

Universitat de Lleida

Diseño, implementación y evaluación de un Modelo Pedagógico de Indagación Colaborativa de la Física

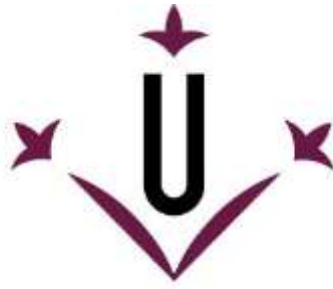
José Valentín Ferreira Bautista

<http://hdl.handle.net/10803/665365>



Diseño, implementación y evaluación de un Modelo Pedagógico de Indagación Colaborativa de la Física està subjecte a una llicència de [Reconeixement-NoComercial-CompartirIgual 4.0 No adaptada de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

(c) 2018, José Valentín Ferreira Bautista



Universitat de Lleida

TESIS DOCTORAL

Diseño, implementación y evaluación de un Modelo Pedagógico de Indagación Colaborativa de la Física

José Valentín Ferreira Bautista

Memoria presentada para optar al grado de Doctor por la Universitat de Lleida
Programa de Doctorado en Educación, Sociedad y Calidad de Vida

Directora
Manoli Pifarré Turmo

Lleida, septiembre de 2018

DEDICATORIA

Gracias a Dios por darme la salud, la fortaleza y la sabiduría necesarias para alcanzar mis metas. A mis padres Joaquim y Fernanda, a mi hermana María Candelaria y a mis hermanos Augusto y Joaquín por la educación y el amor que me han dado. A mi esposa Grecia por apoyarme siempre, tu amor me hace seguir adelante y ser mejor cada día. A todos mis familiares y amigos por permitirme ser parte de sus vidas.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a la Doctora Manoli Pifarré Turmo, por darme la oportunidad de integrarme como uno más del gran equipo ConTIC. Durante este tiempo ha sido para mí un ejemplo de excelente profesional y gracias a su apoyo he podido hacer esta tesis.

A los miembros del grupo COnTIC, por poder participar en las actividades de investigación y conversar con los contactos internacionales del grupo. Estas experiencias me han ayudado a tener una visión más amplia sobre los procesos de la investigación.

A todos mis compañeros de doctorado, en especial a, Laura, Andrea, Anna, Alejandra, Cristina, Noemí y Teresa porque a través de las comidas y eventos compartidos hemos podido intercambiar experiencias que nos han ayudado a mejorar como doctorandos. También, en cada etapa de la realización de la tesis, intercambiando bibliografía o revisando parte de la redacción.

A la Fundación Carolina, por darme la oportunidad de continuar mi carrera profesional en España, a través de su programa de becas de doctorado, en convenio con la Universidad Simón Bolívar y la Universidad de Lleida.

A la Universidad de Lleida por el apoyo económico que me han dado para mi manutención en España, lo que me ha permitido realizar esta tesis. También por las ayudas que he recibido para la realización de diferentes cursos (ICE e inglés) y la participación en congresos de investigación.

A la Universidad Simón Bolívar por darme la oportunidad de desarrollar mi carrera profesional en una de las mejores instituciones de educación superior de Venezuela. También, a todos los que pertenecen a esta universidad por ofrecer una educación de calidad aun en los momentos más difíciles.

Finalmente, a todos mis profesores, por compartir sus experiencias y hacer de nosotros mejores profesionales. En especial a la profesora Maite Andrés, que a pesar de la distancia siempre me ha motivado a seguir adelante.

INDICE

| | |
|--|-----------|
| RESUMEN | XVII |
| RESUM | XVIII |
| ABSTRACT | XIX |
| CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN..... | 21 |
| 1.1. Motivación de la investigación..... | 22 |
| 1.1.1. Enseñanza de las ciencias en el contexto venezolano..... | 22 |
| 1.1.2. Contexto global de la educación en ciencias..... | 23 |
| 1.2. Preguntas de investigación..... | 24 |
| 1.3. Objetivos de la investigación..... | 25 |
| 1.3.1. Objetivo General..... | 26 |
| 1.3.2. Objetivos Específicos..... | 26 |
| 1.4. Estructura de la tesis..... | 27 |
| CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO | 29 |
| 2.1. Introducción..... | 30 |
| 2.2. Teoría sociocultural..... | 31 |
| 2.2.1. Zona de Desarrollo Próximo..... | 33 |
| 2.3. Ayudas pedagógicas..... | 33 |
| 2.3.1. Definición de ayuda pedagógica..... | 34 |
| 2.3.2. Modalidades de ayudas pedagógicas..... | 34 |
| 2.3.3. Tipos de ayudas pedagógicas..... | 35 |
| 2.3.4. Ayudas pedagógicas en la enseñanza de la física..... | 36 |
| 2.4. Aprendizaje colaborativo..... | 51 |
| 2.4.1. Definición de aprendizaje colaborativo..... | 51 |
| 2.4.2. El dialogo en el aprendizaje colaborativo..... | 52 |
| 2.4.3. Aprender a aprender juntos..... | 54 |
| 2.4.4. Estrategias para aprender a aprender juntos..... | 54 |
| 2.4.5. Ayudas pedagógicas y aprendizaje colaborativo de la física..... | 57 |
| 2.5. Teoría de los Campos Conceptuales..... | 67 |
| 2.5.1. Definición de campo conceptual..... | 68 |
| 2.5.2. Componentes de un Campo Conceptual..... | 69 |
| 2.5.3. Concepciones de los estudiantes..... | 74 |

| | |
|--|------------|
| 2.5.4. La teoría de los Campos Conceptuales en la enseñanza- aprendizaje de la física..... | 74 |
| 2.6. Enseñanza-aprendizaje de la Física por indagación..... | 84 |
| 2.6.1. Definición de enseñanza-aprendizaje por indagación..... | 85 |
| 2.6.2. Niveles del proceso de indagación..... | 88 |
| 2.6.3. Fases del proceso de indagación..... | 90 |
| 2.6.4. Habilidades Científicas..... | 94 |
| 2.7. Síntesis del capítulo..... | 111 |
| CAPÍTULO 3. MARCO METODOLÓGICO..... | 113 |
| 3.1. Introducción..... | 114 |
| 3.2. Diseño de la investigación..... | 114 |
| 3.3. Participantes..... | 115 |
| 3.4. Operacionalización de variables..... | 116 |
| 3.4.1. Variable: Percepciones de los estudiantes sobre el aprendizaje de la física..... | 116 |
| 3.4.2. Variable: Comprensión conceptual..... | 117 |
| 3.4.3. Variable: Habilidades científicas..... | 118 |
| 3.4.4. Variable: Aprendizaje colaborativo..... | 119 |
| 3.5. Recolección de datos..... | 120 |
| 3.5.1. Instrumentos y técnicas..... | 120 |
| 3.5.2. Validez y confiabilidad..... | 121 |
| 3.6. Procedimiento..... | 121 |
| 3.6.1. Etapa I. Construcción y Validación de Instrumentos..... | 121 |
| 3.6.2. Etapa II. Aplicación de los instrumentos previos a la implementación del MoPICFi..... | 122 |
| 3.6.3. Etapa III. Diseño del Modelo de Pedagógico de Indagación Colaborativa de la Física..... | 122 |
| 3.6.4. Etapa IV. Aplicación del MoPICFi..... | 122 |
| 3.6.5. Etapa V. Aplicación de los instrumentos posterior a la implementación del MoPICFi..... | 122 |
| 3.6.6. Etapa VI. Análisis de los resultados obtenidos..... | 122 |
| 3.7. Análisis de los resultados..... | 123 |
| 3.7.1. Análisis cuantitativo..... | 123 |

| | |
|---|------------|
| 3.7.2. Análisis cualitativo..... | 124 |
| 3.8. Modelo Pedagógico de Indagación Colaborativa de la Física (MoPICFi)..... | 125 |
| 3.8.1. Definición de modelo pedagógico. | 125 |
| 3.8.2. Componentes del MoPICFi..... | 126 |
| 3.9. Implementación del MoPICFi. | 134 |
| 3.9.1. Actividades realizadas en las sesiones de tutorías. | 140 |
| 3.9.2. Actividades realizadas en las clases teóricas. | 144 |
| CAPITULO 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS | 147 |
| 4.1 Introducción..... | 148 |
| 4.2. Estudio sobre las percepciones de los estudiantes sobre el aprendizaje de la física. | 149 |
| 4.2.1. Introducción. | 149 |
| 4.2.2. Metodología. | 149 |
| 4.2.3. Resultados y discusión. | 150 |
| 4.2.4. Conclusiones. | 167 |
| 4.3. Estudio sobre la comprensión conceptual de la física. | 169 |
| 4.3.1. Introducción. | 169 |
| 4.3.2. Metodología. | 169 |
| 4.3.3. Resultados y discusión. | 171 |
| 4.3.4. Conclusiones. | 196 |
| 4.4. Estudio sobre el desarrollo de habilidades científicas..... | 198 |
| 4.4.1. Introducción. | 198 |
| 4.4.2. Metodología. | 198 |
| 4.4.3. Resultados y discusión. | 200 |
| 4.4.4. Conclusiones. | 211 |
| 4.5. Estudio sobre las estrategias para aprender a aprender juntos y las habilidades científicas utilizadas por los estudiantes durante la resolución de un problema de física. | 213 |
| 4.5.1. Introducción. | 213 |
| 4.5.2. Metodología. | 213 |
| 4.5.3. Resultados y discusión. | 215 |
| 4.5.4. Conclusiones. | 228 |

| | |
|--|------------|
| CAPITULO 5. CONCLUSIONES FINALES..... | 231 |
| 5.1. Conclusiones. | 232 |
| 5.1.1. Revisión de la literatura. | 232 |
| 5.1.2. Diseño del modelo pedagógico. | 233 |
| 5.1.3. Efectividad del MoPICFi. | 234 |
| 5.1.4. Percepciones de los estudiantes sobre el aprendizaje de la física. | 234 |
| 5.1.5. Comprensión conceptual de la física..... | 235 |
| 5.1.6. Desarrollo de habilidades científicas. | 236 |
| 5.1.7. Resolución colaborativa de problemas de física. | 237 |
| 5.2. Contribuciones..... | 238 |
| 5.3. Limitaciones y futuras líneas de investigación..... | 239 |
| REFERENCIAS | 242 |
| ANEXOS | 269 |
| Anexo 1. Cuestionarios para conocer las percepciones de los estudiantes. | 270 |
| Anexo 1.1. Cuestionario para conocer las percepciones de los estudiantes previo a Física I..... | 270 |
| Anexo 1.2. Cuestionario para conocer las percepciones de los estudiantes durante Física I..... | 272 |
| Anexo 2. Prueba de evaluación para conocer el nivel de comprensión conceptual de los estudiantes. | 274 |
| Anexo 3. Prueba de evaluación para conocer el nivel de desarrollo de habilidades científicas..... | 279 |
| Anexo 4. Instrumentos para la evaluación del problema para resolver en equipo. | 281 |
| Anexo 4.1. Problema para resolver en equipo (Pre-test). | 281 |
| Anexo 4.2. Problema para resolver en equipo (Post-test)..... | 283 |
| Anexo 4.3. Criterios para la evaluación de los problemas resueltos en equipo. | 285 |
| Anexo 4.4. Cuestionario sobre la solución del problema en equipo..... | 286 |
| Anexo 5. Campo Conceptual de la asignatura Física I..... | 287 |
| Anexo 6. Descripción de las actividades durante la aplicación del MoPICFi..... | 294 |
| Anexo 6.1. Descripción de las sesiones de tutoría..... | 294 |
| Anexo 6.2. Descripción de las actividades en las clases teóricas. | 298 |
| Anexo 7. Criterios para la evaluación del cuestionario de habilidades científicas. | 300 |
| Anexo 8. Currículum vitae José Valentín Ferreira Bautista..... | 303 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 2.1. Tipos de ayudas pedagógicas en la enseñanza de la física..... | 37 |
| Tabla 2.2. Matriz de contraste entre preguntas de alto y bajo nivel desde el punto de vista de diferentes investigadores. Tomado de Swart (2010). | 41 |
| Tabla 2.3. Clasificación de los artículos relacionados con el aprendizaje colaborativo de la física..... | 58 |
| Tabla 2.4. Clasificación de los artículos basados en la teoría de los campos conceptuales. | 76 |
| Tabla 2.5. Fases del proceso de indagación en la educación..... | 90 |
| Tabla 2.6. Clasificación de los artículos relacionados con las habilidades científicas... | 96 |
| Tabla 2.7. Clasificación de las habilidades científicas según su grado relativo de sofisticación de los procesos intelectuales orientados a la indagación. Tomado de Wenning (2010)..... | 106 |
| Tabla 3.1. Operacionalización de la variable: Percepciones de los estudiantes sobre el aprendizaje de la física. | 116 |
| Tabla 3.2. Operacionalización de la variable: Concepciones de los estudiantes..... | 118 |
| Tabla 3.3. Operacionalización de la variable: Habilidades científicas..... | 118 |
| Tabla 3.4. Operacionalización de la variable: Aprendizaje colaborativo..... | 119 |
| Tabla 3.5. Comportamientos asociados a las estrategias para aprender a aprender juntos. | 131 |
| Tabla 3.6. Tareas asociadas a las fases del proceso de indagación. | 132 |
| Tabla 3.7. Cronograma de Actividades de la implementación del MoPICFi..... | 137 |
| Tabla 4.2.1. ¿Cuál de los siguientes perfiles se relaciona con tu formación académica en física? (pre-test)..... | 151 |
| Tabla 4.2.2. Formación adicional de los estudiantes antes de ingresar a la universidad. | 152 |
| Tabla 4.2.3. Estrategias que deberían estar presentes en una clase de física. | 158 |
| Tabla 4.2.4. Estrategias que deberían estar más presentes en una clase de física I..... | 159 |
| Tabla 4.2.5. Rol que debe desempeñar el estudiante dentro de una clase de física. | 165 |
| Tabla 4.2.6. Relación entre la asignatura de física y la carrera universitaria. | 166 |
| Tabla 4.3.1. Pruebas de normalidad. | 173 |
| Tabla 4.3.2. Prueba de muestras independientes..... | 173 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 4.4.1. Resultados del Kappa de Cohen..... | 200 |
| Tabla 4.4.2. Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov. | 202 |
| Tabla 4.4.3. Ejemplos de respuestas a la pregunta 3, de tres estudiantes del grupo experimental. | 205 |
| Tabla 4.4.4. Ejemplos de respuestas a la pregunta 4, de estudiantes del grupo experimental. | 206 |
| Tabla 4.4.5. Ejemplos de respuestas a la pregunta 5, de estudiantes del grupo experimental. | 207 |
| Tabla 4.4.6. Ejemplos de respuestas a la pregunta 6, de estudiantes del grupo experimental. | 209 |
| Tabla 4.4.7. Respuestas de un estudiante a las preguntas relacionadas con la fase de extraer conclusiones. | 211 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 2.1. Ejemplo de mapa conceptual elaborado por Novak y Gowin (1984)..... | 42 |
| Figura 2.2. V heurística diseñada por Gowin..... | 43 |
| Figura 2.3. Ejemplo de un problema contextualizado a partir de datos experimentales. | 44 |
| Figura 2.4. Mapa conceptual de la Teoría de Campos Conceptuales..... | 68 |
| Figura 2.5. Grado de explicitación de los invariantes operatorios | 73 |
| Figura 2.6. Organización del campo conceptual. | 81 |
| Figura 2.7. Clasificación de las habilidades inherentes a cada fase del proceso de indagación, según el grado de complejidad cognitiva..... | 108 |
| Figura 3.1. Diseño experimental. | 114 |
| Figura 3.2. Etapas de la investigación. | 121 |
| Figura 3.3. Procedimiento usual de análisis cuantitativo de los datos. | 123 |
| Figura 3.4. Proceso simplificado del análisis cualitativo de los datos. | 124 |
| Figura 3.5. Modelo Pedagógico de Indagación Colaborativa de la Física (MoPICFi).127 | |
| Figura 3.6. Ejemplo de una situación dentro de un campo conceptual. | 128 |
| Figura 3.7. Cantidad de ayudas pedagógicas en función del tiempo y de la comprensión conceptual..... | 129 |
| Figura 3.9. Modelo de regla utilizada para medir la distancia de caída libre..... | 144 |
| Figura 3.10. Imagen de la simulación sobre la conservación de la energía mecánica utilizada en clase..... | 146 |
| Figura 4.2.1. Relación entre el perfil académico de los estudiantes en bachillerato y su formación adicional. | 153 |
| Figura 4.2.2. Rendimiento académico de los estudiantes en bachillerato. | 154 |
| Figura 4.2.3. Estrategias utilizadas por los docentes en las clases de física de bachillerato. | 156 |
| Figura 4.2.4. Estrategias utilizadas por los docentes en las clases de física I. | 157 |
| Figura 4.2.5. Horas dedicadas en la semana por los estudiantes a estudiar física..... | 161 |
| Figura 4.2.6. Lugar preferido por los estudiantes para estudiar física. | 162 |
| Figura 4.2.7. Recurso más utilizado por los estudiantes para estudiar física. | 163 |
| Figura 4.2.8. Personas que apoyaron el aprendizaje de los estudiantes durante el bachillerato. | 163 |

