradicional, señalando que este no fomenta adecuadamente el desarrollo de habilidades de razonamiento espacial. En cambio, destaca que el método innovador emplea herramientas visuales y técnicas interactivas, estableciéndose como una opción más efectiva que las prácticas pedagógicas convencionales. Este enfoque no solo fortalece la comprensión conceptual, sino que también facilita la aplicación práctica del conocimiento en contextos más amplios.

La investigación concluye proporcionando recomendaciones metodológicas concretas para los docentes de física. El propósito de estas sugerencias es mejorar el proceso de aprendizaje, potenciar la comprensión de los conceptos teóricos por los estudiantes y fomentar de forma eficaz su imaginación espacial. Además, se busca que los docentes integren prácticas interactivas y visuales que refuercen la participación activa del estudiante en el aula, promoviendo así una experiencia educativa más dinámica y adaptada a los desafíos del aprendizaje actual.

Como se citó en Berdibekova et al. (2023), Santoso et al. (2023) también critica la enseñanza convencional, señalando que los métodos tradicionales de enseñanza unidireccional resultan menos efectivos para promover la alfabetización científica. El estudio de Santoso emplea un diseño de investigación preexperimental enfocado en el aprendizaje basado en fenómenos contextuales.

La metodología de Santoso se enfatiza principalmente en promover la alfabetización científica, más que en otros modelos de enseñanza. Además, su enfoque también incorpora fenómenos de la vida cotidiana durante el proceso educativo, similar a otros métodos como el PrBL, lo cual hace que el aprendizaje sea más atractivo y fácil de relacionar para los estudiantes.

El autor propone que este modelo puede combinarse eficazmente con otros modelos de aprendizaje, como los antes mencionados: PBL, PrBL, aprendizaje basado en indagación y el STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics).

En conclusión, la investigación destaca que los métodos de aprendizaje activos, como el aprendizaje basado en proyectos (PrBL o PjBL) y en problemas (PBL), ofrecen beneficios significativos en la educación científica. Aunque el PBL tiende a superar al PrBL en

términos de rendimiento académico y resolución de problemas, ambos métodos incrementan la responsabilidad y el interés de los estudiantes. El aprendizaje basado en fenómenos contextuales mejora la alfabetización científica al relacionar los conceptos con fenómenos del mundo real. Además, el desarrollo de metodologías que incluyen experiencias interactivas fortalece la comprensión de conceptos complejos y fomenta habilidades de razonamiento espacial, esenciales en física. Con una formación adecuada para docentes y una organización efectiva de grupos, estas metodologías optimizan el aprendizaje y promueven un enfoque integral y aplicable en disciplinas como la física.

2.3 Modelo de aprendizaje basado en fenómenos

Este método educativo emplea sucesos o fenómenos perceptibles como base para el proceso de aprendizaje. El método de aprendizaje basado en fenómenos (ABF) promueve que los estudiantes investiguen y comprendan los mecanismos que subyacen a estos fenómenos, fomentando la participación y un aprendizaje más profundo. Además, este enfoque estimula el pensamiento crítico al conectar el conocimiento con situaciones del mundo real, lo que lo hace más relevante y significativo. De esta manera, los estudiantes desarrollan habilidades prácticas y una comprensión integral que trasciende la memorización (Scharlott et al., 2024).

El método ABF, como metodología de aprendizaje, es considerado una herramienta poderosa para mejorar la comprensión, el razonamiento y la participación de los estudiantes en diversas áreas de la educación, especialmente en física y química. Este enfoque, centrado en los fenómenos observables y las explicaciones causales, facilita la conexión entre el conocimiento teórico y su aplicación práctica, reduciendo así la brecha entre ambos y promoviendo un aprendizaje más significativo y relevante.

El método ABF proporciona múltiples beneficios tanto para los estudiantes como para los docentes, en particular en el ámbito de la enseñanza científica (Supriyadi et al., 2024). Estas son algunas de las mayores ventajas que se obtienen del estudio bibliométrico de la investigación realizada sobre este método.

2.3.1 Beneficios para los estudiantes

- Mejora en habilidades del pensamiento: promueve el razonamiento crítico y la habilidad de resolución de problemas en los alumnos. Al relacionarse con los sucesos de la vida real, los alumnos aprenden a examinar y condensar datos, lo cual potencia sus capacidades cognitivas.
- Participación: este enfoque fomenta el aprendizaje activo, donde los alumnos no solo adquieren conocimientos de manera pasiva, sino que se involucran de manera activa en el proceso educativo. Este compromiso puede llevar a una mejor memorización del saber y a un entendimiento más detallado de los conceptos científicos.
- Integración con las innovaciones en el aprendizaje: puede fusionarse con diversas innovaciones educativas, lo que hace que la experiencia de aprendizaje sea más viva y significativa para la vida de los estudiantes. Esta importancia puede incrementar el interés y la motivación hacia los temas con relevancia científica.

2.3.2 Beneficios para los profesores

- Enseñanza colaborativa: fomenta la colaboración entre los educadores, permitiéndoles compartir recursos y estrategias para una enseñanza eficaz
- Aplicaciones del mundo real: al emplear fenómenos de la vida real, los docentes pueden facilitar la identificación de la ciencia, lo cual puede potenciar la comprensión y el interés de los alumnos. Este método también puede asistir a los docentes en evidenciar la importancia de los principios científicos en la vida diaria.
- Marco estructurado: los docentes pueden emplear el método ABF para elaborar clases que resulten al mismo tiempo cautivadoras y didácticas. Este marco puede facilitar la organización y ejecución de las clases.

El método de aprendizaje basado en fenómenos establece los pasos específicos para entender los fenómenos físicos, tales como:

- Observación: Comienza por examinar el fenómeno con cautela y registre los detalles esenciales.
- Haz preguntas: plantea cuestionamientos acerca de lo que observas y lo que podría estar ocurriendo.

- Investigación: persigue las teorías o explicaciones científicas vigentes vinculadas con el fenómeno.
- Experimento: lleva a cabo ensayos para verificar tus hipótesis y recolectar información.
- Examinar: medita sobre tus descubrimientos y estudia su relación con el fenómeno que has observado.
- Debate: interactúa con tus compañeros o docentes para examinar tus observaciones y conclusiones, potenciando de esta manera tu entendimiento mediante la conversación.

El método ABF en el contexto de la física se puede utilizar para explorar conceptos mediante experimentos y aplicaciones de la vida real, como la comprensión de las fuerzas, el movimiento y las transformaciones de la energía. Este enfoque práctico permite a los estudiantes conectar la teoría con situaciones reales, fortaleciendo su comprensión y habilidades analíticas.

Ramas de la física, como la calorimetría, se pueden integrar en el método ABF investigando la transferencia de calor en reacciones químicas o cambios físicos. Estas actividades fomentan la colaboración en los estudiantes, ayudándolos a comprender los fenómenos físicos que ocurren en su entorno.

En resumen, el aprendizaje basado en fenómenos es un enfoque educativo dinámico y atractivo que fomenta la colaboración, el pensamiento crítico y el aprendizaje interdisciplinario. (Schaffar & Wolff, 2024). Por estas razones, es especialmente adecuado para abordar temas amplios de la física como la calorimetría, logrando que los estudiantes comprendan mejor los principios científicos y su aplicación práctica.

2.3.3 Calorimetría con el método ABF

La calorimetría es la disciplina científica que se encarga de estudiar la transferencia de calor en los procesos físicos y químicos, midiendo la cantidad de calor que se libera o absorbe en ellos. Esta herramienta es fundamental para entender los cambios en la energía térmica, ya que permite seguir el uso y la transformación de los recursos energéticos, especialmente en los seres vivos, ayudando a analizar cómo se produce y emplea la energía en diversas reacciones y actividades (Kossoy, 2023).

El aprendizaje de calorimetría resulta atractivo cuando la enseñanza está basada en una metodología diferente a la tradicional, como es el método de aprendizaje basado en fenómenos (ABF).

A través de sus procesos experimentales, Atkins et al. (2023) llevan a cabo experimentos utilizando diferentes instrumentos de medición de calor, incluyendo el calorímetro. Estos experimentos permiten a los estudiantes comprender de manera más efectiva los conceptos de temperatura, transferencia de calor y calor específico, a partir de fenómenos experimentales basados en situaciones de la vida real, lo que se alinea con una metodología de aprendizaje basado en fenómenos (ABF).

En Hansen et al. (2018) se destacan varias áreas clave para el aprendizaje de la calorimetría, entre las cuales se incluyen las siguientes:

- **Temperatura:** Magnitud que mide el nivel de calor en un sistema, esencial para cuantificar y analizar la transferencia de energía térmica.
- **Calor:** Forma de energía transferida entre cuerpos debido a la diferencia de temperatura; su unidad estándar es el julio.
- **Escala de temperatura:** Herramienta fundamental para realizar conversiones y garantizar la precisión en mediciones térmicas.
- **Transferencia de calor:** Movimiento de energía térmica de un cuerpo a otro, clave para entender los procesos de calorimetría.
- **Calor específico:** Cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una unidad de masa de una sustancia en un grado Celsius, vital para caracterizar materiales.
- **Calor latente:** Energía absorbida o liberada durante los cambios de fase de una sustancia, crucial para cálculos energéticos en cambios físicos.
- **Equilibrio térmico:** Estado en el que la energía térmica en un sistema se estabiliza, garantizando la conservación de energía en un experimento.

Los temas clave ya mencionados para el aprendizaje de calorimetría, implementados mediante el método ABF, destacan por mejorar la comprensión de esta rama. A continuación, se presentan los pasos necesarios para el desarrollo del tema de calor:

- **Observación:** Examina el fenómeno del calor al calentar un líquido, como agua, en un recipiente metálico. Registra detalles como el cambio en la temperatura, el

tiempo que tarda en calentarse, y cualquier otro cambio observable, como la formación de burbujas.

- **Haz preguntas:** Plantea interrogantes relacionadas con el experimento, como:
 - ¿Cómo afecta la cantidad de calor al aumento de temperatura del agua?
 - ¿El calor aplicado es uniforme?
 - ¿Qué sucede si se utiliza un recipiente diferente?
- **Investigación:** Busca información sobre conceptos fundamentales como la transferencia de calor, el calor específico del agua y las leyes de la termodinámica. Identifica teorías relacionadas, como la relación entre calor, masa y cambio de temperatura.
- **Experimento:** Diseña y ejecuta un experimento para medir el calor específico del agua. Por ejemplo:
 - Pesa una cantidad específica de agua.
 - Mide su temperatura inicial.
 - Calienta el agua usando una fuente de calor conocida, como un mechero o resistencia eléctrica, durante un tiempo determinado.
 - Registra la temperatura final y calcula el calor transferido aplicando las fórmulas necesarias.
- **Examinar:** Reflexiona sobre los resultados obtenidos. Analiza cómo el calor aplicado afectó la temperatura del agua y compara los valores calculados con los esperados según las teorías investigadas.
- **Debate:** Comparte tus observaciones y conclusiones con compañeros o docentes. Discute posibles errores, variaciones en los resultados y cómo mejorar el diseño del experimento. Reflexiona colectivamente sobre cómo este proceso profundizó el entendimiento del fenómeno del calor.

Como se puede observar el ABF se puede utilizar en tópicos asociados a la calorimetría tal como aquí se ha especificado. Por ello, se considera que la propuesta docente puede dotar de valía al aprendizaje en el aula.

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA

El presente estudio se desarrolló mediante un diseño *cuasi-experimental*, para evaluar la efectividad del Aprendizaje Basado en Fenómenos (ABF) contra la metodología tradicional. El objetivo de esta investigación fue analizar la comprensión y aplicación de los conceptos de calorimetría en estudiantes de segundo año de Bachillerato General Unificado (BGU), por lo que fue necesaria la asignación de los grupos denominados como, grupo de control (con el método tradicional) y grupo experimental (con el método ABF).

Este enfoque metodológico se ha comprendido en diferentes etapas, comenzando desde el diseño de investigación, donde se definen las variables y la justificación de la muestra para el análisis. La validación del instrumento de evaluación utilizado para la recolección de datos. La descripción detallada de la intervención para ambos grupos, donde se especifica la duración exacta de cada sesión y los protocolos de implementación estandarizados. Finalmente, las consideraciones éticas que incluyen los aspectos éticos de la investigación.

3.1 Diseño de la investigación para la implementación de ambas metodologías

Para comparar los resultados de aprendizaje en ambos grupos se empleó el diseño cuasi-experimental con los resultados del pretest y postest. Donde, el grupo de control recibió clases con la metodología tradicional y el grupo experimental trabajó con la metodología ABF.

Las variables involucradas en este análisis son las siguientes:

- **Variable independiente:** Metodologías de enseñanza, tradicional versus ABF
- **Variables dependientes:** Nivel de comprensión y aplicación de conceptos a través de los indicadores pretest, postest y prueba de resolución de problemas.
- **Variables de control:** Tiempo de aplicación de ambas metodologías, contenido, edad promedio de los estudiantes, maestros a cargo, recursos didácticos, conocimientos previos.

3.2 Diseño del experimento

Tabla 3.1 Diseño estadístico

Grupo	Pretest	$Y_{Tratamientos}$	Postest
Control	M_{1-C}	$Y_{Tradicional}$	M_{2-C}
Experimental	M_{1-E}	Y_{ABF}	M_{2-E}

Donde:

M_{1-C} : Medición inicial antes de aplicar el tratamiento (pretest).

$Y_{Tratamientos}$: Tratamientos para el grupo de control y experimental, metodología tradicional y método ABF respectivamente.

M_{2-E} : Medición final después de la aplicación del tratamiento (postest).

Los grupos ya se encontraban establecidos en la institución, por lo que no hubo aleatorización en el proceso de asignación. Para la minimización de sesgos, se utilizó el mismo instrumento de evaluación para ambos grupos, docentes diferentes, pero en el mismo tiempo de aplicación bajo supervisión del docente investigador y uso de rubrica para una calificación estandarizada.