| | |
|--|-----|
| Figura 4.2.9. Influencia de las personas de apoyo en el aprendizaje de los estudiantes. | 164 |
| Figura 4.2.10. Palabras que más se repiten en las respuestas del grupo experimental. | 167 |
| Figura 4.2.11. Palabras que más se repiten en las respuestas del grupo control. | 167 |
| Figura 4.3.1. Medias de los resultados obtenidos por los estudiantes en el pre-test y en el post-test. | 172 |
| Figura 4.3.2. Medias de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes en el pre-test y en el post clasificadas por temas. | 175 |
| Figura 4.3.3. Resultados de la pregunta 1. | 177 |
| Figura 4.3.4. Resultados de la pregunta 2. | 178 |
| Figura 4.3.5. Resultados de la pregunta 3. | 179 |
| Figura 4.3.6. Respuestas de la pregunta 4. | 180 |
| Figura 4.3.7. Respuestas de la pregunta 5. | 181 |
| Figura 4.3.8. Respuestas de la pregunta 6. | 182 |
| Figura 4.3.9. Respuestas de la pregunta 7. | 182 |
| Figura 4.3.10. Respuestas de la pregunta 8. | 183 |
| Figura 4.3.11. Respuestas de la pregunta 9. | 185 |
| Figura 4.3.12. Respuestas de la pregunta 10. | 185 |
| Figura 4.3.13. Resultados de la pregunta 11. | 186 |
| Figura 4.3.14. Respuestas de la pregunta 12. | 187 |
| Figura 4.3.15. Respuestas de la pregunta 13. | 188 |
| Figura 4.3.16. Resultados de la pregunta 14. | 188 |
| Figura 4.3.17. Resultados de la pregunta 15. | 189 |
| Figura 4.3.18. Resultados de la pregunta 16. | 190 |
| Figura 4.3.19. Resultados de la pregunta 17. | 191 |
| Figura 4.3.20. Resultados de la pregunta 18. | 192 |
| Figura 4.3.21. Resultados de la pregunta 19. | 193 |
| Figura 4.3.22. Resultados de la pregunta 20. | 193 |
| Figura 4.3.23. Resultados de la pregunta 21. | 194 |
| Figura 4.3.24. Resultados de la pregunta 22. | 194 |
| Figura 4.3.25. Resultados de la pregunta 23. | 195 |
| Figura 4.3.26. Resultados de la pregunta 24. | 196 |

| | |
|--|-----|
| Figura 4.4.1. Comparación entre las medias de los resultados del pre-test y del post-test. | 201 |
| Figura 4.4.2. Nivel de desarrollo de las habilidades científicas en la fase establecer el problema. | 204 |
| Figura 4.4.3. Nivel de desarrollo de las habilidades científicas en la fase de diseño del experimento. | 206 |
| Figura 4.4.4. Nivel de desarrollo de las habilidades científicas en la fase de procesamiento de los datos. | 208 |
| Figura 4.4.7. Nivel de desarrollo de las habilidades científicas en la fase de extraer conclusiones. | 210 |
| Figura 4.5.1. Medias obtenidas por los equipos en la resolución del problema antes y respuestas de la implementación del MoPICFi. | 216 |
| Figura 4.5.2. Resultados de la categoría representación gráfica de acuerdo con el nivel de complejidad cognitiva de las habilidades científicas demostradas por cada equipo. ... | 219 |
| Figura 4.5.3. Resultados de la categoría razonamiento matemático de acuerdo con el nivel de complejidad cognitiva de las habilidades científicas demostradas por cada equipo. | 221 |
| Figura 4.5.4. Resultados de la categoría argumentación de acuerdo con el nivel de complejidad cognitiva de las habilidades científicas demostradas por cada equipo. ... | 222 |
| Figura 4.5.5. Resultados del pre-test y del post-test de acuerdo con el nivel de complejidad cognitiva de las habilidades científicas demostradas por cada equipo. ... | 223 |
| Figura 4.5.6. Resultados de la pregunta 3 del cuestionario sobre la resolución de problemas en grupo. | 225 |
| Figura 4.5.7. Resultados de la pregunta 4 del cuestionario sobre la resolución de problemas en grupo. | 226 |
| Figura 4.5.8. Resultados de la pregunta 5 del cuestionario sobre la resolución de problemas en grupo. | 227 |
| Figura 4.5.9. Resultados de la pregunta 6 del cuestionario sobre la resolución de problemas en grupo. | 228 |

RESUMEN

La presente investigación tiene el propósito de promover en los estudiantes de una asignatura de física a nivel universitario, el desarrollo de habilidades científicas y la comprensión conceptual durante el proceso de indagación mientras trabajan en equipo.

Para tal fin, se tomó como primer referente a la teoría sociocultural de Vygotsky (1978), ya que esta es la base para establecer las ayudas pedagógicas que acompañaran a los estudiantes durante el proceso de aprendizaje colaborativo. Como segundo referente, se seleccionó a la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud (1990), la cual permite estructurar los conceptos contenidos en una asignatura de física, y a partir de estos plantear situaciones que los estudiantes enfrentarán poniendo en práctica sus concepciones, lo que permitirá evaluar su nivel de comprensión conceptual. Finalmente, se determinó como tercer referente a la indagación, ya que siguiendo este proceso los estudiantes pueden desarrollar las habilidades científicas necesarias para resolver problemas.

En cuanto a la metodología, esta investigación se desarrolló siguiendo un diseño cuasi experimental en tres etapas: pre-test, intervención, post-test. La población estuvo constituida por 172 estudiantes inscritos en la asignatura *Física I* de la Universidad Simón Bolívar sede Litoral, provenientes de carreras del área de tecnología industrial. Para la intervención se diseñaron actividades ajustadas a los componentes del Modelo Pedagógico de Indagación Colaborativa de la Física (MoPICFi), los cuales son: el campo conceptual de la asignatura, el proceso de indagación, las ayudas pedagógicas y el aprendizaje colaborativo.

Entre los resultados obtenidos, se puede decir en primer lugar que los estudiantes del grupo experimental tuvieron un mejor desempeño y unas concepciones más cercanas a los conceptos aceptados por la comunidad científica. Además, estos pudieron desarrollar habilidades científicas de mayor nivel de complejidad cognitiva que los estudiantes del grupo control.

En consecuencia, se puede decir que el modelo pedagógico fue efectivo para alcanzar los objetivos propuestos. Por lo tanto, se podría recomendar su aplicación en diferentes contextos geográficos o áreas de conocimiento.

Palabras clave: comprensión conceptual, indagación, habilidades científicas, aprendizaje colaborativo, ayudas pedagógicas.

RESUM

La present investigació té el propòsit de promoure en els estudiants d'una assignatura de física a nivell universitari, el desenvolupament d'habilitats científiques i la comprensió conceptual durant el procés d'indagació mentre treballen en equip.

Per a tal fi, es va prendre com a primer referent a la teoria sociocultural de Vygotsky (1978), ja que aquesta és la base per establir els ajuts pedagògiques que acompanyaran als estudiants durant el procés d'aprenentatge col·laboratiu. Com a segon referent, es va seleccionar a la teoria dels camps conceptuals de Vergnaud (1990), la qual permet estructurar els conceptes continguts en una assignatura de física, i a partir a partir d'aquests plantejar situacions que els estudiants s'enfrontaran posant en pràctica les seves concepcions, el que permetrà avaluar el seu nivell de comprensió conceptual. Finalment, es va determinar com a tercer referent a la indagació, ja que seguint aquest procés els estudiants poden desenvolupar les habilitats científiques necessàries per a resoldre problemes.

Pel que fa a la metodologia, aquesta investigació es va desenvolupar seguint un disseny quasi experimental en tres etapes: pre-test, intervenció, post-test. La població va estar constituïda per 172 estudiants inscrits en l'assignatura Física I de la Universitat Simón Bolívar seu Litoral, provinents de carreres de l'àrea de tecnologia industrial. Per a la intervenció es van dissenyar activitats ajustades als components del Model Pedagògic de Indagació Col·laborativa de la Física (MoPICFi), els quals són: el camp conceptual de l'assignatura, el procés d'indagació, els ajuts pedagògiques i l'aprenentatge col·laboratiu.

Entre els resultats obtinguts, es pot dir en primer lloc que els estudiants del grup experimental van tenir un millor acompliment i unes concepcions més properes als conceptes acceptats per la comunitat científica. A més, aquests van poder desenvolupar habilitats científiques de major nivell de complexitat cognitiva que els estudiants del grup control.

En conseqüència, es pot dir que el model pedagògic va ser efectiu per assolir els objectius proposats. Per tant, es podria recomanar la seva aplicació en diferents contextos geogràfics o àrees de coneixement.

Paraules clau: comprensió conceptual, indagació, habilitats científiques, aprenentatge col·laboratiu, ajudes pedagògiques.

ABSTRACT

The present investigation has the purpose of promoting in the students of a subject of physics at the university level, the development of scientific skills and conceptual understanding during the process of inquiry while working as a team.

For this purpose, Vygotsky's sociocultural theory (1978) was taken as the first reference, since this is the basis for establishing the scaffolds that will accompany students during the collaborative learning process. As a second reference, Vergnaud's theory of conceptual fields was selected (1990), which allows to structure the concepts contained in a physics subject, and from there to pose situations that students will face putting their conceptions into practice, which will allow to assess their level of conceptual understanding. Finally, it was determined as a third reference to the inquiry, since following this process students can develop the necessary scientific skills to solve problems.

Regarding the methodology, this research was developed following a quasi-experimental design in three stages: pre-test, intervention, post-test. The population was constituted by 172 students enrolled in the subject Physics I of the Simón Bolívar University Litoral campus, coming from careers in the area of industrial technology. For the intervention activities were designed adjusted to the components of the Pedagogical Model of Collaborative Inquiry of Physics (MoPICFi), which are: the conceptual field of the subject, the process of inquiry, pedagogical aids and collaborative learning.

Among the results obtained, it can be said in the first place that the students of the experimental group had a better performance and conceptions closer to the concepts accepted by the scientific community. In addition, they were able to develop scientific skills of a higher level of cognitive complexity than students in the control group.

Consequently, it can be said that the pedagogical model was effective to achieve the proposed objectives. Therefore, its application could be recommended in different geographical contexts or areas of knowledge.

Keywords: conceptual understanding, inquiry, scientific skills, collaborative learning, scaffolding.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Motivación de la investigación.

La realización de la presente tesis doctoral es consecuencia de diez años dedicados a la docencia y a la investigación en el área de la didáctica de la física a nivel de bachillerato y de universidad en Venezuela. Durante estos años, las interacciones propias del aula de clase y las discusiones con colegas, me han hecho reflexionar acerca de las formas en que se enseña y se aprende la física.

En este sentido, hemos observado el bajo rendimiento académico y la poca motivación que tienen los estudiantes hacia el aprendizaje de la física. Lo cual pudiera estar causado por la percepción de los estudiantes sobre el nivel de dificultad de esta ciencia, la poca pertinencia de esta asignatura con su vida cotidiana, la situación socioeconómica de las instituciones educativas o las estrategias de enseñanza aplicadas por los docentes en sus clases.

1.1.1. Enseñanza de las ciencias en el contexto venezolano.

En primer lugar, diferentes estudios han reportado que la mayoría de los estudiantes se desmotivan porque tienen la visión que la física es muy difícil. En parte causado por la cantidad de contenido teórico (Méndez, 2015), el nivel de conocimientos matemáticos necesarios para resolver los problemas (González y Paoloni, 2015), o la poca significación de las actividades experimentales (Cordero et al., 2017).

En segundo lugar, en el bachillerato los estudiantes a menudo se preguntan para qué les sirve esta asignatura si no van a estudiar física en sus carreras universitarias. Sin percatarse que el aprendizaje de las ciencias es importante para la sociedad, ya que le permite a la persona reflexionar acerca de los problemas que lo rodean y lo sensibiliza para buscar soluciones sostenibles (UNESCO, 2016).

En tercer lugar, en cuanto a la situación de las instituciones educativas, una de las principales deficiencias encontradas es la poca dotación de recursos didácticos para la realización de actividades experimentales y la implementación de estrategias basadas en las TIC. La cual se debe a que la mayoría de los recursos económicos asignados al sector educativo han sido dirigidos a la masificación del sistema educativo (Alfonzo, 2017).

En cuarto lugar, el déficit de docentes en el área de las ciencias naturales (Pineda citado en Pérez-Sánchez y Castillo-Vallejo, 2017), ha obligado a incorporar a personas de otras áreas de estudio o incluso a docentes aun en formación, las cuales carecen de la formación adecuada para brindar una educación de calidad en esta área (Cordero et al.,

2017). Al respecto, Wenning (2011), expresa que un profesor únicamente puede crear actividades de aprendizaje significativas para los estudiantes, cuando comprende los conceptos esenciales y las formas como se produce el conocimiento científico.

Todo lo anterior pone en evidencia un modelo de enseñanza de la física que debe ser revisado y adaptado, para darle respuesta a los problemas de la sociedad actual. Esto me llevó a considerar la continuación de mi formación como investigador fuera de mi país y así tener una visión más amplia de lo que se realiza actualmente en la enseñanza de las ciencias.

Por tal motivo, contacté a la doctora Manoli Pifarré coordinadora del grupo de investigación Cognición y Contexto y las Tecnologías de Información y Comunicación COntIC en la Universidad de Lleida. Ya que en este grupo se han desarrollado investigaciones sobre diferentes modelos pedagógicos para el aprendizaje de las ciencias a través de las TIC.

De esta forma, comencé esta investigación analizando el contexto global de la enseñanza de las ciencias a partir de la siguiente pregunta: ¿Hacia dónde se enfoca la enseñanza de las ciencias actualmente?

1.1.2. Contexto global de la educación en ciencias.

Hoy en día, en un mundo es cada vez más globalizado, los problemas son cada vez más complejos de resolver. Tal es el caso del cambio climático, cuyo impacto ha hecho que sea incluido por la ONU (2015) como uno de los problemas a resolver para alcanzar el desarrollo sostenible.

Por consiguiente, la enseñanza de las ciencias es fundamental para concienciar a las personas sobre la visión de una sociedad sostenible y los educadores deben ayudar a promover los cambios necesarios para lograrlo. En este sentido, según la UNESCO (2017), la educación debe ayudar a que las personas desarrollen el conocimiento, las habilidades y las actitudes necesarias para alcanzar un desarrollo sostenible.

De este modo, es pertinente pensar en una enseñanza de las ciencias que pase de la transmisión de conocimientos, a una educación que tenga estrecha relación con el contexto en el que se desenvuelven las personas. En este sentido, una educación basada en las habilidades del siglo XXI como la creatividad, la colaboración, el pensamiento crítico y la alfabetización en las TIC (Spector, Elen, Merrill, y Bishop, 2014), podría ayudar al estudiante a ir más allá de la comprensión conceptual y pueda desarrollar habilidades científicas y sociales para la resolución de problemas reales.

Por otra parte, las diferencias entre las personas que pertenecen a la generación de la llamada “Era digital” y sus predecesores, hacen que la transformación de la enseñanza de las ciencias sea casi una obligación. Por tal razón, es necesario incorporar nuevas estrategias, en las que el estudiante asuma un rol más activo dentro de su misma formación y en donde se aprovechen las herramientas tecnológicas disponibles para mejorar la enseñanza de las ciencias.

1.2. Preguntas de investigación.

Considerando todo lo anterior, en la presente investigación se propone crear un modelo pedagógico que les permita a los docentes de física, aplicar un grupo de estrategias didácticas organizadas de tal forma de que sean fáciles de aplicar para ellos, pero al mismo tiempo, sus estudiantes puedan aprender diferentes habilidades y estrategias para enfrentarse a las situaciones de la vida cotidiana del siglo 21.

De esta forma surgió la principal pregunta de esta investigación ¿Cuál será la efectividad de un modelo pedagógico que promueva el aprendizaje de la física a través del desarrollo de habilidades científicas y de aprendizaje colaborativo? La cual se intentará responder a partir del análisis de cuatro aspectos que consideramos fundamentales para el éxito de este modelo pedagógico.

En primer lugar, es importante que los estudiantes tengan una actitud positiva acerca del aprendizaje de la física. Por lo tanto, es pertinente preguntarse ¿El diseño y la implementación de un modelo pedagógico que promueva la indagación colaborativa mejorará la percepción de los estudiantes sobre el aprendizaje de la física?

En segundo lugar, es necesario que los estudiantes mejoren su rendimiento en las asignaturas de física a través de la comprensión conceptual de los modelos físicos. En este sentido, parte de la investigación estará dirigida a responder las siguientes preguntas:

- ¿El diseño y la implementación de un modelo pedagógico que promueva la indagación colaborativa de la física mejorará cuantitativamente el nivel de comprensión conceptual de los estudiantes en los temas de cinemática, dinámica y trabajo y energía?
- ¿El diseño y la implementación de un modelo pedagógico que promueva la indagación colaborativa de la física mejorará cualitativamente la comprensión conceptual de los estudiantes en los temas de cinemática, dinámica y trabajo y energía?

En tercer lugar, en este modelo pedagógico se propone el desarrollo de habilidades científicas, porque se considera que los estudiantes pueden alcanzar la comprensión conceptual si pueden comprobar simultáneamente sus aplicaciones reales. De esta forma, en la presente investigación se plantean las siguientes preguntas:

- ¿El diseño y la implementación de un modelo pedagógico que promueva la indagación colaborativa de la física mejorará cuantitativamente el nivel de las habilidades científicas desarrolladas por los estudiantes?
- ¿El diseño y la implementación de un modelo pedagógico que promueva la indagación colaborativa de la física mejorará cualitativamente el desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes en cada fase del proceso de indagación?

Por último, como se ha mencionado antes, en el modelo pedagógico se propone hacer que los estudiantes puedan resolver problemas de forma colaborativa. Al respecto, se plantean las siguientes preguntas:

- ¿El diseño y la implementación de un modelo pedagógico que promueva la indagación colaborativa de la física mejorará cuantitativamente el rendimiento de los estudiantes en la resolución de problemas en equipo?
- ¿El diseño y la implementación de un modelo pedagógico que promueva la indagación colaborativa de la física a través de la aplicación de estrategias para aprender a aprender con otras personas mejorará el uso de las habilidades científicas durante la resolución de problemas en equipo?
- ¿El diseño y la implementación de un modelo pedagógico que promueva la indagación colaborativa de la física modificará la percepción que tienen los estudiantes sobre las estrategias de aprender a aprender con otras personas?

1.3. Objetivos de la investigación.

Para responder estas interrogantes, en la presente investigación se propone el diseño, la implementación y la evaluación de un Modelo Pedagógico de Indagación Colaborativa de la Física (MoPICFi), con el propósito de promover en los estudiantes de una asignatura de física a nivel universitario, el desarrollo de habilidades científicas durante el proceso de indagación mientras trabajan en equipo. Por tal motivo, a continuación, se presentan los objetivos que guiarán esta investigación.

1.3.1. Objetivo General.

Diseñar, implementar y evaluar un Modelo Pedagógico de Indagación Colaborativa de la Física –MoPICFi- para la comprensión conceptual de modelos físicos en estudiantes universitarios, a través del desarrollo de habilidades científicas y de aprendizaje colaborativo.

1.3.2. Objetivos Específicos.

1. Diseñar e implementar un Modelo Pedagógico de Indagación Colaborativa de la Física – MoPICFi- en el contexto de la asignatura de Física I de las carreras de Tecnología Industrial de la Universidad Simón Bolívar.
2. Caracterizar y comparar, antes y después de la implementación del MoPICFi, las percepciones de los estudiantes sobre el aprendizaje de la física.
3. Evaluar cuantitativamente el nivel de comprensión conceptual de los estudiantes sobre los conceptos relacionados con los temas de cinemática, dinámica y trabajo y energía, antes y después de la implementación del MoPICFi.
4. Caracterizar y comparar, antes y después de la implementación del MoPICFi, la comprensión conceptual de los estudiantes frente a situaciones-problema relacionadas con los temas de cinemática, dinámica y trabajo y energía.
5. Evaluar cuantitativamente el nivel de las habilidades científicas desarrolladas por los estudiantes, antes y después de la implementación del MoPICFi.
6. Caracterizar y comparar, antes y después de la implementación del MoPICFi, las habilidades científicas desarrolladas por los estudiantes en cada fase del proceso de indagación.
7. Caracterizar y comparar, antes y después de la implementación del MoPICFi en las tres variables dependientes siguientes: a) rendimiento; b) habilidades científicas y c) estrategias para aprender a aprender con otras personas, utilizadas por los estudiantes en la resolución de problemas de física en equipo.

1.4. Estructura de la tesis.

Para relatar de forma clara el desarrollo de la investigación, la presente tesis se estructuró en 5 capítulos, los cuales se describen a continuación. En el presente capítulo se hace un diagnóstico del contexto en el que se desarrolla la investigación, se plantean las preguntas y los objetivos de la investigación.

En el capítulo 2, se presenta una revisión de la literatura realizada para conocer las diferentes investigaciones que se han llevado a cabo desde el 2011, relacionadas con la enseñanza de la física a nivel universitario. Asimismo, se establecen las bases teóricas de la investigación, las cuales van desde la teoría sociocultural, la indagación científica y la teoría de los campos conceptuales.

En el capítulo 3, se expone el marco metodológico, en el cual se encontrará como es el diseño de la investigación, la operacionalización de las variables y los procedimientos seguidos durante la investigación. Además, se explica cómo está diseñado el MoPICFi y las actividades realizadas durante su implementación.

En el capítulo 4, se muestran los resultados y se realiza el análisis de los instrumentos de recolección de los datos. Al respecto, para facilitar el análisis, el capítulo está organizado por estudios, los cuales se corresponden con las percepciones de los estudiantes, el nivel de comprensión conceptual, el nivel de desarrollo de habilidades científicas y la resolución colaborativa de problemas de física.

Finalmente, en el capítulo 5 se presentan las conclusiones extraídas a partir del análisis de los resultados en contraste con el marco teórico de referencia. También, se presentan algunas contribuciones derivadas del proceso de indagación y se mencionan algunas limitaciones, con el propósito de realizar futuras investigaciones.

CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Introducción.

En este capítulo se expondrán los principales referentes teóricos que sustentan esta investigación, originados de la pregunta *¿Bajo qué referentes teóricos se puede promover en los estudiantes la comprensión conceptual y el desarrollo de habilidades, que les permitan resolver problemas junto con sus compañeros de clase?*

El primero de estos referentes es la teoría sociocultural de Vygotsky (1978), porque es la que más se ajusta al diseño de un modelo pedagógico en el que uno de sus propósitos sea el desarrollo de estrategias de aprendizaje colaborativo. Al respecto, Mercer y Howe (2012), expresan que en este enfoque, el conocimiento va más allá de una posesión individual, éste es una propiedad compartida de una comunidad que usan las "herramientas culturales" (como el lenguaje hablado o escrito), las relaciones y las instituciones para ese propósito.

De este primer referente, se derivan dos aspectos fundamentales para la construcción del modelo pedagógico, que son las ayudas pedagógicas y el aprendizaje colaborativo. Puesto que, ambas parten del principio que el aprendizaje se da a través de la interacción, en el primer caso a través de objetos y en el segundo dialogando con otras personas.

El segundo referente es la Teoría de los Campos Conceptuales (TCC) de Vergnaud (1990), porque según su autor, a través de esta teoría los estudiantes “pueden adquirir competencias complejas, sobre todo científicas y técnicas”. Además, permite al docente contrastar las concepciones de los estudiantes con los conceptos aceptados por la comunidad científica, y así diseñar e implementar ayudas pedagógicas más pertinentes.

Por último, se determinó que la indagación sería otro de los referentes porque es la que representa los procesos que siguen los científicos para generar conocimientos. Al respecto, Furman y García (2014), expresan que la indagación es un modelo didáctico que genera situaciones de enseñanza que sitúan al estudiante en un contexto que le permite adquirir hábitos de pensamiento relacionados con las formas que tiene la ciencia de producir conocimiento.

Este proceso de indagación se desarrolla cuando la persona va cumpliendo unas fases determinadas por las tareas propias de las ciencias. En el caso de la presente investigación, estas fases estarán relacionadas con las tareas necesarias para indagar acerca de un modelo físico, por lo que los estudiantes deberán poner en práctica diferentes habilidades para culminar con éxito este proceso.

2.2. Teoría sociocultural.

Dentro de cualquier área de conocimiento, pueden existir diferentes puntos de vista acerca de determinados temas, ya que las personas pueden observar elementos o relaciones que los demás no consideran. Sin embargo, puede existir cierto consenso alrededor de una teoría específica, lo cual se da la mayoría de las veces a partir de evidencias empíricas que demuestran su validez, sentando las bases para continuar su estudio a profundidad o para aplicarla en diferentes disciplinas, creando lo que Kuhn (2011) denomina *paradigma*.