3.3 Distribución de la muestra

La selección y distribución de los estudiantes para la aplicación de ambas metodologías se llevó a cabo en el cantón Balzar, con la participación de dos instituciones educativas: ambas de carácter mixto. En una de estas, un docente aplicó la metodología tradicional con un total de 36 estudiantes, mientras que, en la otra institución, la metodología ABF se implementó con 148 estudiantes, distribuidos en cinco cursos diferentes, todos pertenecientes a BGU.

Una de las ventajas para la implementación del ABF en esta institución fue de la disponibilidad de un laboratorio de ciencias, lo cual hizo posible la observación de fenómenos físicos de calorimetría. Es importante señalar que, al tratarse de una institución fiscal, se presentaron ciertas limitaciones en cuanto al acceso a recursos tecnológicos, un aspecto clave fue contar con un laboratorio de física equipado con un

proyector, lo que facilitó la aplicación de estrategias didácticas apoyadas en medios audiovisuales.

3.4 Validez del instrumento

Esta investigación se llevó a cabo por medio de un proceso que facilitó la comparación del impacto de las dos metodologías. Para lograrlo, se empleó un instrumento validado y de buena confiabilidad, que consiste en una evaluación de 26 preguntas de opción múltiple. Esta prueba fue desarrollada por Shelley Yeo y Marjan Zadnik y se encuentra en el portal PhysPort(Thermal Concept Evaluation) (*PhysPort Assessments: Thermal Concept Evaluation*, n.d.).

Esta prueba tiene como objetivo evaluar la comprensión y aplicación de conceptos de calorimetría en estudiantes de nivel secundario y pre universitaria. Su estructura con formato pretest y postest ejemplifica fenómenos de la vida diaria que incluye conceptos como temperatura, transferencia de calor, cambios de fase, propiedades térmicas y equilibrio térmico. El tiempo de duración es de 30 minutos, lo que lo hace totalmente apropiado para los entornos escolares.

Respecto a la confiabilidad del instrumento, se halló el coeficiente de Alfa de Cronbach, alcanzando un valor de 0.8(ver anexo 5), lo que indica que existe una consistencia interna apropiada para propósitos de investigación educativa. De igual forma, la pertinencia, claridad y coherencia de los ítems han sido previamente confirmados por investigadores en múltiples estudios, lo cual respalda la validez del contenido (Hayat, 2024).

3.5 Descripción de las intervenciones

El tiempo de duración de la intervención fue de 270 minutos, distribuidos en 4 clases tardando un total de 4 semanas. Dentro del tiempo de duración de la intervención, se detallan los pasos a seguir para ambos grupos:

Grupo experimental con la metodología ABF

- Observación de fenómenos físicos comunes en nuestro entorno.
- Uso de equipos de práctica de laboratorio e instrumentos de medición.

- Trabajo en grupo para la observación de fenómenos, registro de datos, predicción y discusión de resultados.
- Uso de herramientas digitales como Genially para la retroalimentación
- Discusión guiada por el docente y aplicación de fórmulas de calorimetría en situaciones experimentales.
- Cierre de la intervención con comparación de los conocimientos iniciales y finales por medio del postest y prueba de resolución de problemas.

Grupo de control con la metodología tradicional

- Introducción al tema de calorimetría.
- Explicación de las fórmulas y su uso.
- Resolución de problemas en pizarra y práctica individual en cuaderno.
- Uso de textos guía con talleres y preguntas relacionadas al tema.
- Cierre de la intervención mediante el mismo método, pretest, postest y prueba de resolución de problemas.

Tabla 3.2 Tabla comparativa de intervenciones

Aspecto	Grupo ABF	Grupo Control
Duración	<ul style="list-style-type: none"> • 4 semanas • 4 sesiones • 270 minutos 	<ul style="list-style-type: none"> • 4 semanas • 4 sesiones • 270 minutos
Actividad	<ul style="list-style-type: none"> • Observación de fenómenos físicos • Experimentación • Trabajo colaborativo 	<ul style="list-style-type: none"> • Clases magistrales • Resolución de problemas guiados por el docente y de forma individual en clases
Recursos	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio • Sensor de medición de temperatura (termómetro digital) • Cocina eléctrica • Recipientes metálicos • Proyector 	<ul style="list-style-type: none"> • Salón de clases común • Pizarra • Guía de ejercicios y ejemplos resueltos
Evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Pretest 	<ul style="list-style-type: none"> • Pretest

	<ul style="list-style-type: none"> • Postest • Prueba de resolución de problemas 	de de	<ul style="list-style-type: none"> • Postest • Prueba de resolución de problemas
--	--	-------	--

Los tiempos de duración de cada clase se detallan en la planificación completa que se encuentra en la sección de apéndice, anexo 1 y 2. La prueba de resolución de problemas en el anexo 3.

3.6 Consideraciones éticas

Para esta investigación, se aplicó los siguientes principios éticos fundamentales:

- Se solicitó autorización a las autoridades educativas para su participación.
- La información y nombre de los participantes se manejó de manera confidencial y anónima.
- Los resultados obtenidos se utilizaron solo con fines académicos y de investigación.
- El estudio manejó los principios éticos de respeto académico, benefició a la mejora del aprendizaje de los estudiantes y respetó la justicia en el ámbito educativo.

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS

Los resultados esperados en esta investigación se adjuntan a continuación en las tablas 4.1 y 4.2, donde se muestran los resultados obtenidos desde el pretest y posttest tanto para el grupo de control y el experimental, además del resultado de la prueba de resolución de problemas para ambos grupos.

La tabla 4.1 presenta los resultados obtenidos del grupo de control con la metodología tradicional, como se puede observar, de un total de 42 estudiantes, 6 no cuentan con pretest ni posttest, esto se debe a que no rindieron al menos una de las dos pruebas, por lo tanto, no fue considerado para el análisis. Sin embargo, la prueba de resolución de problemas fue hecha por todos los estudiantes de dicho paralelo, ya que presenta un análisis independiente al pretest y posttest.

De la tabla 4.2 se muestran los resultados obtenidos en el grupo experimental con la metodología ABF, en este caso solo tres estudiantes no rindieron al menos una de las dos pruebas anteriores, por lo tanto, el análisis del pretest y posttest se realizó con un total de 148 estudiantes, recordando que estos se encuentran distribuidos en 5 cursos diferentes, mientras que 151 fue el total de estudiantes que rindieron la prueba de resolución de problemas como evaluación final en ambos métodos.

El análisis de los datos obtenidos en esta investigación se realizó mediante diversas pruebas estadísticas para determinar la efectividad del método ABF en comparación con el método tradicional. Inicialmente, se llevó a cabo un análisis descriptivo que incluyó el cálculo de la media, mediana y desviación, además de los intervalos de confianza para la mediana y la distribución por cuartiles de los puntajes obtenidos en la prueba inicial y final de ambos grupos.

Posteriormente, se verificó la normalidad de los datos utilizando la prueba de Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov para el grupo de control y experimental respectivamente. Dado que los resultados no siguen una distribución normal, se procede a realizar el

análisis y la comparación entre los grupos por medio de pruebas no paramétricas, ya que tampoco existe igualdad de varianzas.

Como los resultados no son paramétricos, se hizo la comparación por medio del estadístico de Mann – Whitney U, esta comparación permite verificar si existía una diferencia significativa entre ambos grupos antes del método y a validar la efectividad de la metodología ABF después de la intervención. Dependiendo de cuan mayor sea el impacto de la metodología, se procede a determinar el efecto d de cohen.

Las herramientas utilizadas para el procesamiento de datos incluyeron Excel y Rstudio con librerías especializadas. Con base en estos análisis, se pudo demostrar de manera estadísticamente significativa que la metodología ABF generó una mejora en el aprendizaje de la calorimetría en comparación con el método tradicional.

Tabla 4.1 Resultados pretest, postest y resolución de problemas para el grupo de control

Grupo de control			
Estudiante	Pretest	Postest	Resolución de problemas
1	4	7	2
2	7	6	0.50
3	6	5	3
4	7	4	0.50
5	8	5	6.50
6	2	8	1.50
7	8	4	0.50
8	4	3	1
9	9	4	1
10	4	8	5.50
11	5	7	3.50
12	7	8	1
13	5	8	0.50
14	3	4	4.50
15	9	7	0.50
16	8	5	0.50
17	5	7	0.50
18	9	7	1
19	5	6	5.50
20	8	9	0.75
21	9	14	6.25
22	10	5	1.50
23	4	3	0.50
24	5	8	0.50

25	10	5	7.50
26	9	8	5.50
27	3	7	6.25
28	2	5	0.25
29	8	5	5.50
30	5	5	0.50
31	2	8	5
32	5	12	2.50
33	9	5	3.50
34	4	6	1
35	6	6	0.50
36	4	11	2
37			1
38			2.75
39			8
40			5.50
41			0.50
42			2.50
Promedio	6.06	6.53	2.60

Tabla 4.2 Resultados pretest, postest y resolución de problemas para el grupo experimental

Grupo experimental			
Estudiante	Pretest	Postest	Resolución de problemas
1	3	4	6
2	9	6	6
3	9	6	10
4	5	6	6
5	6	3	6
6	6	10	7
7	6	4	6
8	10	5	6
9	3	5	6
10	3	5	10
11	9	5	6
12	3	5	7
13	6	4	6
14	9	7	6
15	6	4	6
16	5	5	6
17	6	4	10
18	6	5	7
19	4	4	10
20	5	6	9
21	7	5	6
22	5	1	6
23	5	5	7
24	2	3	5
25	6	7	7
26	5	5	6
27	3	5	7
28	5	6	5
29	2	10	10
30	7	5	9
31	5	6	9.50
32	9	5	7
33	9	5	7
34	4	8	7
35	9	6	6
36	5	6	7
37	8	4	7
38	3	6	8
39	6	5	7
40	5	7	6
41	6	7	7
42	6	5	4
43	8	7	7
44	11	10	9
45	4	6	6
46	9	20	10
47	10	9	10
48	16	17	9.50
49	7	19	10

50	12	19	10
51	15	19	7
52	14	20	7
53	5	19	6.25
54	15	20	7.25
55	10	19	5.25
56	15	15	7
57	15	16	7
58	4	19	7
59	15	20	7.25
60	16	17	7.25
61	5	19	7.25
62	15	19	7.75
63	10	14	5.75
64	10	19	6
65	15	19	8
66	15	19	7.50
67	5	19	6.75
68	12	18	6.50
69	14	20	6
70	9	16	7.50
71	15	19	9.75
72	15	16	8.25
73	5	16	5.75
74	15	15	7
75	15	19	8.50
76	7	9	7
77	15	20	9
78	6	19	6.75
79	3	19	5.50
80	5	10	8
81	5	19	6.50
82	4	13	7.25
83	6	20	8.50
84	6	20	8.50
85	8	10	7
86	4	19	5.75
87	6	19	7
88	8	15	7
89	4	13	7
90	6	19	7.25
91	5	15	7
92	4	8	7
93	5	16	7.50
94	5	20	6.50
95	4	15	8
96	5	20	8.75
97	4	10	8.50
98	6	18	8.50
99	6	20	8
100	7	9	7
101	3	15	6.50
102	6	9	7.50
103	2	16	8.50
104	5	18	7
105	6	19	7
106	8	17	5.50

107	3	19	8
108	8	18	8.50
109	6	3	7.25
110	8	9	5.50
111	4	15	7.50
112	6	16	7
113	6	8	5.75
114	7	17	8.25
115	6	10	7.25
116	6	15	5.25
117	6	15	7
118	7	16	5.50
119	5	16	5
120	4	9	5.50
121	6	11	5.50
122	3	15	6.50
123	5	8	4
124	5	11	5.50
125	5	15	5.75
126	3	11	5.75
127	7	8	5.50
128	7	9	5
129	6	14	5.50
130	3	9	5
131	2	11	5.75
132	8	3	5
133	4	16	4
134	8	15	4.50
135	12	17	4.25
136	5	17	4.75
137	7	11	5.50
138	3	17	4.25
139	6	16	4.50
140	5	9	5.50
141	7	11	4
142	6	17	6.25
143	3	4	5.50
144	5	5	4.50
145	9	13	5
146	6	9	3.25
147	4	5	4.75
148	10	9	5
149			4.50
150			4.50
151			4.50
Promedio	6.98	11.99	6.72

4.1 Análisis de resultados

Tabla 4.3 Estadísticos descriptivos y distribución por cuartiles del rendimiento académico en el grupo control

Prueba	Pretest		Postest		Resolución de problemas	
Promedio	6.06		6.53		2.60	
Desviación estándar	2.43		2.40		2.36	
Medianas	5.50		6		1.50	
Modas	5		5		0.50	
Intervalo de confianza para la media al 95%	[5.23-6.87]		[5.71-7.33]		[1.86-3.33]	
Distribución por cuartiles (tres cuartiles)	Q_1 : 25%	4.00	Q_1 : 25%	5	Q_1 : 25%	0.50
	Q_2 : 50%	5.50	Q_2 : 50%	6	Q_2 : 50%	1.50
	Q_3 : 75%	8.00	Q_3 : 75%	8	Q_3 : 75%	4.87

Tabla 4.4 Estadísticos descriptivos y distribución por cuartiles del rendimiento académico en el grupo experimental

Prueba	Pretest		Postest		Resolución de problemas	
Promedio	6.98		11.99		6.72	
Desviación estándar	3.58		5.81		1.52	
Medianas	6		11		7	
Modas	6		19		7	
Intervalo de confianza para la media al 95%	[6.39-7.56]		[11.04-12.93]		[6.47-6.96]	
Distribución por cuartiles (tres cuartiles)	Q_1 : 25%	5	Q_1 : 25%	6	Q_1 : 25%	5.75
	Q_2 : 50%	6	Q_2 : 50%	11	Q_2 : 50%	7
	Q_3 : 75%	8.25	Q_3 : 75%	17.25	Q_3 : 75%	7.375

En la tabla 4.3 y 4.4 se detallan los datos obtenidos de la estadística descriptiva aplicada y la distribución por cuartiles del grupo de control y experimental de todas las pruebas respectivamente. El promedio del pretest del grupo de control fue de 6.06, mientras que del grupo experimental de 6.98, existe una diferencia pequeña a favor del grupo experimental pero no es lo suficientemente significativa, ya que por medio del estadístico de Mann – Whitney U para la comparación de resultados entre grupos se comprobó que ambos grupos parten de un nivel comparable en el pretest. El promedio del postest para el grupo experimental fue de 11.99 muy superior al grupo de control que fue de 6.53, esto evidencia el impacto que tuvo la metodología en la mejora del aprendizaje de los estudiantes, al igual que en resolución de problemas los resultados fueron 6.72 y 2.60 para el grupo experimental y de control respectivamente.