Una muestra de un paradigma, es la teoría sociocultural desarrollada por Vygotsky (1978), la cual propone que el desarrollo de la persona está vinculado a la interacción entre éste y el entorno en que se desenvuelve, incluyendo su cultura y su historia. Al respecto, Mercer y Howe (2012), expresan que las formas de interacción social situadas culturalmente pueden influir en los logros y fracasos intelectuales de los niños y no únicamente de sus propios esfuerzos o descubrimientos.

Lo anterior hace pensar que la mediación juega un papel relevante en el desarrollo de la persona, algo que en los últimos años han aprovechado los investigadores en educación, sobre todo a la luz de su aplicación en la enseñanza de las ciencias, ya que a partir de esta mediación se pudiera ayudar a las personas a resolver problemas. Esto coincide con las ideas de Rojas-Drummond, Torreblanca, Pedraza, Vélez, y Guzmán (2013), que expresan que en el ámbito educativo, el aprendizaje y el desarrollo se logran en parte a través de las interacciones entre maestros y estudiantes, específicamente, mediante el diálogo.

Por su parte, Wertsch (1988), señala que cuando esta mediación, se da a través del uso de instrumentos y signos, ayuda a desarrollar en los estudiantes procesos mentales de orden superior. Esta afirmación parte del hecho que Vygotsky proponía la existencia de dos niveles de procesos psicológicos, por un lado, las funciones psicológicas elementales, las cuales están dadas por el *desarrollo natural* de la persona y son las primeras en evidenciarse en esta; por otro lado, están las funciones psicológicas superiores relacionadas con el *desarrollo social*, las cuales se alcanzan a través de la mediación de diferentes instrumentos y signos.

Profundizando en las diferencias entre las funciones psicológicas elementales y las superiores, Wertsch (1988), hace mención sobre cuatro criterios establecidos por Vygotsky, los cuales son:

1. En las funciones elementales el entorno es el que tiene el control sobre el comportamiento del individuo, en cambio, en las funciones superiores el individuo voluntariamente controla sus acciones. Aquí se destaca el término control, que en este caso se refiere al elemento dominante durante la interacción de la persona con el entorno. En el caso de las funciones elementales, el ambiente genera el estímulo y el individuo actúa en consecuencia; en las superiores el individuo puede generar sus propios estímulos, los cuales regirán su comportamiento.
2. En las funciones superiores el individuo realiza de forma consciente los procesos psicológicos. Este segundo criterio, está caracterizado por el nivel de conciencia en la respuesta del individuo a los estímulos externos; así pues, en un nivel elemental el individuo responde casi de manera automática a los estímulos externos, al contrario del nivel superior en el que éste responde luego de un proceso de reflexión.
3. Las funciones superiores tienen un origen y una naturaleza social. Esto se refiere a la fuerte influencia de la sociedad en los procesos que ocurren en el individuo y que determinan su conducta. Al respecto, Wertsch (1988), expresa que Vygotsky "...estaba interesado particularmente en cómo la interacción social en pequeños grupos o en diádas conduce a un funcionamiento psicológico superior del individuo."
4. La utilización de signos como mediadores de las funciones superiores". En este caso la mediación se entiende como la intervención de elementos internos del individuo que le permiten tener dominio consciente de las respuestas que puede dar a los estímulos externos.

De estos criterios se destacan cuatro elementos, como son, el control voluntario, la conciencia, la influencia de la sociedad y la mediación. Elementos que deben ser considerados para el diseño de un proceso instruccional que permita al individuo alcanzar las funciones psicológicas superiores y por consiguiente capaz de resolver problemas de mayor complejidad.

2.2.1. Zona de Desarrollo Próximo.

Con respecto a la capacidad que tiene una persona para resolver un problema, Vygotsky postula la existencia de una Zona de Desarrollo Próximo (ZDP), la cual es:

“la distancia entre el nivel de desarrollo real del individuo, determinado por su independencia en la resolución de problemas y el nivel de desarrollo potencial determinado por aquellos problemas que éste solo pudiera resolver bajo la guía de un adulto o en colaboración con pares más capaces” (Vygotsky, 1978, p. 86).

En el caso del aprendizaje de *conceptos científicos* en esta ZDP, Vygotsky (1997) expresaba que estos se reestructuran y elevan los *conceptos espontáneos* de los estudiantes a un nivel superior. Es de hacer notar que el término *conceptos espontáneos*, era utilizado por Vygotsky para referirse a los conceptos asociados a la vida cotidiana del individuo y que han sido adquiridos por la experiencia.

De modo que la determinación de esta ZDP, permite a los educadores establecer no solo el nivel de desarrollo que poseen los estudiantes en un momento determinado, también les permite proyectar la complejidad de los conceptos que puede aprender el estudiante con la ayuda del profesor, un par experto o incluso de las TIC. De ahí que los investigadores que estudian el aprendizaje de las ciencias desde esta teoría, se enfocan en analizar las interacciones que se dan allí y cómo estas influyen en la comprensión de conceptos científicos.

2.3. Ayudas pedagógicas.

Tradicionalmente, los docentes se apoyan en diferentes recursos para transmitir los conocimientos que serán adquiridos por los estudiantes, de modo que estos recursos se convierten en medios instruccionales en la medida que les permiten a los docentes utilizarlos como “ayudas” sobre los aspectos fundamentales del contenido de la asignatura. Sin embargo, desde la teoría sociocultural, todas estas ayudas forman parte de una estructura de guía mediada por el docente y que le permite al estudiante alcanzar un nivel superior en sus procesos cognitivos.

2.3.1. Definición de ayuda pedagógica.

Las *ayudas pedagógicas* vienen de la metáfora de la palabra *Scaffolding* la cual fue utilizada por primera vez por Wood, Bruner, y Ross (1976), que la definieron como “el proceso que permite al niño o al novato resolver un problema, llevar a cabo una tarea, o alcanzar una meta, que estaría muy lejos de su esfuerzo sin asistencia”. Esta analogía se toma en función de la manera en que se dan estas ayudas, ya que se diseña toda una estructura de ayudas que acompañará al estudiante desde el comienzo de la intervención, “desapareciendo” gradualmente durante el proceso de aprendizaje hasta desaparecer en el momento en que el estudiante sea capaz de realizar la tarea deseada por sí solo.

Al respecto, Harlen (2013), expresa que el "Andamiaje" (traducción literal de scaffolding) es un término muy conveniente para referirse a la manera como se ayuda a los estudiantes a dar el siguiente paso en la comprensión de los conceptos, la cual está muy presente al comienzo del proceso de aprendizaje cuando se incorporan nuevos conceptos, que en el caso de la enseñanza de las ciencias podría ser resolver una situación-problema de manera autónoma. En este sentido, para Amerian y Mehri (2014), las ayudas pedagógicas desde la teoría sociocultural deben ocurrir durante la interacción estudiante-estudiante o estudiante-profesor a través de instrumentos o símbolos de forma directa o indirecta, lo que en un sentido más amplio se conoce como diálogo.

2.3.2. Modalidades de ayudas pedagógicas.

Profundizando en la forma en que las ayudas pedagógicas se dan dentro del aula, se puede decir que estas dependen principalmente de las personas que intervienen y de los recursos disponibles. Al respecto Belland (2014), ha identificado tres modalidades en que esto ocurre:

- Ayudas uno a uno (One-to-one scaffolding): es considerada la modalidad más común, ya que son las ayudas que proporciona el docente a cada estudiante y por lo general se adapta muy bien a sus necesidades individuales, por lo tanto, el éxito de esta modalidad depende de la capacidad del docente para diagnosticar continuamente las habilidades del estudiante (Belland, 2014).

- Ayudas entre pares (Peer scaffolding): son las ayudas que se dan entre los compañeros de clase, por lo general en parejas o en pequeños grupos y el rol del docente es el de propiciar la construcción de estructuras que promuevan la participación y el dialogo continuo entre los participantes (Belland, 2014), ya que

cuando los estudiantes poseen el mismo nivel de conocimientos acerca de algún tema, se les dificulta expresar lo que saben a sus compañeros (King,1998, Mercer, Dawes, Wegerif, y Sams, 2004, citados en Belland, 2014).

- Ayudas basadas en la computadora/papel (Computer/paper-based scaffolding): son las ayudas que se dan a través de las computadoras o cualquier otro material que sirva como soporte a las interacciones que ocurren dentro o fuera del aula (Belland, 2014). Dentro del aula puede promover las discusiones durante la resolución de problemas (Belland, Walker, Olsen, y Leary, 2015), o para facilitar la adquisición de habilidades durante el desarrollo de una actividad experimental, y fuera del aula es común que sea utilizada para transmitir información a través de tutoriales.

Es de hacer notar que también se pueden dar combinaciones entre estas modalidades según las necesidades de la audiencia o los recursos disponibles. Por ejemplo, cuando se realiza una actividad basada en el uso de la computadora dentro del aula (computer-based scaffolding), el docente debe simultáneamente “pasearse” por el aula para dar ayuda (One-to-one scaffolding) a los estudiantes que lo necesiten (Belland, 2014).

2.3.3. Tipos de ayudas pedagógicas.

Así como hay diferentes modalidades de ayudas pedagógicas, también se han propuesto diferentes tipos de ayudas pedagógicas, tales como: *Conceptuales*, *Metacognitivas*, *Procedimentales*, *Estratégicas* (Hannafin, Land, y Oliver, 1999) y *Técnicas* (Kao, Lehman, y Cennamo, 1996).

- Ayudas Conceptuales (Conceptual scaffolding): permiten a los estudiantes comprender un problema complejo o a aclarar concepciones erróneas a través del uso de mapas, diagramas o consejos directos del docente o de un compañero (Yu, Tsai, y Wu, 2013). Además, están diseñadas para apoyar a los estudiantes en el establecimiento de las bases conceptuales subyacentes en los problemas, con el propósito de construir argumentos, seguimiento y evaluación durante el proceso de resolución (Yampinij y Chaijaroen, 2010).
- Ayudas Metacognitivas (Metacognitive scaffolding): dirigidas a los procesos internos de los estudiantes para promover la reflexión y evaluación de su estado de comprensión conceptual, además de proporcionales apoyo en la supervisión de sus procesos de resolución de problemas (Kim y Hannafin, 2011). El docente puede

implementar esta ayuda a través de actividades que fomenten la discusión y el análisis de los argumentos de los estudiantes en grupos pequeños o el aula completa.

- Ayudas Procedimentales (Procedural scaffolding): ayudas proporcionadas a los estudiantes para que aprovechen las herramientas y los recursos disponibles, con la finalidad de encontrar los procedimientos más adecuados para resolver un problema (Yu et al., 2013). De manera que, en la medida que aprendan diferentes procedimientos, los estudiantes serán capaces de crear los propios y así poder superar los nuevos problemas de forma efectiva (Yampinij y Chaijaroen, 2010).
- Ayudas Estratégicas (Strategic scaffolding): se enfoca en desarrollar habilidades de planificación para resolver problemas de forma eficaz, tales como: el pensamiento crítico, la planificación estratégica, la toma de decisiones, la construcción de argumentos y la evaluación de todo el proceso (Yampinij y Chaijaroen, 2010). Asimismo, estas ayudas inducen a los estudiantes a valorar otras formas de resolver problemas tomando en cuenta los argumentos de los compañeros o las sugerencias del docente.
- Ayudas Técnicas (Technical scaffolding): originalmente eran ayudas proporcionadas a través del uso de una computadora (Kao, Lehman, y Cennamo, 1996). Sin embargo, actualmente pueden implementarse utilizando diferentes dispositivos electrónicos como las tabletas (Ibáñez, Di-Serio, Villaran-Molina, y Delgado-Kloos, 2015) o los teléfonos inteligentes (Bower, Howe, McCredie, Robinson, y Grover, 2014).

Cabe destacar que al igual que las modalidades, los diferentes tipos de ayuda se pueden combinar, sobre todo cuando la implementación se realiza en un ambiente que requiere de una intervención profunda, es decir, en los que se quiere obtener una cierta cantidad de resultados en un periodo de tiempo corto.

2.3.4. Ayudas pedagógicas en la enseñanza de la física.

Desde la enseñanza de la física, las ayudas pedagógicas pueden promover procesos reflexivos que permitan al estudiante alcanzar la comprensión de los modelos físicos subyacentes en los problemas a los que se enfrenta. Por lo tanto, para desarrollar un modelo pedagógico para el aprendizaje de la física bajo la teoría sociocultural, las ayudas

deben diseñarse tomando en cuenta factores como: el nivel de aprendizaje de la audiencia, los modelos físicos involucrados, los recursos disponibles, el tipo y la duración de las actividades.

Tomar en cuenta el nivel de aprendizaje de la audiencia es fundamental para determinar el nivel de dificultad sobre todo matemático, relacionado con el modelo físico involucrado en la intervención. Por lo tanto, es importante hacer un buen diagnóstico de la audiencia, el cual debe estar dirigido a determinar el nivel de desarrollo conceptual que posee cada estudiante que conforma el grupo de estudio, es decir, explorar los argumentos que expresa sobre los conceptos relacionados con el modelo físico. Posteriormente, el tiempo y los recursos disponibles servirán para delimitar la intervención y establecer la cantidad y la variedad de las ayudas pedagógicas.

Partiendo de los aspectos mencionados en el párrafo anterior, en la Tabla 2.1, se propone una clasificación de los tipos de ayudas pedagógicas a partir de las estrategias más utilizadas por los docentes en las clases de física en los últimos años (2010-2017). En primer lugar, se tiene la resolución de problemas, la cual se presenta por lo general en las clases teóricas y tiene como propósito principal que los estudiantes desarrollen habilidades operativas al mismo tiempo que aprenden a analizar los casos particulares dentro de un modelo físico (Bächtold, 2013).

En segundo lugar, se tienen las estrategias basadas en la Tecnologías de Información y comunicación (TIC), cuya finalidad es la transmisión del conocimiento por medios diferentes al tradicional, buscando al mismo tiempo generar el impacto suficiente para que el estudiante alcance un aprendizaje significativo (Moo, Quiñonez, y Méndez, 2017). Una tercera estrategia tiene que ver con las actividades experimentales, las cuales pueden ser utilizadas por el docente para dar a conocer un fenómeno físico a la vez que explora las concepciones que poseen los estudiantes (Handhika, Cari, Sunarno, Suparmi, y Kurniadi, 2018).

Tabla 2.1. Tipos de ayudas pedagógicas en la enseñanza de la física.

| Estrategia | Tipo de ayuda | Conceptual | Metacognitiva | Procedimental | Estratégica | Técnica |
|--------------------------------|------------------------------|------------|---------------|---------------|-------------|---------|
| Resolución de problemas | -Preguntas. | | x | | | |
| | -Problemas ejemplo/análogos. | x | x | x | x | |
| | -Mapas conceptuales. | x | | | | |
| | -Diagramas. | x | | x | x | |
| | -Imágenes. | x | x | x | x | |
| | -Gráficos. | x | | x | | |
| | -Datos experimentales. | | | x | x | |

| Estrategia | Tipo de ayuda | Conceptual | Metacognitiva | Procedimental | Estratégica | Técnica |
|--|---------------------------------|------------|---------------|---------------|-------------|---------|
| Tecnologías de Información y Comunicación | -Video educativo. | x | x | x | x | x |
| | -Presentación con diapositivas. | x | x | x | x | x |
| | -Software educativo. | x | x | x | x | x |
| Actividades experimentales | -Demostraciones experimentales. | x | x | | | |
| | -Hojas de trabajo. | x | | x | x | |
| | -Experimentos de aula. | x | | x | x | |
| | -Experimentos de laboratorio. | x | | x | x | |

2.3.4.1. La resolución de problemas.

Partiendo de lo cotidiano, se puede decir que una situación se convierte en un problema cuando el individuo al que se le presenta no encuentra una solución inmediata que le permita superarla con éxito (Krulik y Rudnik, 1980, citados en Becerra-Labra, Gras-Martí, y Martínez-Torregosa, 2012). Esto hace que su resolución dependa de la suma de diferentes factores, tales como los conocimientos, las habilidades y las actitudes que tenga la persona al momento de enfrentar la nueva situación.

En este sentido, en la enseñanza tradicional de la física, los docentes utilizan la resolución de problemas para comprobar las habilidades operacionales de los estudiantes, es decir, para evaluar el manejo de las ecuaciones y los cálculos relacionados con un determinado modelo físico (Gil et al., 1999). De acuerdo con esto, el docente por lo general resuelve en la pizarra un “problema” para que los estudiantes puedan observar cual es el procedimiento para su resolución y así poder realizar otros similares por su cuenta (Gómez, Solaz-Portolés, y Sanjosé, 2013); uno de los principales inconvenientes de este procedimiento es la limitada capacidad para exponer todos los casos posibles derivados de un modelo teórico con la resolución de unos pocos problemas.

Por el contrario, bajo la teoría sociocultural, los problemas son situaciones más relacionadas con un contexto real y cuya solución pasa por el seguimiento del proceso de indagación (Zeidler, 2016). En este sentido, para Kim y Hannafin (2011), la resolución de problemas dentro de la indagación se define como actividades deliberadas en las que los estudiantes plantean, investigan y resuelven problemas científicos significativos, a través de cinco fases, las cuales son: identificación de problemas, exploración, reconstrucción, presentación, comunicación, reflexión y negociación.

Por consiguiente, se puede decir que, para solucionar un problema científico, los estudiantes deben desarrollar las habilidades asociadas al proceso de indagación

(Becerra-Labra et al., 2012), el cual puede ser promovido por los docentes a través de ayudas como las que se describen a continuación.

a) Las preguntas.

Para Furman y García (2014), las preguntas son el punto de partida en la búsqueda de respuestas para comprender el mundo natural; por lo tanto son una parte fundamental en la ciencia, ya que son el origen de cualquier problema científico. De ahí que sea ampliamente utilizada por los docentes para conocer las concepciones que posee el estudiante acerca de un modelo físico (Lin y Singh, 2015), o para promover dentro del grupo discusiones acerca de la solución de un problema (Blasco-Arcas, Buil, Hernández-Ortega, y Sese, 2013).

Ahora bien, como las preguntas están relacionadas con los procesos cognitivos que se activan como parte importante del proceso de resolución de problemas, los docentes deben conocer el tipo de pregunta a realizar. Al respecto, Plencovich, Paruelo, y van Esso (2015), las clasificaron de esta forma:

- Preguntas retóricas: son preguntas que utiliza el docente durante su discurso, por lo general en las clases magistrales para destacar su punto de vista acerca de algún tema, por lo que no pretenden una respuesta por parte de la audiencia (Plencovich et al., 2015). Adicionalmente, pueden ser utilizadas por el docente para generar en el estudiante la reflexión sobre algún fenómeno o modelo físico, lo que lo ayudará a identificar los conceptos relevantes para enfrentar los problemas que se le presentarán posteriormente. Por otra parte, Suviniitty (2010), expresan que hay dos tipos de preguntas retóricas durante una clase, las de enfoque y las de organización, las de enfoque guían a los estudiantes a centrar su atención en un tema específico, mientras que, las de organización ayudan a los estudiantes a pasar de un tema a otro.
- Preguntas pedagógicas: estas preguntas se relacionan directamente con las interacciones dialógicas que se dan en el aula, ya que al contrario de las preguntas retóricas, se espera alguna respuesta (Plencovich et al., 2015). Más aun, estas permiten al docente generar discusiones en el aula completa o dentro de pequeños equipos de trabajo, para iniciar, profundizar o extraer conclusiones acerca de algún tema. Al respecto, Plencovich et al. (2015), expresan que las preguntas pedagógicas se pueden agrupar según su propósito como:

- *Preguntas de motivación*: promueven la participación de los estudiantes, especialmente al inicio de las actividades.
 - *Preguntas de desarrollo*: se utilizan durante las discusiones para profundizar en el análisis de los conceptos, para reflexionar acerca de los propios argumentos o de los compañeros.
 - *Preguntas de cierre*: están dirigidas a guiar la discusión para buscar la síntesis de las discusiones realizadas durante las actividades realizadas durante la clase.
- Preguntas abiertas: el docente las utiliza para buscar que los estudiantes expresen los conceptos que poseen acerca de un tema y cómo los relaciona con otros, por lo tanto, se espera que las respuestas sean lo más descriptivas posibles (Plencovich et al., 2015). Además, estas permiten conocer el nivel de comprensión conceptual de los estudiantes, lo que es fundamental para diseñar las ayudas pedagógicas dentro de las actividades de clase.
 - Preguntas cerradas: se utilizan cuando se requieren datos precisos (palabras o frases) para poner en evidencia el nivel de memorización de quien responde y en la mayoría de los casos se plantean para obtener respuestas dicotómicas (sí o no) (Plencovich et al., 2015).
 - Preguntas metacognitivas: se hacen con el propósito de llevar a quien las responde a reflexionar sobre su propio proceso cognitivo para valorar la calidad de las tareas realizadas (Plencovich et al., 2015). Además, para Pascual y Basse (2017), estas preguntas hacen que el estudiante reflexione sobre su propio punto de vista o el de sus compañeros con el propósito de promover en ellos la auto y/o la co-evaluación sobre el proceso de aprendizaje. Por ejemplo: ¿en que difiere tu respuesta a la de tus compañeros? o ¿Consideras que tus aportes contribuyeron a la solución del problema?

Un aspecto fundamental para la construcción de cualquier tipo de pregunta es el objetivo de aprendizaje, por lo que la taxonomía de Bloom (1956), se convierte en un referente necesario para que la pregunta elaborada se ajuste al propósito de la tarea que los estudiantes deben realizar. Por ejemplo, las preguntas cerradas corresponderían a procesos de pensamiento de bajo nivel (Recordar o conocer) y las preguntas metacognitivas que correspondería con procesos de alto nivel (Evaluar o crear)

Sin embargo, otros autores también han realizado diferentes clasificaciones de preguntas en función de la complejidad cognitiva. En este sentido, en la Tabla 2.2 se muestra una clasificación realizada por Swart (2010).

Tabla 2.2. Matriz de contraste entre preguntas de alto y bajo nivel desde el punto de vista de diferentes investigadores. Tomado de Swart (2010).

| | Preguntas de bajo nivel (LOq) | Preguntas de alto nivel (HOq) |
|------------------------------|---|--|
| Bloom (1954) | Conocimiento; Comprensión | Aplicación; Análisis; Síntesis, Evaluación |
| Gagné (1962) | Información verbal | Habilidades intelectuales |
| Marton y Säljö (1976) | Enfoque superficial del aprendizaje | Enfoque profundo del aprendizaje |
| Haring et al. (1978) | Adquisición; Fluidez y competencia | Generalización; Adaptación |
| Biggs y Collis (1982) | Uniestructural; Multiestructural (Nivel cuantitativo) | Relacional; Abstracción extendida (Nivel cualitativo) |
| Kolb (1984) | Experiencia concreta | Observación reflexiva; Conceptualización abstracta; Experimentación activa |

b) Problemas ejemplo/análogos.

Los problemas ejemplo o análogos, son problemas resueltos que tienen características similares al problema propuesto por el docente pero que incluyen la explicación de los pasos a seguir para su solución (Hayes y Simon, citados en Lin y Singh, 2013). Esto con el propósito que los conocimientos adquiridos por los estudiantes, sean fácilmente transferidos al momento de solucionar un problema nuevo, este proceso ha sido denominado por van Lehn como “transferencia analógica” (citado en Gómez et al., 2012).

El éxito de la “transferencia analógica” pasa por identificar problemas “isomorfos” en cuanto a su contenido y metodología de resolución, para posteriormente seleccionar uno de estos como “problema fuente” que será utilizado como referencia para realizar la “transferencia” (Forbus, Gentner, y Law, 1995; Hummel y Holyoak, 1997; citados en: Gómez, Solaz-Portolés, y Sanjosé, 2013).

c) Mapas conceptuales.

Son representaciones gráficas ideadas por Novak y Gowin (1984), en las que los conceptos y sus relaciones se muestran de forma jerárquica, de modo que, esta herramienta pueda ser utilizada por el docente con el propósito de transmitir conocimientos o para promover en los estudiantes discusiones con los compañeros acerca de un tema (ver Figura 2.1).

En relación a su construcción, se debe comenzar con el concepto principal colocado al centro de la parte superior del área del mapa, posteriormente se colocarán debajo los conceptos que se deriven del principal, los cuales estarán conectados a través de palabras que den sentido a esa conexión.

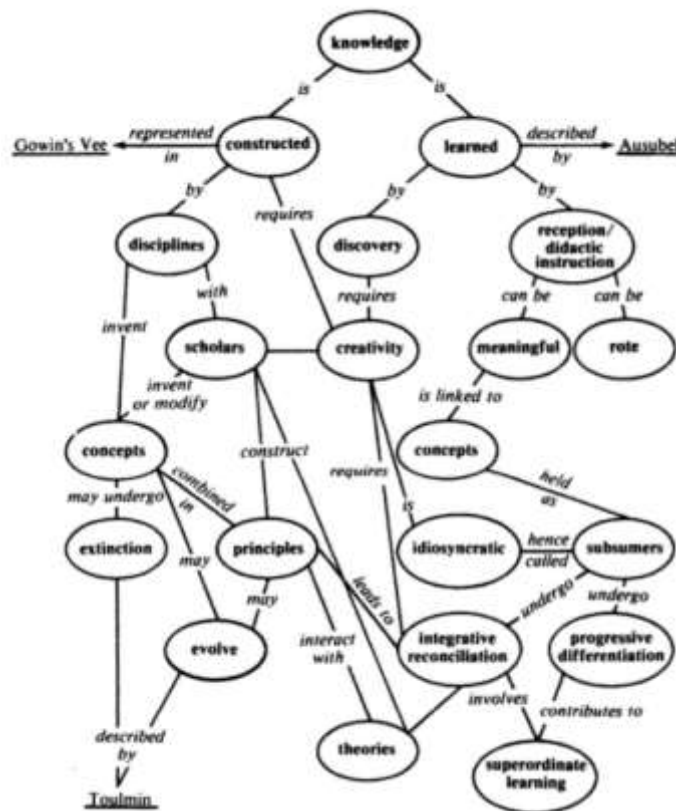


Figura 2.1. Ejemplo de mapa conceptual elaborado por Novak y Gowin (1984).

d) Diagramas.

Entre los diagramas más utilizados se encuentra una herramienta heurística diseñada por Gowin (Novak y Gowin, 1984), la cual consiste en un diagrama en forma de V que sirve para organizar los pasos relacionados con el proceso científico (ver Figura 2.2). Los elementos que componen la V están divididos en dos partes, en su lado izquierdo se encuentra el dominio teórico que por lo general es el lugar por el que comienza la actividad experimental una vez que se tienen las preguntas clave, luego se desciende hasta llegar hasta la base en la que se encuentra el experimento o fenómeno a estudiar, para finalizar en el lado correspondiente al dominio metodológico el cual finaliza con el análisis de los resultados que darán respuesta a las preguntas planteadas.

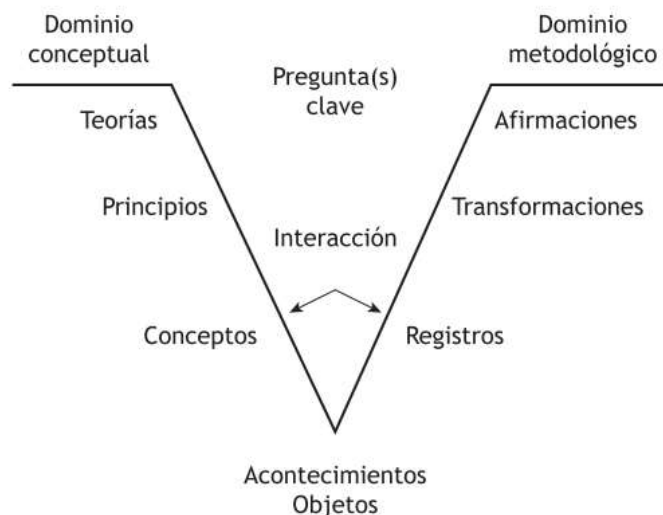


Figura 2.2. V heurística diseñada por Gowin. Tomado de Novak y Gowin (1984).

e) Imágenes.