La desviación estándar para el grupo de control fue menor en ambos casos al del grupo experimental, por lo que sus resultados se encuentran más cercanos a la media, mientras que en el grupo experimental existe un gran número de estudiantes con calificaciones mucho más altas en comparación con la media. En la prueba de resolución de problemas la desviación estándar para el grupo experimental es muy baja, lo que significa que no existe dispersión entre sus resultados y todos mantienen un mismo nivel y capacidad de resolución.

La mediana para el grupo experimental en todas las pruebas fue superior al grupo de control, lo que significa que la mayoría de los estudiantes ABF obtuvieron calificaciones superiores, la mediana resulta muy cercana a la media, por lo tanto, los datos son simétricos y no hay sesgos en su distribución. En el caso de la moda, el grupo de control mantiene el mismo valor de 5 en ambas pruebas estando aun por debajo del promedio y un valor de 0.5 para la resolución de problemas, esto indica que la mayoría de los estudiantes lograron un bajo rendimiento. Mientras que en el grupo ABF la moda en el *postest* alcanzó el valor de 19, estando muy cercano a la calificación máxima y un puntaje de 7 para la resolución de problemas, lo que indica que muchos estudiantes alcanzaron resultados más sólidos.

Debido a que la distribución no es normal en ninguno de nuestros casos, resultó conveniente representar el rango en el cual se encuentra la media de la población con un nivel de confianza del 95%, los intervalos de confianza para el grupo experimental resultan mayores en todos los casos que el grupo de control, lo que refleja que tubo mejor rendimiento, además presenta un intervalo más estrecho con relación a su media, lo que indica que la mejora fue más consistente entre los estudiantes.

En la distribución de cuartiles se pudo verificar que tan solo la cuarta parte de los estudiantes del grupo experimental ya supera al grupo de control, ya que al menos el 25% de ellos tienen calificaciones de 6 mientras que el grupo de control se mantiene en 5. Sin embargo, tres cuartos de los estudiantes tienen resultados mucho más altos, alcanzando los 17.25 en comparación con los 8 del grupo de control, lo que significa que los mejores resultados son consistentemente superiores. Mediante los resultados descriptivos de este estudio, se comprobó que el grupo experimental no solo logró un

promedio superior, sino que sus resultados fueron más consistentes y homogéneos entre sí, por lo tanto, la metodología ABF si facilita el aprendizaje de los estudiantes y alcanza resultados más equitativos entre ellos.

4.2 Pruebas de normalidad

Tabla 4.5 Coeficiente de Shapiro-Wilk (S-W) y valor p para el grupo de control

Pretest		Posttest		Resolución de problemas	
S-W	p	S-W	p	S-W	p
0.931	0.028	0.904	0.004	0.833	0.244×10^{-4}

Tabla 4.6 Coeficiente de Kolmogorov-Smirnov (K-S) y valor p para el grupo experimental

Pretest		Posttest		Resolución de problemas	
K-S	p	K-S	p	K-S	p
0.223	2.200×10^{-16}	0.157	1.278×10^{-9}	0.121	1.093×10^{-5}

Las tablas 4.5 y 4.6 muestran los resultados obtenidos del test de normalidad para ambos grupos en todas las pruebas. Para el caso del grupo de control se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk, mientras que para el grupo experimental fue la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Como se observa en ambas tablas, los coeficientes en todos los casos resultan menores a 0.05, por lo que en todos los casos se rechaza la hipótesis nula de normalidad. Cabe mencionar que la falta de normalidad entre los grupos no garantiza que exista desigualdad de varianza entre ellos, por lo que se procede a analizar por separado la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene.

4.3 Homogeneidad de varianza

Tabla 4.7 Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

Prueba	F	P – value	Interpretación
Pretest	0.776	0.380	Homogéneas
Posttest	63.400	1.761×10^{-13}	No homogéneas
Ejercicios	11.961	6.701×10^{-4}	No homogéneas

A pesar de que los datos no son normales, se procede a verificar la homogeneidad de varianza entre los grupos. Para el caso del pretest se obtuvo un valor p mayor a 0.05, en este caso no se rechaza la hipótesis nula, por lo que se puede considerar que ambas varianzas son iguales. Esto significa que al inicio la forma de distribución de los estudiantes alrededor del promedio es comparable en ambos grupos, por lo tanto, ambos partieron en condiciones relativamente equilibradas en cuanto a la homogeneidad del su rendimiento inicial. Para el caso del postest y la prueba de resolución de problemas el valor p resulta inferior a 0.05, en este caso se rechaza la hipótesis nula de homogeneidad, la diferencia entre varianzas muestra que la metodología ABF generó resultados más consistentes, la distribución de resultados fue significativamente distinta entre ambos grupos, el grupo ABF no solo mejoró en promedios, sino también redujo la variabilidad interna en relación a lo obtenido en el grupo de control. En conclusión, ambos grupos parten en las mismas condiciones iniciales, pero finalizan de manera heterogénea, dando una mayor ganancia al grupo experimental y favoreciendo a la metodología ABF. Los resultados de este análisis se muestran en la tabla 4.7.

Manteniendo presente que los grupos no siguen una distribución normal, se realizan pruebas no paramétricas para comparar los resultados de las pruebas entre grupos, el estadístico aplicado para esta comparación es la prueba de Man – Whitney U.

4.4 Comparación de resultados entre grupos

Tabla 4.8 Comparación de datos del grupo de control vs experimental para las diferentes pruebas usando el estadístico de Mann – Whitney U

Prueba	Valor P
Pretest	0.385
Postest	1.006×10^{-6}
Problemas	1.370×10^{-15}

La tabla 4.8 muestra los resultados de la prueba de Mann – Whitney U para comparación de todas las pruebas. Este estadístico se aplicó debido a que los datos no siguen una distribución normal, por lo que se optó por pruebas no paramétricas. El resultado de comparar el pretest al principio indica un valor p de 0.385 mayor al 0.05, esto demuestra

que no existía diferencia significativa entre ambos grupos antes del método, por lo tanto, en este caso no se rechaza la hipótesis nula.

La comparación del posttest indica un valor p de 1.006×10^{-6} muy por debajo del 0.05, esto indica que la intervención del método ABF tuvo un gran impacto en el aprendizaje de los estudiantes y que existe una diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos, por lo que es necesario verificar el tamaño de este efecto.

El valor p para la resolución de problemas resulta muy inferior a 0.05, con un valor de 1.370×10^{-15} , esto significa que los estudiantes del grupo experimental presentan una mejor habilidad para la resolución de problemas. El impacto de la metodología resulta relevante según indican los resultados obtenidos, por lo que se realiza el análisis de efecto a partir del tamaño del efecto d de cohen para el posttest y la prueba de resolución de problemas.

4.5 Interpretación del tamaño del efecto d de cohen

Tabla 4.9 Tamaño del efecto d de Cohen para el posttest

Coeficiente d de cohen			
Media grupo control	6.527	Diferencia de medias (dif)	5.458
Media grupo experimental	11.986		
Desviación estándar (ds1)	2.396	$e1 = (n1)(ds1)$	200.972
Desviación estándar (ds2)	5.807	$e2 = (n2)(ds2)$	4957.973
Tamaño grupo de control (n1)	36	$e1 + e2$	5158.945
Tamaño Grupo experimental (n2)	148	$\frac{e1 + e2}{n1 + n2 - 2}$	28.345
		Raíz cuadrada	5.324
		Tamaño del efecto (d de cohen)	1.025

Tabla 4.10 Tamaño del efecto *d* de Cohen para la resolución de problemas

Coeficiente <i>d</i> de cohen			
Media grupo control	2.60	Diferencia de medias (dif)	4.12
Media grupo experimental	6.72		
Desviación estándar (ds1)	2.36	$e1 = (n1)(ds1)$	99.12
Desviación estándar (ds2)	1.52	$e2 = (n2)(ds2)$	229.52
Tamaño grupo de control (n1)	42	$e1 + e2$	328.64
Tamaño Grupo experimental (n2)	151	$\frac{e1 + e2}{n1 + n2 - 2}$	1.73
		Raíz cuadrada	1.31
		Tamaño del efecto (<i>d</i> de cohen)	2.36

Como ultimo análisis para los resultados del postest se obtuvo el valor estadístico del efecto *d* de Cohen. Con un valor de 1.025 lo cual equivale al 84%, nos refleja la alta efectividad del método y el potencial de los estudiantes al ser comparados con el grupo de control, de modo que al escoger de forma aleatoria a un estudiante del grupo experimental obtendrá mejores resultados que uno del grupo de control en la evaluación de postest. La tabla 4.9 muestra los resultado y pasos a seguir para obtener valor estadístico del tamaño del efecto *d* de Cohen para el postest. (ver anexo 4)

Del mismo modo, se obtuvo el efecto *d* de cohen para la prueba de resolución de problemas, con un valor de 2.36 indica que un estudiante promedio del grupo experimental supera al 99.1% del grupo de control, este resultado comprueba la efectividad del método ABF en los estudiantes en su capacidad de resolver problemas de calorimetría (Fritz et al., 2012).

Los códigos necesarios y evidencia del programa estadístico para la obtención de todos los resultados se encuentran en el anexo 4 de la sección de apéndice.

4.6 Análisis de resultados por pregunta

En esta sección se analizan los resultados de las preguntas con mayor y menor ganancia. Las preguntas con mayor ganancia corresponden a aquellas que obtuvieron un mayor puntaje en la evaluación postest, mientras que las de menor ganancia fueron aquellas en las que el pretest estuvo por encima del postest. Es importante recalcar que los resultados del grupo experimental estuvieron por encima del grupo de control, sin embargo, en este segmento del análisis se ha verificado que en ciertas preguntas el grupo de control ha superado al experimental en cuanto a ganancia se trata, por lo que se procede a realizar el análisis en las que el grupo experimental superó por mucho al de control y en las que el grupo de control superó al experimental.

El estadístico aplicado para este segmento consiste en el índice Hake. Este análisis se basa en determinar la ganancia de Hake cuyo valor ronda entre 0 y 1, y tiene como finalidad determinar la ganancia del aprendizaje de los conceptos aplicados en este estudio. Las condiciones y fórmula para determinarlo se encuentran en la tabla 4.12, donde a valores menores a 0.3 se le atribuye ganancias bajas, entre 0.3 y 0.7 ganancias medias y entre 0.7 y 1.0 ganancias altas. (Cortés, 2022).

Tabla 4.12 valores de ganancia Hake baja, media, alta y formula para determinar las ganancias para cada pregunta

Ganancia baja	$g \leq 0.3$
Ganancia media	$0.3 \leq g \leq 0.7$
Ganancia alta	$0.7 \leq g \leq 1.0$
Fórmula	$g = \frac{(postest\% - pretest\%)}{100 - pretest\%}$

4.6.1 Preguntas con mayor ganancia del grupo experimental

Pregunta 9:

Sam coge una lata de Coca-Cola y una botella de plástico de Coca-Cola de la nevera, donde han estado durante la noche. Rápidamente, coloca un termómetro en la Coca-Cola de la lata. La temperatura es de 7°C. ¿Cuáles son las temperaturas más probables de la botella de plástico y de la cola que contiene?

- a) Ambos son inferiores a 7°C

- b) Ambos son iguales a 7°C
- c) Ambos son superiores a 7°C
- d) La coca está a 7°C, pero la botella está a más de 7°C
- e) Depende de la cantidad de Coca-Cola y/o del tamaño de la botella

Tabla 4.13 Ganancia de la pregunta 9 a partir del número o porcentaje de estudiantes para el grupo de control y experimental sobre los resultados del pretest y postest.

Grupo de control					Grupo experimental				
Pretest	%	Postest	%	Ganancia	Pretest	%	Postest	%	Ganancia
5	13	7	18	0.06	30	20	91	61	0.52

Análisis

La ganancia obtenida para el grupo experimental está muy por encima del grupo de control y es considerado una ganancia media, la interacción física con instrumentos reales permiten que los estudiantes exploren más a profundidad los fenómenos físicos e interpreten el comportamiento de una o más sustancias al estar expuestas en las mismas condiciones, por lo que el grupo experimental se siente en la total seguridad de manifestar que ambas temperaturas son iguales a tan solo instantes de salir de la nevera.

Pregunta 10

Unos minutos más tarde, Ned recoge la lata de Coca-Cola y les dice a todos que la parte de la mesa donde estaba la cola, está más fría que el resto de la mesa.

- a) Jon dice: "El frio se ha trasladado de la cola a la mesa"
- b) Rob dice: "No queda energía en la parte de la mesa debajo de la lata".
- c) Sue dice: "Se ha transferido algo de calor de la mesa a la lata de cola"
- d) Eli dice: "La lata causa que el calor debajo de ella se aleje a través de la mesa"

¿Cuál explicación tú crees que es la mejor?

Tabla 4.14 Ganancia de la pregunta 10 a partir del número o porcentaje de estudiantes para el grupo de control y experimental sobre los resultados del pretest y postest.

Grupo de control					Grupo experimental				
Pretest	%	Posttest	%	Ganancia	Pretest	%	Posttest	%	Ganancia
11	29	14	37	0.11	45	30	98	66	0.51

Análisis

En esta pregunta se comprueba que los estudiantes del grupo experimental tienen claro el concepto de transferencia de calor en comparación del grupo de control, se sabe que el calor va del cuerpo más caliente al más frío, por lo que físicamente esta correcto mencionar que el calor de la mesa se ha transferido a la lata. Este resultado de debe gracias a la interacción física con implementos reales y visualización del cambio de temperatura de las sustancias involucradas en esta experimentación.

Pregunta 14

Jan anuncia que no le gusta sentarse en las sillas de metal de la sala porque "son más frías que las de plástico".

- Jim está de acuerdo y dice: "Son más fríos porque el metal es naturalmente más frío que el plástico"
- Kip dice: "No están más frías, están a la misma temperatura"
- Lou dice: "No son más frías, las sillas de metal solo se sienten más frías porque son más pesadas"
- Mai dice: "Son más fríos porque el metal tiene menos calor que perder que el plástico". ¿Quién crees que tiene la razón?

Tabla 4.15 Ganancia de la pregunta 14 a partir del número o porcentaje de estudiantes para el grupo de control y experimental sobre los resultados del pretest y posttest.

Grupo de control					Grupo experimental				
Pretest	%	Posttest	%	Ganancia	Pretest	%	Posttest	%	Ganancia
3	8	3	10	0.02	32	22	96	65	0.55

Análisis

En esta pregunta la ganancia por parte del grupo experimental resulto mucho mayor al grupo de control, por lo que es considerado una ganancia muy buena. El grupo de control casi no obtuvo ganancia en esta pregunta, lo que significa que la explicación teórica no

es suficiente para reforzar la comprensión sobre los diferentes conceptos de transferencia de calor o calor específico de la materia, mientras que la interacción física con los sensores o dispositivos de medición le permiten al estudiante la verificación sobre las temperaturas de varios objetos expuestos a temperatura ambiente, como es el caso simple de una silla o mesa ubicada en la sala de nuestro hogar.

4.6.2 Preguntas donde el grupo de control superó al grupo experimental pero no a la ganancia mínima de 0.3

Pregunta 5

Cinco minutos después, el agua de la tetera sigue hirviendo. La temperatura más probable del agua ahora es aproximadamente:

- a) 88°C
- b) 98°C
- c) 110°C
- d) 120°C

Tabla 4.16 Ganancia de la pregunta 5 a partir del número o porcentaje de estudiantes para el grupo de control y experimental sobre los resultados del pretest y postest.

Grupo de control					Grupo experimental				
Pretest	%	Postest	%	Ganancia	Pretest	%	Postest	%	Ganancia
3	8	5	17	0.06	45	30	40	27	-0.05

Análisis

En esta pregunta no hubo ganancia por parte del grupo experimental más bien hubo pérdidas, aunque el grupo de control superó su pretest en un 9% al experimental, su ganancia no fue tan significativa, ya que no estuvo por encima del mínimo (0.3). En este apartado, la comparación teórica para el grupo de control tuvo que ser más relevante, pues se sabe que, aunque los cálculos no fallan, a veces las aproximaciones por medio de sensores tienen su margen de error, por lo que es recomendable considerarlo.

Pregunta 13

Después de cocer unos huevos en agua hirviendo, Mel los enfría poniéndolos en un recipiente con agua fría. ¿Cuál de las siguientes opciones explica el proceso de enfriamiento?

- a) La temperatura se transfiere de los huevos al agua.
- b) El frío pasa del agua a los huevos.
- c) Los objetos calientes se enfrían de forma natural.
- d) La energía se transfiere de los huevos al agua.

Tabla 4.17 Ganancia de la pregunta 13 a partir del número o porcentaje de estudiantes para el grupo de control y experimental sobre los resultados del pretest y postest.

Grupo de control					Grupo experimental				
Pretest	%	Postest	%	Ganancia	Pretest	%	Postest	%	Ganancia
3	8	6	20	0.05	36	24	34	23	-0.02

Análisis

En esta pregunta el grupo ABF mostró ganancias negativas, el grupo de control a pesar de recibir el enfoque tradicional tuvo clara la idea de que lo que se transfiere es energía, logrando así una ventaja, otra de las concepciones erróneas que tuvo que afectar en este apartado es el de la idea cotidiana "el frío entra" conduciendo a la selección de los distractores como fue la opción a) o b). Esto muestra que en ABF no se cerró con claridad el concepto de la distinción entre temperatura y calor. Incluir diagramas energéticos y ejercicios de aplicación pudo haber mejorado la comprensión.

Pregunta 26

Cuatro estudiantes estaban hablando de cosas que hacían de niños. Se oyó la siguiente conversación:

Ami: "Yo envolvía mis muñecas en mantas, pero nunca entendía porque no se calentaban".

- a) Nic respondió: "Es porque las mantas que usaste probablemente eran malos aislantes"
- b) Lyn respondió: "Es porque las mantas que usaste probablemente eran malas conductoras"

- c) Jay respondió: "Es porque las muñecas estaban hechas de un material que no mantenía bien el calor"
- d) Key respondió: "Es porque los muñecos estaban hechos de un material que no mantenía bien el calor"
- e) Joy respondió: "Están todos equivocados"

¿Con quién está de acuerdo?

Tabla 4.18 Ganancia de la pregunta 26 a partir del número o porcentaje de estudiantes para el grupo de control y experimental sobre los resultados del pretest y postest.

Grupo de control					Grupo experimental				
Pretest	%	Postest	%	Ganancia	Pretest	%	Postest	%	Ganancia
11	29	10	26	-0.04	30	20	14	9	-0.14

Análisis

En esta pregunta, ambos grupos no mostraron ganancias, el grupo ABF estuvo incluso por debajo del control. Esto indica que, a pesar de que se llevaron a cabo actividades experimentales con fuentes de calor reales, no se trató explícitamente la idea de que un aislante como una manta no produce calor, sino que solo impide la pérdida de energía en un objeto ya caliente. Es probable que el hecho de no discutir sobre objetos que no generan calor interno haya mantenido la idea errónea al no saber que todas las opciones eran incorrectas.

Cabe mencionar que en la mayoría de preguntas el grupo experimental obtuvo más ganancia que el de control. Sin embargo, solo en tres la ganancia se vio afectada pero no muy superada por el grupo de control, por lo que se procede a realizar mejoras para próximas investigaciones. El procedimiento para obtener el índice Hake se encuentra en el anexo 6 de la sección de apéndices.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La presente investigación cumplió con el objetivo previamente planteado, el mismo buscaba mejorar el aprendizaje en el área de la Física a través de un método de enseñanza activo, tomando como unidad de estudio el contenido de Calorimetría.

La metodología aplicada para llevar al cabo este estudio no solo logró mejorar el promedio general de los estudiantes, sino que tuvo un impacto significativo en la comprensión de conceptos, observación de fenómenos físicos y en la resolución de problemas pertenecientes al área de estudio. De esta manera, los estudiantes no solo lograron entender física como un conocimiento limitado a rendir una prueba, sino como una herramienta para perfeccionar su conocimiento sobre los fenómenos físicos de su entorno.

Sobre los resultados obtenidos, se realizó el análisis estadístico para identificar la variación entre los resultados iniciales de los grupos, este análisis destacó que ambos grupos fueron equivalentes en cuanto a conocimientos previos, por lo tanto, no existió ventaja en la prueba pretest a favor de ningún grupo. Sin embargo, al concluir el programa mediante la evaluación postest y resolución de problemas se pudo evidenciar la alta efectividad del Aprendizaje Basado en Fenómenos, donde los estudiantes lograron calificaciones cercanas al puntaje máximo, superando por mucho a las del grupo tradicional.

Durante la aplicación del método, se pudo distinguir la motivación mediante la participación y reflexión de los estudiantes al compartir sus experiencias de formar parte de una metodología activa de aprendizaje. La interacción con fenómenos físicos les sirvió de incentivo para su propia investigación, más adelante esa indagación reforzaría y complementaría sus conocimientos, estando listos para sus próximos desafíos.

Un punto importante sobre la aplicación de una metodología activa, como es el Aprendizaje Basado en Fenómenos, fue la implementación de una planificación de actividades que tuvo diferentes etapas. Comenzando desde la anticipación, donde los estudiantes predecían varios fenómenos antes de la experimentación. Luego la construcción, donde complementaban lo observado mediante explicación detallada por el docente guía y la discusión colectiva. Por último, la consolidación, donde demostraban lo aprendido a través de pruebas conceptuales y ejercicios aplicados a la unidad de estudio.

Finalmente se concluye que la metodología de Aprendizaje Basado en Fenómenos mejora significativamente la comprensión de los conceptos de calorimetría en estudiantes de bachillerato en comparación con la metodología tradicional. Dejando esto como evidencia para aceptar la hipótesis planteada en este caso de estudio. Estos resultados no solo permiten que los estudiantes se limiten a lápiz y papel para aprender física, sino que despierta el interés y noción de un investigador. Con esto se comprueba que en la actualidad la educación requiere de un cambio que permita al estudiante ser el eje principal de su propia formación, despertando y potencializando su interés científico y conociendo más sobre esta herramienta conocida como Aprendizaje Basado en Fenómenos.

5.2 Recomendaciones

Al finalizar esta investigación, se obtuvo el resultado esperado y se comprobó la alta efectividad de la metodología activa ABF en el desarrollo académico de los estudiantes. Sin embargo, cabe mencionar ciertas recomendaciones que nos ayudarían a fortalecer futuras intervenciones didácticas, tanto para alcanzar nuevos logros, como superar dificultades identificadas.

Al tratarse de prácticas experimentales se recomienda implementar más equipos de laboratorio para medición. En varios cursos la demanda de estudiantes resultaba alta y era necesario hacer grupos de trabajo de hasta 5 estudiantes, lo ideal era reducir ese número para que el enfoque de la práctica sea captado con mayor efectividad por los integrantes.

Aparte de los equipos u otros implementos de laboratorio, se recomienda incorporar más variedad de instrumentos de evaluación aparte de las ya implementadas, estas podrían ser portafolios experimentales, guías de laboratorio con tabla de datos y análisis, autoevaluaciones y rubricas de desempeño. Esta estrategia proporcionaría una mejor retroalimentación en los estudiantes y una visión más integral en el aprendizaje alcanzado.

En próximas investigaciones se recomienda integrar nuevas metodologías activas dentro de las prácticas experimentales. Una de las que resulta conveniente es el método PODS (Predicción, Observación, Discusión y Síntesis), ya que este método puede ampliar el enfoque hacia contextos más complejos y fomentar habilidades como la comunicación científica, el trabajo en equipo e incluso la creatividad, siendo estas partes del desarrollo integral de la educación media y dejando las bases esenciales para una educación superior.

Otro aspecto que cabe mencionar fue el de la planificación de actividades, se recomienda prolongar el tiempo de duración de cada sección, de manera que se disponga de más tiempo para profundizar en los procesos de modelización y reflexión. Así, se dispone de espacio suficiente para la etapa de anticipación, construcción y consolidación, donde los estudiantes tendrán más tiempo para discutir y formalizar los conceptos.

El uso de herramientas digitales y plataformas interactivas, como recursos didácticos, puede facilitar la comprensión de fenómenos físicos, por lo que se recomienda el uso de simuladores como PhET o laboratorios virtuales que permita al estudiante predecir sus resultados e interactuar en tiempo real con sustancias que no es posible implementar en el aula.

Como punto final de esta investigación, se recomienda trabajar con muestras más equilibradas, asegurándose que tanto el grupo de control como el experimental cuenten con el mismo o cercano número de estudiantes, logrando así un análisis estadístico más simétrico. Del mismo modo, el objetivo no solo consiste en medir el impacto actual del método ABF, sino en crear una retención del conocimiento a lo largo del tiempo, por lo que resulta valioso la implementación de estudios longitudinales.

6. Referencias

- Active Methodologies for the Promotion of Mathematical Learning.* (2022).
<https://www.mdpi.com/books/reprint/5580-active-methodologies-for-the-promotion-of-mathematical-learning>
- Agiande, D. U., Williams, J. J., Dunnamah, A. Y., & Tumba, D. P. (2015). Conceptual change theory as a teaching strategy in environmental education. *European Scientific Journal, ESJ*, 11(35).
https://www.researchgate.net/publication/358587663_CONCEPTUAL_CHANGE_THEORY_AS_A_TEACHING_STRATEGY_IN_ENVIRONMENTAL_EDUCATION
- Assem, H. D., Nartey, L., Appiah, E., & Aidoo, J. K. (2023). A review of students' academic performance in physics: attitude, instructional methods, misconceptions and teachers qualification. *European Journal of Education and Pedagogy*, 4(1), 84–92. <https://doi.org/10.24018/ejedu.2023.4.1.551>
- Atkins, P., Ratcliffe, G., Wormald, M., & De Paula, J. (2023). Physical chemistry for the Life sciences. In *Oxford University Press eBooks*. <https://doi.org/10.1093/hesc/9780198830108.001.0001>
- Berdibekova, S., Aldashov, M., Asanbekova, D., Ismailova, G., & Attokurov, A. (2023). Development of methodological recommendations for teaching physics based on the development of spatial imagination. *Scientific Herald Of Uzhhorod University Series Physics*, 55, 2877-2889. <https://physics.uz.ua/en/journals/issue-55-2024/development-of-methodological-recommendations-for-teaching-physics-based-on-the-development-of-spatial-imagination>
- Camelo, F., & Rodríguez, S. (2008). Una revisión histórica del concepto de calor: algunas implicaciones para su aprendizaje. *Tecné Episteme y Didaxis TED*, 23. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/149>
- Chicaiza. (2018). “Los problemas de aprendizaje de física de los estudiantes de primer año de bachillerato general unificado, de la unidad educativa Oscar Efrén reyes de la comunidad Guantul grande central, parroquia flores cantón Riobamba, durante el primer quimestre del periodo escolar octubre 2017 – febrero 2018”. *Trabajo de Grado Previo A la Obtención del Título de Licenciada En Ciencias de la Educación, Profesora de Ciencias Exactas.*

<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4955/1/UNACH-FCEHT-TG-C.EXAC-2018-000006.pdf>