Llamadas también ilustraciones, son definidas por Postigo y Pozo (2000), como representaciones gráficas que reproducen las características de un objeto, manteniendo una relación espacial con el objeto original (citado en Idoyaga, Maeyoshimoto, Nahuel, y Granchetti, 2017). Específicamente, en la enseñanza de la física se utilizan para ayudar a situar al estudiante en el contexto de un fenómeno o una teoría, al respecto, se pueden distinguir dos tipos de representaciones gráficas.

- Imágenes 2D: son figuras que reproducen gráficamente algunas características de los modelos físicos, estos pueden encontrarse de forma tangible (por ejemplo: papel) o en forma digital (por ejemplo: imágenes visualizadas en la computadora).
- Imágenes 3D: son figuras tangibles que reproducen algunos aspectos relacionados con los modelos físicos (por ejemplo: modelos a escala o maquetas, las cuales son utilizadas para representar el acabado final de una estructura, incluso están elaboradas de tal manera que pueden ser sometidas a pruebas para replicar las condiciones reales a las que se va a someter dicha estructura cuando esté finalizada).

Es de hacer notar, la reciente incorporación de la “Realidad Aumentada” (AR) en la educación, la cual, según Bower, Howe, McCredie, Robinson, y Grover (2014), permite al usuario percibir el mundo real a través de una superposición virtual de textos, imágenes fijas, videoclips, sonidos, modelos 3D o animaciones. En el caso de la enseñanza de la física se utiliza para que los estudiantes puedan interactuar de forma dinámica dentro de espacios en los que se recrea algún fenómeno físico o aspectos relevantes de un modelo teórico.

f) Gráficos.

Según Postigo y Pozo (2000), los gráficos son representaciones espaciales de relaciones numéricas entre variables, a través de distintos elementos visuales como por ejemplo barras y líneas (citados en Idoyaga et al., 2017). Además, para Nixon, Godfrey, Mayhew, y Wiegert (2016), los gráficos sirven para extraer relaciones y tendencias que son difíciles de visualizar en el conjunto de datos.

Por lo tanto, según Lai et al. (2016), en la enseñanza de las ciencias la evaluación de la comprensión de una gráfica debe considerar las habilidades técnicas requeridas para construir un gráfico e interpretarlo, así como su uso en la divulgación de los resultados de una investigación.

g) Datos experimentales.

Son datos recolectados a partir de un experimento real, que el docente utiliza dentro de la clase teórica para contextualizar a los estudiantes durante la resolución de un problema. Según Buitrago y Andrés (2014), los datos experimentales permiten establecer una conexión lógica entre las variables que componen la estructura del concepto y la situación física real desarrollada, además de mostrar la validez y la utilidad de los conceptos en la interpretación y representación del mundo físico.

Por consiguiente, su utilización es muy recomendada para hacer la conexión entre las clases teóricas y el trabajo de laboratorio. Al respecto, en la Figura 2.3, se presenta un ejemplo de un problema contextualizado a partir de datos experimentales.

| θ [grados] | 25 | 27 | 29 | 31 | 33 | 35 | 37 | 39 | 41 | 43 | 45 |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Aceleración [m/s ²] | 1,690 | 2,104 | 2,406 | 2,888 | 3,175 | 3,488 | 3,781 | 4,148 | 4,325 | 4,717 | 5,105 |

Los datos corresponden a la aceleración de un bloque que baja por un plano inclinado en función del ángulo de inclinación. a) Demostrar que si se representa gráficamente $a/\cos\theta$ en función de $\tan\theta$ se obtiene una línea recta de pendiente g y de ordenada en el origen $-\mu_c$ y g . b) Usando un programa de una hoja de cálculo, representar gráficamente estos datos y ajustar una línea recta de modo que se pueda determinar μ_c y g ¿Cuál es el porcentaje de error en g si se compara con el valor comúnmente aceptado de $9,81 \text{ m/s}^2$?

Figura 2.3. Ejemplo de un problema contextualizado a partir de datos experimentales.

Para concluir esta sección sobre la estrategia de resolución de problemas, se seleccionaron los estudios de (Haglund y Jeppsson (2013); Lin, Maries, y Singh (2013); Lin y Singh (2013); S. Y. Lin y Singh (2015)), porque son ejemplos de cómo pueden implementar algunas de las ayudas pedagógicas pertenecientes a la estrategia de resolución de problemas. De los cuales la mayoría utilizaban un problema ya resuelto en el que se señalaban los pasos para resolverlo, y que luego los estudiantes debían hacer la *analogía* con otro problema sin resolver, esto con el propósito de estudiar (de manera

cuantitativa o cualitativa) cómo los estudiantes transferían las ideas de un problema a otro.

2.3.4.2. Las Tecnologías de Información y Comunicación.

Las TIC son herramientas que facilitan la transmisión y la recepción de información, por lo que a medida que avanzan se vuelve más cotidiano su uso (Díaz-Barriga, 2013). En ese orden de ideas, en los últimos años se han desarrollado diversas estrategias para la enseñanza de la física basadas en las TIC, las cuales pueden ir desde su uso dentro del aula de clase, hasta tutoriales en línea para que los estudiantes puedan procesar la información de forma no presencial (Spector et al., 2014). A continuación, se mencionan los más utilizados según la literatura revisada.

a) Video educativo.

El video es un recurso muy utilizado por los docentes en la enseñanza de diferentes temas tanto en la educación formal como en la informal, debido principalmente a su facilidad de uso. Sin embargo, Ferrés (1997), ha realizado una clasificación de los videos educativos en función de la forma en que se pueden utilizar dentro del aula (citado en Escudero y Dapía, 2014).

- Video lección: es el equivalente a una clase magistral o a un tutorial y puede ser utilizado dentro de un aula de clase o a través de una computadora.
- Video apoyo: es el que sirve de soporte a cualquier exposición del docente o de los estudiantes.
- Video proceso: este tipo de video es utilizado con la finalidad de involucrar a los estudiantes durante la realización de un proyecto y que consiste en grabar las actividades realizadas para luego exponerlo al resto de la audiencia (Ezquerro, 2010a, citado en Escudero y Dapía, 2014).
- Video motivador: está estrechamente ligado al video proceso ya que se puede motivar a los estudiantes al involucrarlos durante el desarrollo de su propia formación.
- Video mono-conceptual: un video breve que se utiliza para abordar un aspecto parcial o concreto de un tema.

- Video interactivo: es la unión entre el vídeo y la informática, en el cual el usuario va realizando acciones según lo indique el video. Por lo general, este tipo de video se utiliza en aulas de informática o para el trabajo a distancia.

En la enseñanza de las ciencias, el uso de los videos ha girado en torno a la observación y análisis de diferentes fenómenos de la naturaleza en las clases teóricas (June, Yaacob, y Kheng, 2014), sin embargo, se pueden resaltar otras formas de ser utilizado en la actualidad dentro de la enseñanza de la física (Buskulic, Maurin, y Taillet, 2014). Tal es el caso, de la medición a través de videos, el cual consiste en grabar un fenómeno o experimento determinado (Klein, Gröber, Kuhn, y Müller, 2014), que luego será analizado a través de un programa informático, con el que es posible desde tomar medidas sobre el video, hasta la obtención de gráficas o la elaboración de modelos físicos (Hockicko y Pažická, 2014).

Por lo tanto, el uso de los videos en la enseñanza de la física ofrece muchas ventajas, así pues, pueden ser utilizados por el docente para alcanzar la comprensión conceptual de modelos físicos en las clases teóricas o para el desarrollo de habilidades científicas a través del aprendizaje de nuevas técnicas de medición y análisis dentro del laboratorio. Al respecto, Hockicko, Trpišová, y Ondruš (2014), expresan que a través del uso de programas de análisis de video, los estudiantes pueden reducir las concepciones erróneas que poseen acerca de los fenómenos físicos.

b) Presentación con diapositivas.

Son ayudas utilizadas por los docentes generalmente como soporte a sus explicaciones dentro de las clases magistrales, y por los estudiantes para presentar (en la mayoría de los casos) los resultados de sus investigaciones. Estas presentaciones pueden variar en forma y extensión, sin embargo, existen algunos aspectos a considerar para cumplir con el objetivo de transmitir a la audiencia la información de manera efectiva, como los propuestos por García-Ros (2011).

- Número y explicación de las diapositivas: cantidad adecuada para el tiempo disponible para que su explicación pueda ser clara y pertinente. Una recomendación es que la explicación de una diapositiva sea como mínimo de un minuto.

- Adecuación de las diapositivas: todas deben tener relación con el tema y conexión con el discurso, además, deben facilitar la comprensión del material, resultar amenas y captar la atención de la audiencia.
- Legibilidad: se recomienda que no se utilicen más de 5 palabras por línea, ni más de 5 líneas por diapositiva, además, el tipo y tamaño de las letras debe ser legible para toda la audiencia (por ejemplo: Arial o Verdana, 36-44 para los títulos y de 20-28 para el texto). Asimismo, debe haber un contraste adecuado de los colores de las letras con el fondo.
- Relevancia y adecuación imágenes/grafos/esquemas: si se utilizan correctamente pueden dar mejores resultados que los textos, por lo que estos deben ser apreciables para toda la audiencia, con buena resolución y con contenidos de fácil captación para la audiencia.
- Secuenciación, animaciones/transiciones diapositivas: se debe animar solo si ayuda a centrar la atención en los puntos importantes y evita las distracciones de la audiencia.

Así pues, si se siguen estas recomendaciones, este tipo de ayuda puede hacer más eficiente la transmisión de la información, dejando tiempo libre para la realización de actividades que promuevan el aprendizaje de nuevas habilidades.

c) Software educativo.

Los programas informáticos utilizados en la educación (software educativos), son recursos cuyas características estructurales y funcionales sirven de soporte al proceso enseñanza-aprendizaje (Cova y Arrieta, 2012). Por lo tanto, para su diseño y aplicación deben considerarse tanto los aspectos referidos a la elaboración de un software como de los aspectos pedagógicos inherentes al contexto en que se va a aplicar.

En este sentido, Granollers, Lorés, Cañas, y Vidal (2011), hacen una clasificación a partir de las normas ISO para establecer unos estándares de calidad de un software, los cuales son:

- Funcionalidad: es la medida de la precisión en la realización de las tareas ordenadas por el usuario, además, debe ser capaz de evitar el acceso no autorizado, ya sea accidental o promediado, a los programas y datos.

- **Fiabilidad:** es la capacidad del software para mantenerse en funcionamiento durante la realización de las tareas sin presentar fallos y de recuperarse si los presentara.
- **Usabilidad:** es la facilidad para aprender a utilizar el software y de permitirle al usuario realizar las tareas de una forma eficiente, efectiva y con un alto grado de satisfacción (Montero et al., 2011).
- **Eficiencia:** es la cantidad de tareas que puede realizar el software en un periodo de tiempo, lo recomendable es que el usuario pueda realizar la mayor cantidad de tareas en el menor tiempo posible.
- **Mantenibilidad:** cumple con la función de evaluar las correcciones, o los cambios en la funcionalidad, realizados bajo el patrón del software evaluado (Molina, Loja, Zea, y Loaiza, 2016).
- **Portabilidad:** es la capacidad de instalación del software, se recomienda que pueda ser instalado en la mayor cantidad de dispositivos posibles.

Es de hacer notar que uno de los softwares educativos más utilizados para la enseñanza de las ciencias son las simulaciones, las cuales son representaciones gráficas de parte de la realidad con las que el usuario puede interactuar para conocer más acerca de un tema. Al respecto, McComas (2014), expresa que las simulaciones por computadora en la enseñanza de las ciencias hacen referencia al uso de una computadora u otro dispositivo digital, para mostrar aspectos de algún fenómeno natural o para reproducir alguna etapa del proceso de una investigación real.

Específicamente en la enseñanza de la física, el docente puede utilizarlas para mostrar un fenómeno o un aspecto de un modelo físico, o pueden ser utilizadas por los estudiantes para profundizar en la comprensión de un modelo físico a través de la interacción. En este sentido, para Alzugaray, Carreri, y Marino (2010), las simulaciones ayudan a los estudiantes a adquirir ciertas competencias que deben desarrollar durante su carrera, necesarias para su futuro ejercicio profesional.

Finalmente, en cuanto a los estudios que utilizan las TIC como estrategia para fomentar la interacción dentro del aula, se tienen por una parte, los basados en el uso de “Clicker questions” (Bates, Galloway, Riise, y Homer (2014); Blasco-Arcas, Buil, Hernández-Ortega, y Sese (2013); Chasteen, Pollock, Pepper, y Perkins (2012)), las

cuales son preguntas que permiten al docente conocer en tiempo real, la respuesta de los estudiantes sobre algún concepto y así poder proporcionarles las ayudas adecuadas. Por otra parte, se tiene a Bautista (2013), que ha utilizado las TIC fuera del aula a través del diseño de una plataforma para dar ayudas online (computer-based scaffolding) para el aprendizaje de la física dentro de una comunidad de investigación.

Cabe destacar que a pesar del componente motivacional que siempre acompaña al uso de las TIC, no se puede asegurar que su utilización garantice el aprendizaje significativo de los estudiantes. Por lo anterior, es necesario tomar en cuenta tanto los recursos materiales, así como el personal capacitado disponible, porque es necesario invertir el tiempo suficiente para su diseño, ejecución y evaluación, y así lograr el mayor impacto posible.

2.3.4.3. Las Actividades experimentales.

En la enseñanza de las ciencias, las actividades experimentales son actividades diseñadas para replicar un fenómeno físico (todo o una parte) en un ambiente controlado para que el estudiante pueda estudiar los modelos teóricos subyacentes. En este sentido, se pueden observar diferentes tipos de actividad en función del espacio, los recursos y la audiencia, como los que se muestran a continuación.

a) Demostraciones experimentales.