- Chiu, M., Lin, J., Yen, M., Liang, J., & Guo, C. (2016). Examining the factors that influence students' science learning processes and their learning outcomes: 30 years of Conceptual Change research. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 12(9). <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.000600a>
- Cortés, L. J. M. (2022). Análisis de la ganancia de aprendizaje en la enseñanza de las ecuaciones lineales implementando un entorno personal de aprendizaje. *CITAS*, 8(1). <https://revistas.usantotomas.edu.co/index.php/citas/article/view/7560>
- Fritz, C. O., Morris, P. E., & Richler, J. J. (2012). Effect size estimates: Current use, calculations, and interpretation. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(1), 2–18. <https://doi.org/10.1037/A0024338>
- Greenbowe, T., & Meltzer, D. (2003). Student learning of thermochemical concepts in the context of solution calorimetry. *International Journal Of Science Education*, 25(7), 779-800. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500690305032>
- Hansen, L. D., Transtrum, M. K., & Quinn, C. F. (2018). Introduction to Calorimetry. En *Springer briefs in molecular science* (pp. 1-4). https://doi.org/10.1007/978-3-319-78250-8_1
- Hayat, B. (2024). Meta-Analysis of Coefficient Alpha: Empirical demonstration using English Language Teaching Reflection Inventory. *Journal of Curriculum and Teaching*, 13(2), 231. <https://doi.org/10.5430/jct.v13n2p231>
- Kan, S., & Saka, A. Z. (2021). The Comparison of Problem Based and Project Based Learning Methods in Physics Teaching / Uspoređivanje metoda učenja utemeljenoga na problemskom i projektnom učenju u nastavi Fizike. *Croatian Journal Of Education - Hrvatski Časopis Za Odgoj I Obrazovanje*, 23(3). <https://cje2.ufzg.hr/ojs/index.php/CJOE/article/view/3570>
- Kossov, A. (2023). Reaction calorimetry: Main types, simple theory, and application for kinetic study—A review. *Process Safety Progress*, 42(3), 417-429. <https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/prs.12452>
- Mamluk-Naaman, R. (2019). *Comparative Perspectives on Inquiry-Based Science Education* (pp. 1–11). IGI Global. <https://www.igi-global.com/gateway/chapter/226317>

- Moreno-Piraján, J. C., Gutiérrez, L. G., Gómez-Granados, F., & Hernández-Monje, D. C. (2024). Calorimetry: overview of historical development, instrumentation design, and construction criteria. En *Elsevier eBooks* (pp. 1-25). <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-13796-9.00001-0>
- Neira, G. J. B., & Berrezueta, L. B. C. (2022). Factores que inciden en el rendimiento académico de los estudiantes de bachillerato en el cantón Sucúa-Ecuador. *Ciencia Digital*, 6(4), 97-115. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v6i4.2338>
- PhysPort Assessments: Thermal Concept evaluation.* (n.d.). PhysPort. <https://www.physport.org/assessments/assessment.cfm?A=TCE>
- Pino, M. E. M., Ordoñez, F. R. R., Ysa, R. A. S., Llanos, D. M. J., & Cruz, M. M. T. (2024). Teaching of Physics in Engineering from Problem-Based and Project-Based Learning Approaches. *International Journal Of Engineering Pedagogy (iJEP)*, 14(4), 155-161. <https://online-journals.org/index.php/i-jep/article/view/48231>
- Putri, T. L., Azizahwati, A., & Islami, N. (2018). Effectiveness of Phenomenon Based Learning (phenobl) Model Application for Improving Student Learning Results in Optical Materials. *Jurnal Geliga Sains Jurnal Pendidikan Fisika*, 6(1), 53. <https://typeset.io/papers/effectiveness-of-phenomenon-based-learning-phenobl-model-1769wf3lqy>
- Santoso, A. N., Sunarti, T., & Wasis, W. (2023). Effectiveness of Contextual Phenomena-Based Learning to Improve Science Literacy. *International Journal Of Current Educational Research*, 2(1), 17-26. <https://www.journal.iel-education.org/index.php/ijocer/article/view/205>
- Schaffar, B., & Wolff, L. (2024). Phenomenon-based learning in Finland: a critical overview of its historical and philosophical roots. *Cogent Education*, 11(1). <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/2331186X.2024.2309733>
- Scharlott, L. J., Rippey, D. W., Rosa, V., & Becker, N. M. (2024). Progression toward Causal Mechanistic Reasoning through Phenomenon-Based Learning in Introductory Chemistry. *Journal Of Chemical Education*, 101(3), 777-788. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.3c00517>
- Šesták, J., Hubík, P., & Mareš, J. J. (2010). Historical Roots and Development of Thermal Analysis and Calorimetry. En *Hot topics in thermal analysis and calorimetry* (pp. 347-370). https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-90-481-2882-2_21

- Silvester, L., Touloumet, Q., & Auroux, A. (2023). Calorimetry techniques. En *Springer handbooks* (pp. 1031-1059). https://doi.org/10.1007/978-3-031-07125-6_46
- Supriyadi, S., Suhandi, A., Samsudin, A., Setiawan, A., Susilawati, A., Isnawati, I., & Ismail, I. (2024). Analysis Scopus Article on Phenomenon-based Learning Through Bibliometric Analysis. *KnE Social Sciences*. <https://typeset.io/papers/analysis-scopus-article-on-phenomenon-based-learning-through-41vroydfp3>
- Symeonidis, V., & Schwarz, J. F. (2016). Phenomenon-Based Teaching and Learning through the Pedagogical Lenses of Phenomenology: The Recent Curriculum Reform in Finland. *SciSpace - Paper*. <https://typeset.io/papers/phenomenon-based-teaching-and-learning-through-the-3jdtscf7p2>
- Trinidad, L. G. M. (2018). Phenomenon Based Learning in Physical. *CORE*. https://core.ac.uk/outputs/235851405/?utm_source=pdf&utm_medium=banner&utm_campaign=pdf-decoration-v1
- Vista de Física en bachillerato general unificado e impacto en el ingreso a las escuelas militares, Ecuador | CIENCIAMATRIA. (s. f.). <https://cienciamatriarevista.org.ve/index.php/cm/article/view/1097/1832>
- Yuliati, L. (2018). Exploration of physics problem-solving skills within phenomenon-based learning in senior high school students. International Conference On Education. <https://typeset.io/papers/exploration-of-physics-problem-solving-skills-within-8fw55ouzlr>

7. Apéndices y anexos

Anexo 1: Planificaciones de cada clase con el modelo pedagógico tradicional de educación

Clase: 1

Período: 45 min

Tema: Temperatura, calor, escala de temperatura y transferencia de calor.

Indicador de evaluación	Destreza con criterio de desempeño	Estrategias metodológicas	Recursos	Evaluación
I.CN.3.8.1. Establece diferencias entre calor y temperatura y comunica, de forma gráfica, las formas de transmisión del calor (conducción, convección y radiación), apoyándose en la ejecución de experimentos sencillos de varias sustancias y cuerpos de su entorno. (J.3., I.2., I.3.)	CN.F.5.2.5. Determinar que la temperatura de un sistema es la medida de la energía cinética promedio de sus partículas, haciendo una relación con el conocimiento de que la energía térmica de un sistema se debe al movimiento caótico de sus partículas y por tanto a su energía cinética. CN.F.5.2.6. Describir el proceso de transferencia de calor entre y dentro de sistemas por conducción, convección y/o radiación, mediante prácticas de laboratorio.	Anticipación: Con la ayuda de diapositivas los estudiantes observan y anotan en su cuaderno los conceptos previos: energía térmica, energía cinética y energía térmica. Construcción: El docente con la ayuda de diapositivas da a conocer el concepto de temperatura y calor, la escala de temperatura, la relación entre temperatura y calor y las formas de transferir calor. Consolidación: En casa investigar y responder las siguientes preguntas: Ejemplos de aplicaciones del calor y la	Cuaderno Borrador Computadora Proyector	Revisión del trabajo en clase y en casa, se verifica el proceso, la explicación por parte del estudiante y la comprobación en cada ejercicio. Evaluación de conceptos al finalizar el capítulo.

		<p>temperatura en la vida cotidiana.</p> <p>Ejemplos en imágenes de la transferencia de calor.</p> <p>Resolver ejercicios sobre conversión de unidades de la temperatura.</p>		
--	--	---	--	--

Clase: 2

Período: 90 min

Tema: Calor específico

Indicador de evaluación	Destreza con criterio de desempeño	Estrategias metodológicas	Recursos	Evaluación
<p>I.CN.F.5.14.1.</p> <p>Analiza la temperatura como energía cinética promedio de sus partículas y experimenta la ley cero de la termodinámica (usando conceptos de calor específico, cambio de estado, calor latente y temperatura de equilibrio),</p>	<p>CN.F.5.2.7.</p> <p>Analizar que la variación de la temperatura de una sustancia que no cambia de estado es proporcional a la cantidad de energía añadida o retirada de la sustancia y que la constante de proporcionalidad representa el recíproco de la capacidad calorífica de la sustancia.</p>	<p>Anticipación:</p> <p>Con ayuda de diapositivas los estudiantes recuerdan que es el calor, temperatura, como se relacionan y los tipos de transferencia de calor.</p> <p>Construcción:</p> <p>Se da a conocer el concepto de calor específico, cómo influye en la transferencia de calor según el material de la sustancia y la fórmula respectiva.</p> <p>La docente resuelve ejercicios modelo en clase.</p> <p>Los estudiantes resuelven ejercicios sobre el calor específico.</p>	<p>Cuaderno</p> <p>Borrador</p> <p>Computadora</p> <p>Proyector</p>	<p>Revisión del trabajo en clase y en casa, se verifica el proceso, la explicación por parte del estudiante y la comprobación en cada ejercicio.</p> <p>Evaluación de conceptos y problemas de desarrollo al finalizar el capítulo.</p>

<p>la transferencia de calor(por conducción, convección y radiación), el trabajo mecánico producido por la energía térmica de un sistema y las pérdidas de energía en forma de calor hacia el ambiente y disminución del orden , que tienen lugar durante los procesos de transformación de energía. (1.2.)</p>		<p>Consolidación: En casa los estudiantes resuelven ejercicios de calor específico planteados por la docente.</p>		
--	--	---	--	--

Clase: 3

Período: 45 min

Tema: Calor latente

Indicador de evaluación	Destreza con criterio de desempeño	Estrategias metodológicas	Recursos	Evaluación
-------------------------	------------------------------------	---------------------------	----------	------------

<p>I.CN.F.5.14.1. Analiza la temperatura como energía cinética promedio de sus partículas y experimenta la ley cero de la termodinámica (usando conceptos de calor específico, cambio de estado, calor latente y temperatura de equilibrio), la transferencia de calor(por conducción, convección y radiación), el trabajo mecánico producido por la energía térmica de un sistema y las pérdidas de energía en forma de calor hacia el ambiente y disminución del orden , que</p>	<p>CN.F.5.2.8. Explicar mediante la experimentación el equilibrio térmico usando los conceptos de calor específico, cambio de estado, calor latente, temperatura de equilibrio, en situaciones cotidianas.</p>	<p>Anticipación: Se realiza una lluvia de ideas sobre los cambios de estados que una sustancia puede presentar. Construcción: Con la ayuda de diapositivas la docente indica el concepto de calor latente, su fórmula y las unidades de medida. La docente resuelve ejercicios sobre el calor latente. Consolidación: En casa los estudiantes resuelven los ejercicios planteados por la docente.</p>	<p>Cuaderno Borrador Computadora Proyector</p>	<p>Revisión del trabajo en clase y en casa, se verifica el proceso, la explicación por parte del estudiante y la comprobación en cada ejercicio. Evaluación de conceptos y problemas de desarrollo al finalizar el capítulo.</p>
--	--	---	---	---

<p>tienen lugar durante los procesos de transformación de energía. (I.2.)</p>				
---	--	--	--	--

Clase: 4

Período: 90 min

Tema: Equilibrio térmico

Indicador de evaluación	Destreza con criterio de desempeño	Estrategias metodológicas	Recursos	Evaluación
<p>I.CN.F.5.14.1. Analiza la temperatura como energía cinética promedio de sus partículas y experimenta la ley cero de la termodinámica (usando conceptos de calor específico, cambio de estado, calor latente y temperatura</p>	<p>CN.F.5.2.8. Explicar mediante la experimentación el equilibrio térmico usando los conceptos de calor específico, cambio de estado, calor latente, temperatura de equilibrio, en situaciones cotidianas.</p>	<p>Anticipación: Lluvia de ideas sobre el calor específico, calor latente, como identificar que cuerpo gana y pierde calor. Construcción: Con el apoyo de diapositivas la docente indica cuál es el concepto de equilibrio térmico y cómo se relaciona con el calor específico y calor latente. Se muestra la fórmula para equilibrio térmico y se resuelven problemas para demostrar a los</p>	<p>Cuaderno Borrador Computadora Proyector</p>	<p>Revisión del trabajo en clase y en casa, se verifica el proceso, la explicación por parte del estudiante y la comprobación en cada ejercicio. Evaluación de conceptos y problemas de desarrollo al finalizar el capítulo.</p>

<p>de equilibrio), la transferencia de calor(por conducción, convección y radiación), el trabajo mecánico producido por la energía térmica de un sistema y las pérdidas de energía en forma de calor hacia el ambiente y disminución del orden , que tienen lugar durante los procesos de transformación de energía. (I.2.)</p>		<p>estudiantes cuál es la forma correcta de resolver. Consolidación: En casa los estudiantes resuelven problemas de equilibrio térmico.</p>		
--	--	---	--	--

Anexo 2: Planificaciones de cada clase con el método de enseñanza aprendizaje basado en fenómenos.

Clase: 1

Período: 45 min

Tema: Temperatura, calor, escala de temperatura y transferencia de calor.

Indicador de evaluación	Destreza con criterio de desempeño	Estrategias metodológicas	Recursos	Evaluación
-------------------------	------------------------------------	---------------------------	----------	------------

<p>I.CN.3.8.1. Establece diferencias entre calor y temperatura y comunica, de forma gráfica, las formas de transmisión del calor (conducción, convección y radiación), apoyándose en la ejecución de experimentos sencillos de varias sustancias y cuerpos de su entorno. (J.3., I.2., I.3.)</p>	<p>CN.3.3.7. Demostrar experimentalmente y diferenciar entre temperatura y calor, verificarlas por medición en varias sustancias y mediante el equilibrio térmico de los cuerpos. CN.3.3.8. Experimentar la transmisión de calor y deducir la forma en que se producen la conducción, la convección y la radiación.</p>	<p>Anticipación: Se presenta un pequeño y sencillo experimento a los estudiantes: hacer hervir agua en una olla. Luego se plantea las siguientes preguntas a los estudiantes y en parejas los estudiantes dan respuestas a las mismas: ¿Debido a qué, el agua empieza a hervir? ¿Cómo o con qué se puede determinar la energía calorífica del agua? ¿Qué pasa si se toca directamente con la mano la olla una vez que el agua está hirviendo? ¿Qué pasa si se agarra la olla con agua hirviendo de su mango? ¿Si acerco mi rostro a la olla hirviendo que se sentirá? Construcción: La docente recoge las respuestas de los estudiantes y con la ayuda de una presentación en CANVA, guía a los estudiantes al concepto de temperatura, calor y los tipos de transferencia de calor. Se presentan y analizan diferentes fenómenos relacionados al calor. Consolidación:</p>	<p>Cuaderno Borrador Computadora Proyector Olla Agua Termómetro Hornilla Mantel Estudiantes voluntarios</p>	<p>Revisión del trabajo en clase y en casa, se verifica el proceso, la explicación por parte del estudiante y la comprobación en cada experimento y ejercicio de desarrollo. Evaluación de conceptos al finalizar el capítulo.</p>
--	---	--	---	---

		<p>En casa los estudiantes tienen que investigar y responder las siguientes preguntas:</p> <p>Ejemplos de aplicaciones del calor y la temperatura en la vida cotidiana, con una explicación de qué es lo que sucede y cómo.</p> <p>Ejemplos en imágenes de la transferencia de calor e identificar qué tipo de transferencia de calor es y como sucede.</p> <p>Resolver ejercicios sobre conversión de unidades de la temperatura.</p>		
--	--	--	--	--

Clase: 2

Período: 90 min

Tema: Calor específico

Indicador de evaluación	Destreza con criterio de desempeño	Estrategias metodológicas	Recursos	Evaluación
I.CN.F.5.14.1. Analiza la temperatura como energía cinética promedio de sus partículas y experimenta la ley cero de la termodinámica (usando conceptos de calor específico, cambio de	CN.F.5.2.7. Analizar que la variación de la temperatura de una sustancia que no cambia de estado es proporcional a la cantidad de energía añadida o retirada de la sustancia y que la constante de proporcionalidad representa el recíproco de la capacidad calorífica de la sustancia.	<p>Anticipación:</p> <p>Aplicando la gamificación y en grupos cooperativos de tres personas los estudiantes participan en un juego de QUIZZIZ sobre calor y temperatura para repasar lo aprendido la clase anterior.</p> <p>En los mismos grupos cooperativos se realizan pequeños experimentos: Se calienta agua y se coloca en tres vasos de distinto material: vidrio,</p>	<p>Cuaderno</p> <p>Borrador</p> <p>Computadora</p> <p>Proyector</p> <p>Cucharas de metal, madera y plástico.</p> <p>Vasos de vidrio,</p>	Revisión del trabajo en clase y en casa, se verifica el proceso, la explicación por parte del estudiante y la comprobación en cada experimento y ejercicio de desarrollo.

<p>estado, calor latente y temperatura de equilibrio), la transferencia de calor(por conducción, convección y radiación), el trabajo mecánico producido por la energía térmica de un sistema y las pérdidas de energía en forma de calor hacia el ambiente y disminución del orden , que tienen lugar durante los procesos de transformación de energía. (1.2.)</p>		<p>cerámica y plástico, se toma la temperatura inicial del vaso antes de introducir el agua y la temperatura final del vaso después de introducir el agua caliente.</p> <p>En un vaso de vidrio con agua hirviendo, se introducen tres tipos de cucharas pequeñas: madera, metal y plástico, en la cola de cada cuchara se debe colocar una pequeñísima porción de mantequilla</p> <p>Luego la docente plantea las siguientes preguntas:</p> <p>¿En relación a las cucharas, en qué material tarda en caer la mantequilla?, ¿a qué se debe esto?</p> <p>¿En relación a las tazas, qué material puede transmitir de forma más rápida el calor?, ¿por qué sucede esto?</p> <p>Construcción:</p> <p>Con la ayuda de una presentación en Geneally, la docente ayuda a comprender a los estudiantes el concepto de calor específico y que cada material o sustancia cuenta con un determinado valor de calor específico distinto, por lo</p>	<p>cerámica y plástico.</p> <p>Mantequilla</p> <p>Agua, hornilla.</p> <p>Termómetro.</p>	<p>Evaluación de conceptos y problemas de desarrollo al finalizar el capítulo.</p>
--	--	---	--	--

		<p>tanto, la transferencia de calor varía según el material.</p> <p>Se presenta a los estudiantes dos fenómenos de su vida cotidiana, o analizan y responde a las siguientes preguntas:</p> <p>¿Qué olla calentará el agua de forma más rápida?</p> <p>¿Afecta la masa de la olla en el calentamiento del agua?</p> <p>La docente presenta la fórmula para resolver ejercicios que se relacionen con el calor específico, describe el concepto de cada variable que interviene en ella y sus unidades de medida.</p> <p>En grupos cooperativos de estudiantes y con la guía de la docente los estudiantes resuelven ejercicios relacionados a la cotidianidad sobre el calor específico.</p> <p>Consolidación:</p> <p>En clases los estudiantes investigan y discuten ejemplos sencillos y de la vida real sobre el calor específico y cómo varias empresas usan este concepto en sus productos.</p>		
--	--	--	--	--

		En casa de forma individual resuelven ejercicios sobre el calor específico.		
--	--	---	--	--

Clase: 3

Período: 45 min

Tema: Calor latente

Indicador de evaluación	Destreza con criterio de desempeño	Estrategias metodológicas	Recursos	Evaluación
I.CN.F.5.14.1. Analiza la temperatura como energía cinética promedio de sus partículas y experimenta la ley cero de la termodinámica (usando conceptos de calor específico, cambio de estado, calor latente y temperatura	CN.F.5.2.8. Explicar mediante la experimentación el equilibrio térmico usando los conceptos de calor específico, cambio de estado, calor latente, temperatura de equilibrio, en situaciones cotidianas.	Anticipación: En grupos cooperativos se realiza un pequeño experimento para determinar los cambios de estado de una sustancia: se coloca un cubo de hielo sobre un plato, se toma la temperatura del hielo, luego se observa en el momento exacto en que el hielo comienza a derretirse y se vuelve a tomar la temperatura del hielo. Toda el agua que salió del cubo de hielo se coloca en una olla, se toma la temperatura del agua, luego se coloca la olla sobre una hornilla y se mide la temperatura del agua cuando	Cuaderno Borrador Computadora Proyector Cubos de hielo Termómetro Olla Hornilla	Revisión del trabajo en clase y en casa, se verifica el proceso, la explicación por parte del estudiante y la comprobación en cada experimento y ejercicio de desarrollo. Evaluación de conceptos y problemas de desarrollo al finalizar el capítulo.

<p>de equilibrio), la transferencia de calor(por conducción, convección y radiación), el trabajo mecánico producido por la energía térmica de un sistema y las pérdidas de energía en forma de calor hacia el ambiente y disminución del orden , que tienen lugar durante los procesos de transformación de energía. (1.2.)</p>		<p>inicia a hervir. se pregunta a los estudiantes:</p> <p>¿Qué sucedió con el cubo de hielo?</p> <p>¿En qué punto de temperatura el cubo de hielo inició su proceso de derretirse?</p> <p>¿Cuál es la temperatura en la que el agua comenzó a hervir?</p> <p>Construcción:</p> <p>Se realiza una puesta en común con las respuestas de los grupos, y la docente guía a los estudiantes para entender cómo los cambios de estado de la materia influyen al momento de transferir calor (calor latente).</p> <p>Se plantea a los estudiantes tres fenómenos de la vida cotidiana; la formación de las nubes, la refrigeración y la calefacción, y se pide a los estudiantes que expliquen cómo interviene el calor latente en estos ejemplos.</p> <p>Con la ayuda de diapositivas la docente explica los tipos de calor latente que existen y que cada sustancia tiene su propio valor de calor latente dependiendo en que cambio de estado se encuentre, la fórmula y cómo aplicarla dentro de ejercicios.</p> <p>Consolidación:</p> <p>En parejas cooperativas los estudiantes resuelven</p>		
--	--	--	--	--

		ejercicios sobre el calor latente.		
--	--	------------------------------------	--	--

Clase: 4

Período: 90 min

Tema: Equilibrio térmico

Indicador de evaluación	Destreza con criterio de desempeño	Estrategias metodológicas	Recursos	Evaluación
I.CN.F.5.14.1. Analiza la temperatura como energía cinética promedio de sus partículas y experimenta la ley cero de la termodinámica (usando conceptos de calor específico, cambio de estado, calor latente y temperatura de equilibrio), la transferencia de calor (por conducción, convección y radiación), el trabajo mecánico producido por la energía térmica de un sistema y las pérdidas de energía en forma	CN.F.5.2.8. Explicar mediante la experimentación el equilibrio térmico usando los conceptos de calor específico, cambio de estado, calor latente, temperatura de equilibrio, en situaciones cotidianas.	Anticipación: Se plantea las siguientes situaciones/fenómenos: Cuando entramos en una habitación caliente, después de un tiempo, ya no sentimos esa diferencia de temperatura, entonces, ¿por qué sucede esto? ¿Qué sucede cuando echamos cubos de hielo en un vaso de agua caliente? En parejas los estudiantes discuten los fenómenos y dan una respuesta. Construcción: Se da a conocer las respuestas de cada grupo y con la guía de la docente se explica que los cuerpos siempre llegan a un equilibrio térmico, como el cuerpo con mayor energía calorífica cede calor al cuerpo con menor energía calorífica y como el calor	Cuaderno Borrador Computadora Proyector	Revisión del trabajo en clase y en casa, se verifica el proceso, la explicación por parte del estudiante y la comprobación en cada experimento y ejercicio de desarrollo. Evaluación de conceptos y problemas de desarrollo al finalizar el capítulo.

<p>de calor hacia el ambiente y disminución del orden , que tienen lugar durante los procesos de transformación de energía. (I.2.)</p>		<p>específico y calor latente intervienen en el equilibrio térmico.</p> <p>La docente presenta la fórmula del equilibrio térmico y en equipos con la ayuda de algunos tips por parte de la docente los estudiantes comprenden cómo resolver ejercicios sobre el equilibrio térmico.</p> <p>Consolidación:</p> <p>En grupos cooperativos los estudiantes resuelven la hoja de trabajo planteada por la docente.</p>		
--	--	--	--	--

Anexo 3. Prueba de resolución de problemas

EVALUACIÓN:			
ESTUDIANTE:			
DOCENTE:	Ing. Jefferson Guerrero		
AREA/ÁSIGNATURA:	Matemática/Física		
CURSO/ GRADO:	Segundo BGU	PARALELO:	
FECHA:			
Instrucciones:			
<ul style="list-style-type: none"> • Lea detenidamente cada pregunta. • Analice su respuesta antes de escribirla. • Responda la evaluación con sus propios materiales. • No converse con su compañero/a de clase. • Antes de iniciar la evaluación escucha con atención las indicaciones de la docente. 			
Actividades:			Logros:
1. 600 gramos de hierro se encuentran a una temperatura de 19°C. ¿Cuál será su temperatura final si se le suministran 1300 calorías? $c_e \text{ hierro} = 0,113 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$			5
2. ¿Cuánto calor se requiere para evaporar 0,50 kg de agua, que inicialmente está a 100°C?			5
3. Un pedazo de plomo de 250gr se calienta hasta 112°C y se sumerge en agua a 18°C, si la masa del agua es dos veces la masa de plomo. ¿Cuál es la temperatura final del agua y plomo? $c_e \text{ agua} = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$; $c_e \text{ plomo} = 0,03 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$			5
4. ¿Cuánto hielo a 0°C debe agregarse a 1kg de agua a 100°C para tener únicamente líquido a 20°C?			5
TOTAL DE LOGROS:			/20
CALIFICACIÓN (sobre 10):			/10