Son actividades que utiliza el docente para mostrar aspectos relevantes de un fenómeno físico dentro del aula de clase a la vez que indaga las concepciones que poseen los estudiantes acerca de este (Andrés, 2001, citado en Ferreira-Bautista y Rodríguez, 2011). El docente generalmente utiliza esta ayuda cuando trabaja con toda el aula o cuando la audiencia es numerosa, por lo que es importante tomar en cuenta las siguientes recomendaciones.

- Controlar el tiempo: se debe crear un guion para organizar la actividad de tal manera de saber cuál es el tiempo disponible para su ejecución y sobre todo para dejar espacio para la discusión de las ideas que surjan.
- Generar impacto: estas deben causar impacto en la audiencia para poder captar su atención. Una forma de hacerlo, es comenzar con un aspecto del fenómeno que tenga un resultado inesperado o no previsto por la audiencia.

- Promover la participación: a medida que transcurre la demostración se debe dar oportunidad de que la audiencia se involucre, aquí, la formulación de preguntas es fundamental para canalizar la participación de la audiencia, así como para guiar la discusión hacia los aspectos clave de los modelos físicos subyacentes.
- Conectar con el contexto: para que una demostración experimental tenga más significado debe ser diseñada para que sirva de puente entre los conocimientos teóricos y el fenómeno que ocurre en la realidad.

Es de hacer notar el uso que se les da a las demostraciones experimentales fuera del aula a través de eventos públicos, en los que “divulgadores científicos” muestran diferentes fenómenos por lo general muy llamativos para la audiencia, con el propósito de fomentar el interés de las personas por la ciencia (UNESCO, 2015a).

b) Hojas de trabajo (Worksheets).

Las hojas de trabajo son ayudas que se utilizan para fomentar el aprendizaje activo, que por su sencillez, ofrece una variedad de usos en el aula (Guisasola, Zuza, Ametller, y Gutierrez-Berraondo, 2017). Específicamente, en la enseñanza de la física, estas ayudas pueden combinar imágenes y textos con el propósito de guiar a los estudiantes (individualmente o en grupos pequeños) a desarrollar una actividad tanto en las clases de teoría como en el laboratorio.

En la clase teórica, puede contener enunciados de problemas, conceptos o preguntas clave, para propiciar en los estudiantes la reflexión y discusión sobre lo que allí se encuentra. En el laboratorio, puede contener información de la teoría relacionada con el modelo físico involucrado, los objetivos o la descripción del experimento.

c) Experimentos de aula.

Son experimentos de corta duración que realizan los estudiantes en el aula de clases con la finalidad de explorar y visualizar los casos particulares dentro de los modelos físicos (Wenning, 2011). Se realizan por lo general en pequeños grupos debido a su sencillez y tiempo de ejecución.

d) Experimentos de laboratorio.

Son parte fundamental de la actividad experimental, ya que se realizan siguiendo los procesos científicos, con la finalidad de conocer más sobre un modelo físico o de resolver un problema. Según Jiménez (2013), en el ámbito educativo, “constituyen una

herramienta para que el docente aplique el modelo cognitivo a través de una metodología de estudio conectada con la vida cotidiana del estudiante”.

En cuanto a las investigaciones que se han realizado sobre las actividades experimentales en la enseñanza de la física, se destacan la realizada por Day, Nakahara, y Bonn (2010), que relacionaron las actividades experimentales con la resolución de problemas, y el caso de Jones y Zollman (2014), que integraron las actividades experimentales con las tecnologías de información y comunicación.

En conclusión, se puede decir que la mayoría de las investigaciones revisadas, encuentran que hay relación entre las ayudas pedagógicas y la mejora de la comprensión conceptual de los estudiantes, además del aumento en el rendimiento académico de los estudiantes. Sin embargo, habría que analizar si esta mejora ocurre en mayor medida cuando las actividades se realizan de forma individual o trabajando en equipo.

2.4. Aprendizaje colaborativo.

Muchas investigaciones han demostrado que el aprendizaje generado de manera conjunta da mejores resultados que el trabajo individual o que incluso la suma de los aportes individuales (Lillo, 2013). Sin embargo, el aprendizaje colaborativo va más allá de un grupo de personas reunidas para realizar una determinada tarea, por lo que es importante tener claro su significado para que el trabajo en equipo sea exitoso.

2.4.1. Definición de aprendizaje colaborativo.

El aprendizaje colaborativo puede ser definido como cualquier actividad de aprendizaje que incluya el compromiso coordinado de dos o más estudiantes con el propósito de completar tareas (por ejemplo, resolver casos) que conduzcan a los resultados de aprendizaje deseados (por ejemplo, desarrollar conocimiento de contenido profundo) (Pluta, Richards, y Mutnick, 2013).

Lo anterior coincide con la definición de García (2015), el cual expresa que el aprendizaje colaborativo es una filosofía de interacción, a la vez que una forma de trabajo que involucra simultáneamente el desarrollo de conocimientos y de habilidades individuales, lo que implica una actitud positiva de interdependencia y respeto a las contribuciones de los demás. De aquí se puede extraer que la motivación es un aspecto

fundamental, ya que en muchos casos las experiencias de trabajo en equipo dan los resultados esperados, lo que hace que muchos estudiantes sientan cierto rechazo a este tipo de estrategias.

Por otra parte, según Feo (2010), una estrategia didáctica se define como los procedimientos que planifica el docente y que son organizadas de manera consciente y adaptadas a las necesidades de los estudiantes para que estos puedan construir y lograr metas de aprendizaje de manera significativa. En este sentido, para Maldonado y Sánchez (2012), el trabajo colaborativo es una estrategia didáctica, en la cual todos los miembros participan en “conjunto” para el logro de metas comunes a través de la interacción social productiva.

Tomando en cuenta estas definiciones, se puede decir que el centro de un aprendizaje colaborativo efectivo está en las interacciones entre los miembros de un equipo a través de la participación activa en las tareas necesarias para cumplir con los objetivos planteados. Por lo tanto, el docente en su rol de mediador debe fomentar el diálogo, puesto que, podría ser una herramienta útil que ayude a articular las interacciones dentro de cada equipo.

2.4.2. El dialogo en el aprendizaje colaborativo.

Los buenos tutores alientan y contribuyen con el conocimiento de los estudiantes a través de consejos e instrucciones, en lugar de entregarles directamente la respuesta completa (Graesser, Cai, Morgan, y Wang, 2017). En este sentido, bajo la perspectiva sociocultural, al contar con la participación activa de los estudiantes en el proceso de aprendizaje, aumentan los tipos de interacciones que se dan a través del diálogo en el aula, al respecto, Scott, Mortimer, y Ametller (2011), proponen cuatro clases de discursos en función de la participación de cada uno de los agentes educativos:

- Interactivo/dialógico: el docente y los estudiantes exploran ideas, plantean preguntas genuinas y ofrecen, escuchan y trabajan sobre diferentes puntos de vista.
- No interactivo/dialógico: el docente revisa varios puntos de vista, destacando similitudes y diferencias.
- Interactivo/autoritativo: el docente dirige a los estudiantes a través de una secuencia de preguntas y respuestas con el objetivo de alcanzar un punto de vista específico.
- No interactivo/autoritativo: el profesor presenta un punto de vista específico.

Por otra parte, se tiene el enfoque que Mercer, Dawes y Wegerif denominaron a comienzos de los 90 *Thinking Together* (Wegerif, 2013), el cual es un proceso que enseña a los estudiantes a aprender y a pensar a través del dialogo. En otras palabras, es un enfoque que desarrolla la capacidad de los estudiantes de usar el lenguaje como una herramienta para construir conocimiento a la vez que interactúan con otros, lo cual es la base del aprendizaje colaborativo.

De esta manera, para que la colaboración bajo este enfoque pueda ser efectiva, se deben establecer “reglas básicas” tales como escuchar con respeto, responder a los desafíos con las razones, alentar a los compañeros a dar sus puntos de vista y tratar de llegar a acuerdos (Wegerif, 2010). Específicamente, Wegerif (2010), menciona las siguientes “reglas básicas”:

- Toda la información es compartida.
- El grupo busca llegar a un acuerdo.
- Los retos son aceptables.
- Se esperan razones.
- El grupo asume la responsabilidad de las decisiones.
- Se discuten diferentes alternativas antes de tomar una decisión.
- Todos los miembros del grupo son alentados a hablar por los otros miembros.

En el ámbito de la enseñanza de la ciencias, Berge, Danielsson, e Ingerman (2012), expresan que el aprendizaje colaborativo proporciona a los estudiantes la posibilidad de practicar el lenguaje científico, tanto como un sistema de recursos para producir significados como una manera de hacer ciencia. Por lo que se hace necesario fomentar el intercambio de ideas entre los estudiantes mientras realizan las tareas relacionadas con el quehacer científico.

Adicionalmente, Mercer (2013), expresa que si aprender a participar dentro de una asignatura como ciencias, involucra aprender a “hablar”, entonces aprender a pensar como un científico debe involucrar una cierta internalización del discurso como una herramienta para razonar acerca de los fenómenos relevantes. Dicho de otra forma, para adquirir las habilidades de un científico no solo basta con “hablar”, también es importante promover procesos reflexivos en cada miembro del equipo, para que su participación en las discusiones grupales posteriores, pueda ser positiva con respecto a los objetivos planteados.

En resumen, se puede decir que el dialogo es un medio que pueden utilizar los miembros de un equipo para participar activamente en las tareas involucradas en la resolución de un problema, para finalmente alcanzar las metas previstas. Por lo tanto, el estudiante debe aprender una serie de estrategias que lo capaciten para asumir diferentes roles durante el proceso de interacción con los compañeros.

2.4.3. Aprender a aprender juntos.

Aprender a aprender juntos (AAJ), es un aspecto importante de la colaboración, ya que va más allá de lo que aprenden los estudiantes, también a cómo aprenden a colaborar y a comunicarse con otros dentro de un grupo, reflexionando conjuntamente sobre su trabajo y su funcionamiento como equipo (Smyrniou, Moustaki, Yiannoutsou, y Kynigos, 2012).

En este sentido, para Wegerif (2015), AAJ es una competencia compleja que se refiere a las habilidades y disposiciones necesarias para ser capaces de escuchar a otros y aprender de ellos, de enseñar y de aprender, y también de trabajar junto con otros en proyectos de aprendizaje basados en proyectos de indagación abierta. Esto requiere que todos los miembros del equipo puedan coordinar, regular y planificar las tareas de aprendizaje, equilibrando los problemas relacionados con la capacidad individual, la motivación y las expectativas a través de un diálogo constante (Pifarré, Marti, y Guijosa, 2014).

2.4.4. Estrategias para aprender a aprender juntos.

Como se ha dicho, habría que caracterizar las habilidades necesarias para adquirir las competencias necesarias para lograr un aprendizaje colaborativo efectivo. De este modo, se pueden identificar algunos elementos que permitirán definir las estrategias para aprender a aprender juntos.

En primer lugar, para Iborra y Izquierdo (2010), en un grupo colaborativo debe existir una autoridad compartida, una aceptación por parte de los miembros del equipo de la responsabilidad de las acciones y de las decisiones tomadas. Además, para Ramírez, Rodríguez, y Blotto (2016), la verdadera interacción va más allá del diálogo entre individuos, se alcanza cuando los sujetos aceptan un mínimo de normas comunes, se comprometen a intercambiar con sus pares y llegan a acuerdos sobre los momentos para expresarse.

En segundo lugar, Wegerif (2013), explica que al comenzar a trabajar en una tarea colectiva, los miembros del equipo deben ser capaces de motivarse unos a otros, garantizar el compromiso o encontrar maneras de responder cuando esto no ocurre, reflexionar sobre la calidad del trabajo realizado, reflexionar sobre la dirección general de su trabajo, consultar a expertos externos si es necesario, y asegurarse de que todos los miembros del equipo están haciendo lo que se espera.

Por último, para Yong (2010), es fundamental que el docente muestre a sus estudiantes la forma en que pueden construir conocimiento de manera significativa trabajando en equipo, a partir del establecimiento de las reglas básicas de convivencia o incluso modelando el proceso de colaboración. Dicho esto, a continuación se presentan las estrategias para aprender a aprender juntos, tomadas a partir de las categorías realizadas por Yang, Wegerif, McLaren, Dragon, y Mavrikis (2013) y Pifarré et al. (2014):

2.4.4.1. Liderazgo distribuido.

En primer lugar, Gressick y Derry (2010), definen este tipo de liderazgo como actividades distribuidas diseñadas por los miembros del equipo para influir en la motivación, conocimiento, afecto o práctica de los otros miembros, y que el equipo entienda la intención de esta influencia sobre el equipo.

En segundo lugar, para Jones (2014), el liderazgo distribuido se basa en el respeto en lugar de la regulación; una cultura y valores basados en la confianza que apoya la autonomía individual; una aceptación de la necesidad de cambio y desarrollo; un enfoque en la actividad emprendida colectivamente en lugar de por líderes individuales en posiciones formales (estructuradas); y el acuerdo de los participantes sobre los mecanismos diseñados para resolver conflictos.

En consecuencia, se puede decir que el liderazgo distribuido es un proceso social recíproco en lugar de la propiedad de un individuo, donde las responsabilidades de liderazgo son compartidas dentro del equipo, y puede que no exista un límite definido entre líderes y seguidores (Li et al. (2007) citado en Pifarré, Wegerif, Guiral, y Barrio (2014)). Por lo tanto, para que el trabajo del equipo sea efectivo, cada miembro debe estar dispuesto a asumir la responsabilidad de regular su aprendizaje con una orientación colectiva (Dragon et al., 2013a).

2.4.4.2. Compromiso mutuo.

El compromiso mutuo se manifiesta a través de espacios de colaboración, donde los miembros del equipo pueden trabajar juntos de forma síncrona y asíncrona (Dragon et al., 2013a). Este compromiso podría incluir la resolución de problemas, solicitudes de información, búsqueda y organización de la información, planificación o negociación de significado (Mills, 2011).