Anexo 4. Códigos y resultados obtenidos mediante el programa estadístico

Rstudio

```
# =====  
# Instalación de librerías  
# =====  
  
library(psych)  
library(moments)  
library(car)  
library(effsize)  
library(nortest)  
library(car)  
  
# =====  
# 1. Ingreso de datos  
# =====  
  
# --- Pretest  
pre_control <- c(4,7,6,7,8,2,8,4,9,4,5,7,5,3,9,8,5,9,5,8,9,10,4,5,10,9,3,2,8,5,2,5,9,4,6,4)  
pre_experimental <- c(3,9,9,5,6,6,6,10,3,3,9,3,6,9,6,5,6,6,4,5,7,5,5,2,6,5,3,5,2,7,5,  
9,9,4,9,5,8,3,6,5,6,6,8,11,4,9,10,16,7,12,15,14,5,15,10,15,15,4,15,  
16,5,15,10,10,15,15,5,12,14,9,15,15,5,15,15,7,15,6,3,5,5,4,6,6,8,4,  
6,8,4,6,5,4,5,5,4,5,4,6,6,7,3,6,2,5,6,8,3,8,6,8,4,6,6,7,6,6,6,  
7,5,4,6,3,5,5,5,3,7,7,6,3,2,8,4,8,12,5,7,3,6,5,7,6,3,5,9,6,4,10)  
  
# --- Postest  
pos_control <- c(7,6,5,4,5,8,4,3,4,8,7,8,8,4,7,5,7,7,6,9,14,5,3,8,5,8,7,5,5,5,8,12,5,6,6,11) <-  
pos_experimental <- c(4,6,6,6,3,10,4,5,5,5,5,5,4,7,4,5,4,5,4,6,5,1,5,3,7,5,5,6,10,  
5,6,5,5,8,6,6,4,6,5,7,7,5,7,10,6,20,9,17,19,19,19,20,19,20,19,  
15,16,19,20,17,19,19,14,19,19,19,19,18,20,16,19,16,16,15,19,9,20,  
19,19,10,19,13,20,20,10,19,19,15,13,19,15,8,16,20,15,20,10,18,20,9,  
15,9,16,18,19,17,19,18,3,9,15,16,8,17,10,15,15,16,16,9,11,15,8,11,  
15,11,8,9,14,9,11,3,16,15,17,17,11,17,16,9,11,17,4,5,13,9,5,9)  
  
# --- Resolución de problemas  
ejer_control <- c(2,0.5,3,0.5,6.5,1.5,0.5,1,1,5.5,3.5,1,0.5,4.5,0.5,0.5,0.5,1,5.5,0.75,  
6.25,1.5,0.5,0.5,7.5,5.5,6.25,0.25,5.5,0.5,5,2.5,3.5,1,0.5,2,1,2.75,8,5.5,0.5,2.5)  
  
ejer_experimental <- c(6,6,10,6,6,7,6,6,6,10,6,7,6,6,6,6,10,7,10,9,6,6,7,5,7,6,7,5,10,9,  
9.5,7,7,7,6,7,7,8,7,6,7,4,7,9,6,10,10,9.5,10,10,7,7,6.25,7.25,5.25,7,  
7,7,7.25,7.25,7.25,7.75,5.75,6,8,7.5,6.75,6.5,6,7.5,9.75,8.25,5.75,7,  
8.5,7,9,6.75,5.5,8,6.5,7.25,8.5,8.5,7,5.75,7,7,7,7.25,7,7,7.5,6.5,8,8.75,8.5,8.5,  
8,7,6.5,7.5,8.5,7,7,5.5,8,8.5,7.25,5.5,7.5,7,5.75,8.25,7.25,5.25,7,5.5,5,5.5,
```

5.5,6.5,4,5.5,5.75,5.75,5.5,5,5.5,5,5.75,5,4,4.5,4.25,4.75,5.5,4.25,4.5,5.5,4,
6.25,5.5,4.5,5,3.25,4.75,5,4.5,4.5,4.5)

```
# =====
```

```
# 2. Estadísticos descriptivos
```

```
# =====
```

```
describe(pre_control)  
describe(pos_control)  
describe(ejer_control)  
describe(pre_experimental)  
describe(pos_experimental)  
describe(ejer_experimental)
```

```
# Mediana y moda
```

```
median(pre_control); median(pre_experimental)  
Mode <- function(x) {ux <- unique(x); ux[which.max(tabulate(match(x, ux)))]}  
Mode(pre_control); Mode(pre_experimental)  
Mode(pos_control); Mode(pos_experimental)  
Mode(ejer_control); Mode(ejer_experimental)
```

```
# Cuartiles - Division de los datos en tres cuartiles
```

```
quantile(pre_control, probs=c(0.25,0.5,0.75))  
quantile(pre_experimental, probs=c(0.25,0.5,0.75))  
quantile(pos_control, probs=c(0.25,0.5,0.75))  
quantile(pos_experimental, probs=c(0.25,0.5,0.75))  
quantile(ejer_control, probs=c(0.25,0.5,0.75))  
quantile(ejer_experimental, probs=c(0.25,0.5,0.75))
```

```
# Intervalo de confianza al 95%
```

```
t.test(pre_control)$conf.int  
t.test(pre_experimental)$conf.int  
t.test(pos_control)$conf.int  
t.test(pos_experimental)$conf.int  
t.test(ejer_control)$conf.int  
t.test(ejer_experimental)$conf.int
```

```
# =====
```

```
# 3. Pruebas de normalidad
```

```
# =====
```

```
# Test de normalidad para grupo control
```

```
shapiro.test(pre_control)  
shapiro.test(pos_control)  
shapiro.test(ejer_control)
```

```
# Test de normalidad para grupo experimental
```

```

lillie.test(pre_experimental)
lillie.test(pos_experimental)
lillie.test(ejer_experimental)
# =====
# 4. Homogeneidad de varianzas
# =====

# Crear factor de grupo
grupo_pre <- c(rep("Control", length(pre_control)), rep("Experimental",
length(pre_experimental)))
grupo_pos <- c(rep("Control", length(pos_control)), rep("Experimental",
length(pos_experimental)))
grupo_ejer <- c(rep("Control", length(ejer_control)), rep("Experimental",
length(ejer_experimental)))

# Unir datos
datos_pre <- c(pre_control, pre_experimental)
datos_pos <- c(pos_control, pos_experimental)
datos_ejer <- c(ejer_control, ejer_experimental)

# Prueba de Levene para Pretest
levene_pre <- leveneTest(datos_pre ~ grupo_pre)
print("Levene Pretest:")
print(levene_pre)

# Prueba de Levene para Postest
levene_pos <- leveneTest(datos_pos ~ grupo_pos)
print("Levene Postest:")
print(levene_pos)

# Prueba de Levene para Ejercicios
levene_ejer <- leveneTest(datos_ejer ~ grupo_ejer)
print("Levene Ejercicios:")
print(levene_ejer)

# =====
# 5. Comparación de resultados entre grupos
# =====

# Comparación Pretest: Control vs Experimental
wilcox.test(pre_control, pre_experimental, alternative = "two.sided")

# Comparación Postest: Control vs Experimental
wilcox.test(pos_control, pos_experimental, alternative = "two.sided")

# Comparación Resolución de Problemas: Control vs Experimental
wilcox.test(ejer_control, ejer_experimental, alternative = "two.sided")

```

```

# =====
# 6. Tamaño del efecto Cohen's d
# =====

# Postest
d_post <- cohen.d(pos_experimental, pos_control, hedges.correction = TRUE)
d_post

# Calcular porcentaje de superioridad (U3)
d_value_post <- d_post$estimate
U3_post <- pnorm(d_value_post) * 100
cat("Efecto d (postest):", round(d_value_post,3),
    "-> El estudiante promedio del grupo experimental supera al",
    round(U3_post,1), "% del grupo control\n")

# Resolución de problemas
d_ejer <- cohen.d(ejer_experimental, ejer_control, hedges.correction = TRUE)
d_ejer

d_value_ejer <- d_ejer$estimate
U3_ejer <- pnorm(d_value_ejer) * 100
cat("Efecto d (ejercicios):", round(d_value_ejer,3),
    "-> El estudiante promedio del grupo experimental supera al",
    round(U3_ejer,1), "% del grupo control\n")

# =====
# 7. Graficos
# =====

# --- Pre Control
boxplot(pre_control,
        main = "Distribución del Pretest - Grupo Control",
        ylab = "Puntajes",
        col = "lightblue",
        border = "darkblue")
abline(h = quantile(pre_control, probs = c(0.25, 0.5, 0.75)),
        col = c("orange", "red", "green"), lty = 2)
axis(2, at = seq(min(pre_control), max(pre_control), by = 1))
legend("topright", legend = c("Q1 (25%)", "Mediana (Q2)", "Q3 (75%)"),
        col = c("orange", "red", "green"), lty = 2, bty = "n")

# --- Pre Experimental
boxplot(pre_experimental,
        main = "Distribución del Pretest - Grupo Experimental",
        ylab = "Puntajes",

```

```

    col = "lightgreen",
    border = "darkgreen")
abline(h = quantile(pre_experimental, probs = c(0.25, 0.5, 0.75)),
    col = c("orange", "red", "green"), lty = 2)
axis(2, at = seq(min(pre_experimental), max(pre_experimental), by = 1))
legend("topright", legend = c("Q1 (25%)", "Mediana (Q2)", "Q3 (75%)"),
    col = c("orange", "red", "green"), lty = 2, bty = "n")

# --- Post Control
boxplot(pos_control,
    main = "Distribución del Postest - Grupo Control",
    ylab = "Puntajes",
    col = "lightblue",
    border = "darkblue")
abline(h = quantile(pos_control, probs = c(0.25, 0.5, 0.75)),
    col = c("orange", "red", "green"), lty = 2)
axis(2, at = seq(min(pos_control), max(pos_control), by = 1))
legend("topright", legend = c("Q1 (25%)", "Mediana (Q2)", "Q3 (75%)"),
    col = c("orange", "red", "green"), lty = 2, bty = "n")

# --- Post Experimental
boxplot(pos_experimental,
    main = "Distribución del Postest - Grupo Experimental",
    ylab = "Puntajes",
    col = "lightgreen",
    border = "darkgreen")
abline(h = quantile(pos_experimental, probs = c(0.25, 0.5, 0.75)),
    col = c("orange", "red", "green"), lty = 2)
axis(2, at = seq(min(pos_experimental), max(pos_experimental), by = 1))
legend("topright", legend = c("Q1 (25%)", "Mediana (Q2)", "Q3 (75%)"),
    col = c("orange", "red", "green"), lty = 2, bty = "n")

# --- Ejercicio Control
boxplot(ejer_control,
    main = "Resolución de Problemas - Grupo Control",
    ylab = "Puntajes",
    col = "lightblue",
    border = "darkblue")
abline(h = quantile(ejer_control, probs = c(0.25, 0.5, 0.75)),
    col = c("orange", "red", "green"), lty = 2)
axis(2, at = seq(floor(min(ejer_control)), ceiling(max(ejer_control)), by = 1))
legend("topright", legend = c("Q1 (25%)", "Mediana (Q2)", "Q3 (75%)"),
    col = c("orange", "red", "green"), lty = 2, bty = "n")

# --- Ejercicio Experimental
boxplot(ejer_experimental,
    main = "Resolución de Problemas - Grupo Experimental",
    ylab = "Puntajes",
    col = "lightgreen",

```

```
border = "darkgreen")
abline(h = quantile(ejer_experimental, probs = c(0.25, 0.5, 0.75)),
       col = c("orange", "red", "green"), lty = 2)
axis(2, at = seq(floor(min(ejer_experimental)), ceiling(max(ejer_experimental)), by = 1))
legend("topright", legend = c("Q1 (25%)", "Mediana (Q2)", "Q3 (75%)"),
      col = c("orange", "red", "green"), lty = 2, bty = "n")
```

Anexo 5. Coeficiente Alfa de Cronbach

El coeficiente alfa de Cronbach se calcula mediante la varianza de los ítems a partir de la siguiente ecuación:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum V_i}{V_t} \right]$$

Donde:

α : Alfa de Cronbach

k : Número de ítems (preguntas)

V_i : Varianza de cada ítem

V_t : Varianza total

El cálculo usando el programa Excel se realiza mediante los siguientes pasos:

- Como primer punto, se determinó el valor de k , correspondiente al número total de preguntas del instrumento, en este caso fue de 26.
- Luego, se calculó la varianza de cada pregunta empleando la función **VAR.P**.
- Posteriormente, se obtuvo la suma total de las varianzas mediante la función **SUMA**.
- A continuación, determinamos la varianza total acumulada de todas las preguntas mediante la misma función **VAR.P**.
- Finalmente, se sustituyeron los valores en la fórmula del coeficiente Alfa de Cronbach, permitiendo así calcular el índice de confiabilidad del instrumento.

Para una guía detallada sobre la realización de este cálculo puede consultar el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=dcNJ5ZhVJJM>

Anexo 6. Índice de Hake

El índice de Hake es una medida estadística usada para evaluar el nivel conceptual del aprendizaje en estudiantes, se calcula a partir de resultados obtenidos de un pretest y postest, es decir, de una prueba aplicada antes y después de un método de enseñanza, lo que permite comparar su efectividad. Se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$g = \frac{(postest\% - pretest\%)}{100 - pretest\%}$$

Donde:

pretest%: Porcentaje de aciertos por pregunta en la prueba inicial pretest

postest%: Porcentaje de aciertos por pregunta en la prueba final postest

Los pasos a seguir para obtener este resultado usando la herramienta Excel son los siguientes:

- Primero se obtiene el porcentaje de aciertos de cada pregunta dividiendo el total de aciertos entre el número total de estudiantes y multiplicando por 100%.
- Luego, se realiza la operación en una sola pregunta, restando en postest menos el pretest de esa misma pregunta y dividiendo para 100 menos el pretest.
- A continuación, desplegamos para obtener el coeficiente de todas las preguntas.
- Finalmente, seleccionamos las preguntas con mayor y menor ganancia para el análisis.

Anexo 7. Graficas de promedios correspondiente a la prueba pretest, postes y resolución de problemas

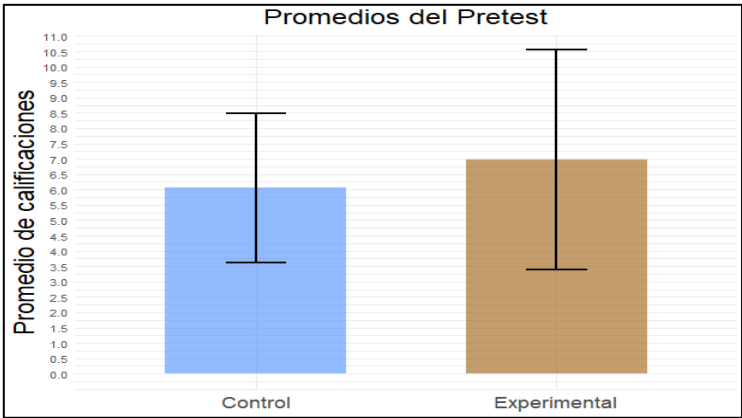


Fig. A1. Promedio del pretest para el grupo de control y experimental

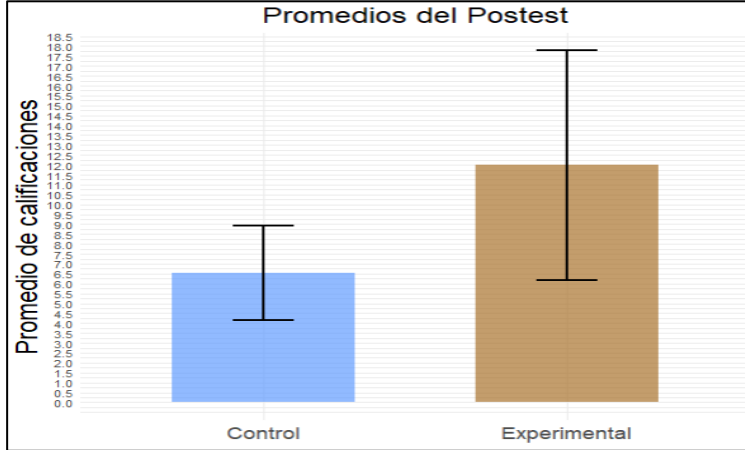


Fig. A2. Promedio del postest para el grupo de control y experimental

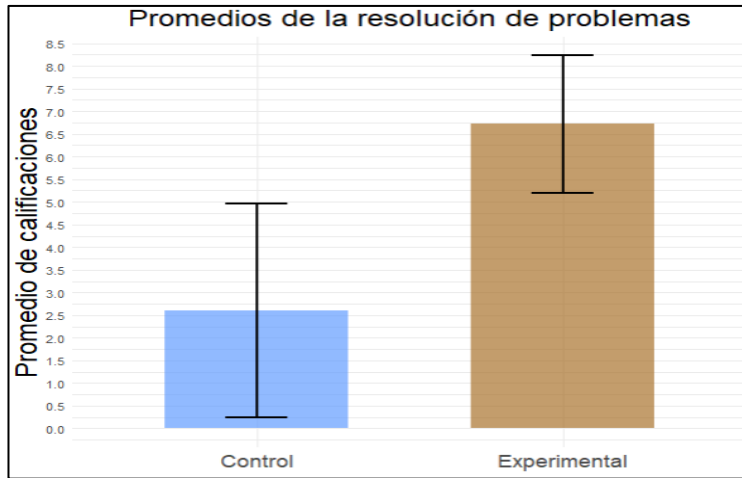


Fig. A3. Promedio de la prueba de resolución de problemas para el grupo de control y experimental

Anexo 8. Graficas de normalidad correspondiente a la prueba pretest, postes y resolución de problemas

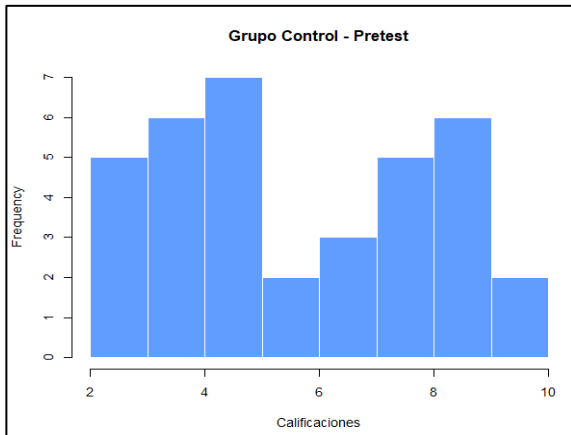


Fig. A4. Grafica de normalidad de la prueba pretest – Grupo de control

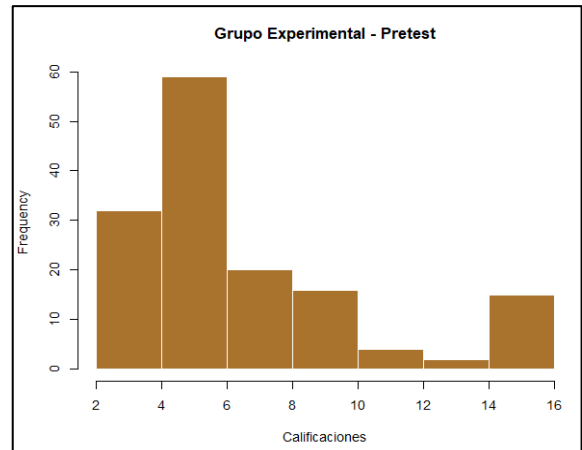


Fig. A5. Grafica de normalidad de la prueba pretest – Grupo experimental

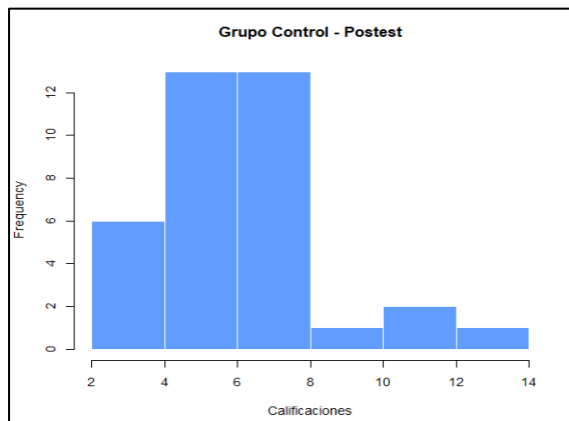


Fig. A6. Grafica de normalidad de la prueba postest – Grupo de control

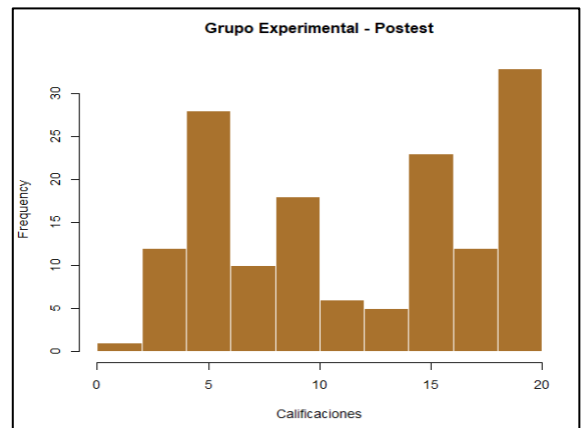


Fig. A7. Grafica de normalidad de la prueba postest – Grupo experimental

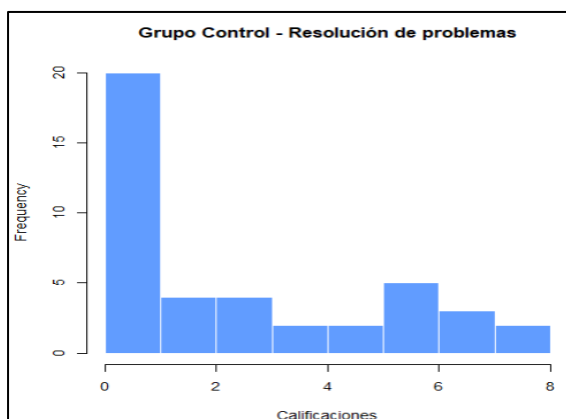


Fig. A8. Grafica de normalidad de la prueba de Resolución de problemas – Grupo experimental

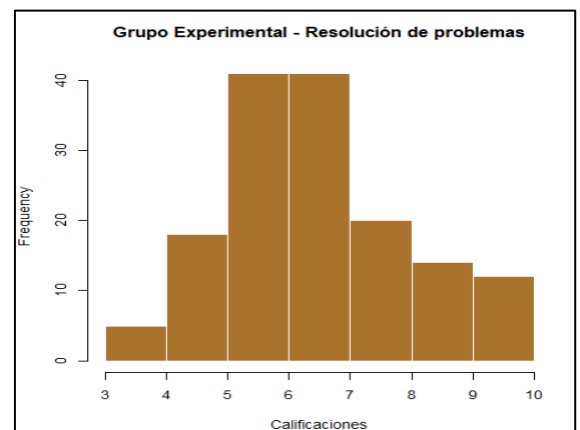


Fig. A9. Grafica de normalidad de la prueba de Resolución de problemas – Grupo experimental

Anexo 9. Graficas de distribución por cuartiles correspondiente a las pruebas pretest, postes y resolución de problemas

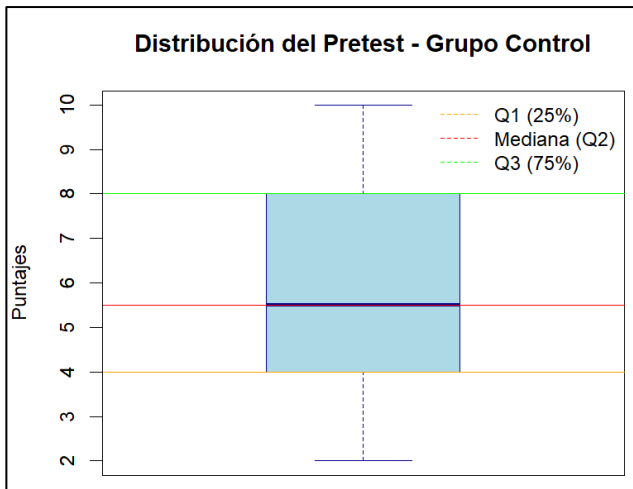


Fig. A10. Distribución del pretest para el grupo de control

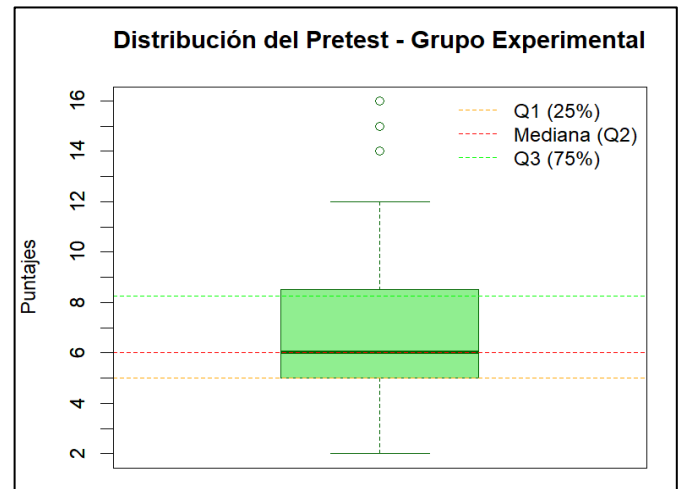


Fig. A11. Distribución del pretest para el grupo experimental

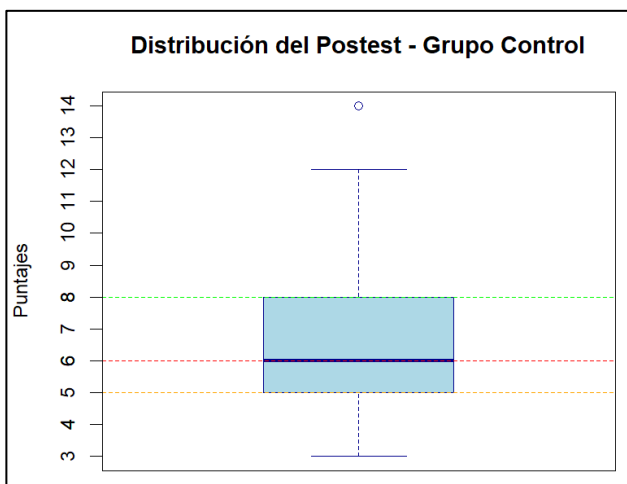


Fig. A12. Distribución del postest para el grupo de control

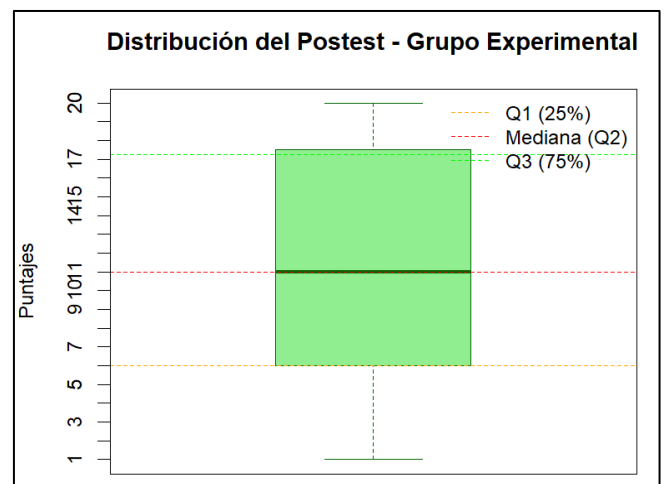


Fig. A13. Distribución del postest para el grupo experimental

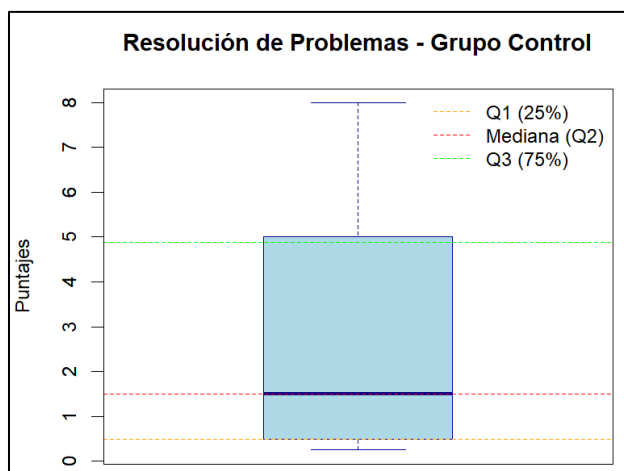


Fig. A14. Distribución de la prueba de resolución de problemas para el grupo de control

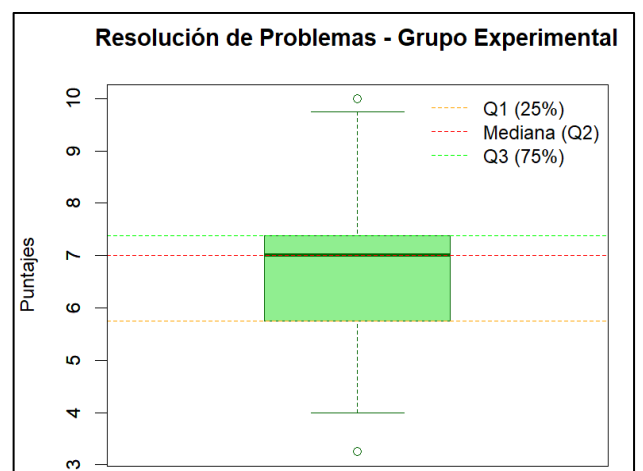


Fig. A15. Distribución de la prueba de resolución de problemas para el grupo experimental