Por otra parte, el compromiso mutuo asegura la coherencia de una comunidad a lo largo del tiempo y es un componente esencial de cualquier práctica (Pifarré, Wegerif, et al., 2014). Puesto que, es un esfuerzo coordinado en el que el rendimiento grupal y/o el desempeño individual posterior, excede cualquier aporte individual al inicio (Littleton, 2011, citado en Kuhn, 2015).

2.4.4.3. Reflexión grupal.

En la reflexión grupal, los miembros del grupo son conscientes del proceso por el cual se comunican para tomar decisiones sobre los procesos necesarios para alcanzar sus metas, por lo tanto, es importante la actitud positiva y participativa de los estudiantes, con el fin de promover el bienestar del equipo, la reflexión sobre el proceso y la capacidad de regulación (Pifarré et al., 2014). A partir de esto, se proponen tres aspectos que pueden servir para desarrollar esta estrategia para AAJ (Pifarré, Wegerif, et al. (2014); Yang et al. (2013)):

- Reflexionar sobre las preferencias individuales, la responsabilidad colectiva y el nivel de participación deseado.
- Reflexionar sobre los papeles emergentes, las normas y las lagunas entre los resultados individuales y colectivos.
- Reflexionar sobre el grupo original que aprende la estructura interpersonal y la estructura emergente, los resultados individuales de aprendizaje previstos y los resultados alcanzados.

2.4.4.4. Evaluación entre pares.

Es la evaluación de las ideas y contenidos propuestos por sus pares y los productos propuestos por los diferentes miembros del grupo, en el que cada miembro del equipo juzga eficazmente la calidad de sus productos y la calidad de los productos de los otros miembros del equipo para hacer una valoración constructiva de sí mismo, de los

compañeros y del equipo en conjunto (Pifarré et al., 2014). Al respecto, Ritchie (2016), expresa que cuando los estudiantes se involucran en la evaluación entre pares, pasan más tiempo enfocados en el contenido/habilidades de la clase, los involucra más en las actividades y adquieren responsabilidad hacia sus compañeros.

2.4.5. Ayudas pedagógicas y aprendizaje colaborativo de la física.

Para el diseño de una estrategia basada en el aprendizaje colaborativo, es necesario tomar en cuenta diferentes aspectos que faciliten y hagan más efectiva su implementación. Para tal fin, en la Tabla 2.3, se muestra el resultado de una revisión de diferentes investigaciones basadas en el aprendizaje colaborativo de la física en diferentes contextos, que luego serán analizadas en función del papel que jugaron las ayudas pedagógicas en la efectividad de esta estrategia.

Para ajustar la búsqueda a los objetivos planteados en este estudio, se siguieron los siguientes criterios:

1. *Buscador*: se utilizó el metaCercador Plus de la Universidad de Lleida.
2. *Palabras clave*: se realizaron diferentes combinaciones de las palabras “collaborative learning” “aprendizaje colaborativo” (frase exacta) con “physics” o “physics education” o “física” o “enseñanza de la física” (frase exacta).
3. *Bases de datos*: los artículos se encuentran disponibles en Social Sciences Citation Index (Web of Science), Science Citation Index Expanded (Web of Science), ERIC (U.S. Dept. of Education), Scopus (Elsevier) y/o Science Direct Journals (Elsevier).
4. *Tipo de publicación*: solo artículos en “Revistas Peer-Reviewed”.
5. *Año de publicación*: 2011 - 2017 (Este intervalo de tiempo corresponde con los 6 años previos a la presente investigación, esto con el propósito de analizar los estudios más recientes en el área de la enseñanza de la física).
6. *Nivel educativo*: universitario.

Luego, los resultados fueron organizados y analizados a partir de los criterios de clasificación realizada por Bakker, Smit, y Wegerif (2015), específicamente en lo que respecta al propósito, el mediador y los tipos de ayuda, aunque no se colocó la columna de modalidad porque se consideró que todos estos estudios estaban centrados en la modalidad de ayudas entre pares. Adicionalmente, se incorporó una breve descripción de la intervención, el contenido físico y sus conclusiones más relevantes.

Tabla 2.3. Clasificación de los artículos relacionados con el aprendizaje colaborativo de la física.

| Autor(es) | Características de las Ayudas Pedagógicas | | | Contenido de física | Descripción de la intervención | Resultados relevantes/conclusiones |
|---|--|-------------------------------------|---|---|--|---|
| | Propósito | Quién guiaba | Tipo | | | |
| Slezak, Koenig, Endorf, y Braun (2011) | Investigar el impacto de un ambiente basado en la computadora sobre el aprendizaje de los estudiantes. | -Instructor. -Asistente docente. | Metacognitivas: -Preguntas. Técnicas: -Simulaciones. | -Trabajo y energía. -Momento de inercia. | Los estudiantes debían completar las actividades de tutoría llamadas “Cambios en la Energía y en el momento de inercia” en las que se guiaban por uno de cinco estilos, que van desde la primera que fue una clase tradicional con actividades provistas por el instructor, hasta la última en la que los estudiantes trabajaron en equipo con un asistente docente altamente entrenado que utilizó el dialogo Socrático como método de enseñanza. | Los resultados no fueron los esperados, en parte porque no todas las tutorías fueron llevadas de la misma forma por los instructores y los asistentes docentes. |
| Berge et al. (2012) | Conocer la forma en que pequeños grupos se organizan para resolver problemas | -Docente/tutor. | Conceptuales: -Hoja de trabajo. Metacognitivas: -Preguntas. | -Mecánica. | La metodología se basó en promover la discusión en los grupos de estudiantes a través de preguntas antes de la resolución matemática de dos problemas físicos. | Constituir comunidades de estudiantes benefician la interacción entre los estudiantes, lo que facilitó la resolución de los problemas planteados. |
| Frank y Scherr (2012) | Promover la coherencia conceptual a través del trabajo colaborativo. | -Investigador. | Conceptuales: -Hoja de trabajo. Metacognitivas: -Preguntas. | -Cinemática. | Los estudiantes participaban de sesiones de tutoría organizados en pequeños grupos, en las cuales se les proporcionaban unas “ticker tape” y unas hojas de trabajo que contenían preguntas para guiar la discusión acerca de conceptos como velocidad y aceleración. | El trabajo colaborativo en la realización de las actividades permitió a los estudiantes no solo hacer un cambio conceptual sino que también alcanzar cierta coherencia en sus argumentos. |
| Martínez, Pérez, Suero, y Pardo (2013) | Evaluar la efectividad del uso de mapas de concepto para el aprendizaje colaborativo de conceptos de física. | -Docente. | Conceptuales: -Mapa de conceptos. Técnicas: -Software educativo. | -Fibra óptica. -Partículas fundamentales de materia. | Se dividió la clase en cuatro grupos, dos conformaron el grupo experimental y dos el control. Los dos primero fueron orientados en la elaboración de mapas conceptuales y los otros dos no. | Si hubo diferencias significativas en la comprensión conceptual entre los estudiantes que realizaron mapas conceptuales con respecto a los que no. |
| Rieger y Heiner (2014) | Mejorar la comprensión conceptual de los estudiantes a través de discusiones grupales. | -Instructor. | Conceptuales: -Hoja de trabajo. Metacognitivas: -Preguntas. | -Cinemática. -Dinámica. -Trabajo y energía. | Se desarrolló un examen en dos etapas, en la primera, los estudiantes lo resolvían individualmente, luego en la segunda etapa, los estudiantes agrupados discutían y respondían las preguntas de forma colaborativa. | Mejoró la comprensión conceptual de los estudiantes a la vez que se fomentó el trabajo colaborativo. |
| Wang, Duh, Li, Lin, y Tsai (2014) | Estudiar el comportamiento de los estudiantes cuando aprenden colaborativamente. | -Investigador. | Metacognitivas: -Preguntas. Técnicas: -Simulaciones. | -Colisiones. | Un grupo de estudiantes trabajo con simulaciones en 2D y otro grupo trabajo con simulaciones de realidad aumentada RA. | Ambos grupos se pudieron concentrar en la realización de las actividades de investigación de mayor nivel cognitivo. Destacando los resultados de los estudiantes que trabajaron con las simulaciones de RA. |

| Autor(es) | Características de las Ayudas Pedagógicas | | | Contenido de física | Descripción de la intervención | Resultados relevantes/conclusiones |
|---|--|-------------------------------------|---|-----------------------------|--|--|
| | Propósito | Quién guiaba | Tipo | | | |
| Gustafsson, Jonsson, y Enghag (2015) | Ayudar a la comprensión conceptual a través de la resolución de problemas contextualizados. | -Investigador. | <p>Conceptuales: -Situaciones-problema.</p> <p>Metacognitivas: -Preguntas.</p> <p>Procedimentales: -Experimentos de laboratorio.</p> | -Óptica. -Termodinámica. | Los estudiantes agrupados debían resolver un problema contextualizado durante las sesiones diseñadas para tal fin. | Los resultados indican que los problemas contextualizados mejoran la comprensión conceptual con respecto a los problemas que se encuentran en los libros de texto. |
| Harlow, Harrison, y Meyertholen (2016) | Mejorar la comprensión conceptual a través del trabajo colaborativo. | -Instructor. -Asistente docente. | <p>Conceptuales: -Demostraciones de aula.</p> <p>Metacognitivas: -Preguntas Clickers.</p> <p>Técnicas: -Simulaciones.</p> <p>Procedimentales: -Experimentos de laboratorio.</p> | -Cinemática. -Dinámica. | Los estudiantes se reunían una vez a la semana en sesiones "prácticas" en las cuales participaban en actividades enfocadas al aprendizaje de conceptos mediante el uso de diferentes recursos. Cabe destacar que los grupos se conformaron siguiendo diferentes criterios, con la finalidad de comparar su desempeño y medir cual configuración proporcionaba mayor efectividad. | No hubo diferencias significativas entre los diferentes grupos, en cuanto a nivel de comprensión conceptual. |
| Mason y Singh (2016) | El aprendizaje de estrategias para la resolución de problemas en grupo. | -Asistente docente. | <p>Estratégicas: -Diagramas.</p> <p>Metacognitivas: -Preguntas.</p> | No específica. | Los estudiantes reunidos en grupos pequeños discutían acerca de los mejores métodos para solucionar el problema planteado. Al mismo tiempo, los asistentes docentes proporcionaban ayudas acerca de los procesos para la solución del problema. | El uso de diagramas como estrategias para la resolución de problemas, mejoró el rendimiento en la asignatura. |
| Leung, Hashemi Pour, Reynolds, y Jerzak (2017) | Incentivar en los estudiantes la cooperación y la colaboración, además, la responsabilidad por el aprendizaje de los compañeros. | -Instructor. | <p>Metacognitivas: -Preguntas.</p> <p>Procedimentales: -Experimentos de laboratorio.</p> | Capacitores. | Los estudiantes del grupo de estudio fueron incentivados a aprender de manera colaborativa sobre el uso del osciloscopio para la medición de las variables asociadas a los capacitores. | A pesar de la similitud entre los resultados del grupo control y el grupo de estudio, esta metodología les permitió a los estudiantes desarrollar habilidades que hacen más eficiente el tiempo y los recursos dedicados a la realización de las evaluaciones. |

Esta parte de la revisión, se enfocó en analizar como las ayudas pedagógicas influyen sobre el aprendizaje colaborativo en diferentes contextos, como resultado, se encontraron 10 artículos que cumplieron con los criterios antes mencionados, sin embargo, solo en tres se menciona la palabra *scaffolding* (“ayudas pedagógicas” en el contexto de esta investigación).

2.4.5.1. ¿Cuál era el propósito de estos estudios?

En cuanto al propósito de cada estudio, se observó que en la mayoría se utilizó la estrategia de resolución de problemas, para ayudar a los estudiantes a alcanzar la comprensión conceptual de la física mediante el trabajo en equipo. Sin embargo, se encontraron diferencias en las tareas realizadas por cada estudiante y el rol del mediador, en función de la estrategia de aprendizaje colaborativo desarrollada.

En primer lugar, hubo cinco estudios que se realizaron en el contexto de una clase teórica (Martínez et al., 2013; Mason y Singh, 2016; Rieger y Heiner, 2014; Wang et al., 2014; Gustafsson et al., 2015). La revisión de estos estudios nos permite concluir que en la enseñanza de la física, la promoción del trabajo colaborativo se realiza de forma integrada con las clases teóricas de física (Mazur 1997, citado en Mason y Singh, 2016), y asociada con el desarrollo de la comprensión conceptual de la física (Gustafsson et al., 2015; Harlow et al., 2016).

En segundo lugar, el resto de los estudios se desarrollaron dentro de un laboratorio de física (Harlow et al., 2016; Leung et al., 2017) o en sesiones de tutoría (Berge et al., 2012; Frank y Scherr, 2012; Slezak et al., 2011). Este hecho muestra que los docentes perciben la necesidad de cambiar las dinámicas del aula cuando se trabaja con pequeños grupos (Harlow et al., 2016). Cambios que son más factibles en las sesiones de tutoría y/o en el laboratorio.

En este mismo hilo argumental, Berge et al. (2012) señalan que el aprendizaje colaborativo ayuda a los estudiantes en el desarrollo de habilidades profesionales clave como trabajar en equipo, además, da a los estudiantes las posibilidades de practicar el lenguaje científico, tanto como un sistema de recursos para hacer significados y como una manera de construir la ciencia. Esto quiere decir que el trabajo en equipo y el quehacer científico están muy relacionados, de ahí que se hace pertinente investigar cómo se pueden aprender de forma colaborativa habilidades científicas, en procura de la comprensión conceptual de la física.

En este orden de ideas, se tiene el estudio de Gustafsson, Jonsson, y Enghag (2015), los cuales a través del diseño de problemas contextualizados fomentaron la comprensión conceptual de los estudiantes, en un entorno de clase que combinaba las clases teóricas con sesiones prácticas. Esta estrategia, cuando es aplicada en pequeños grupos, podría fomentar la discusión entre los estudiantes ya que estos deben recurrir a sus experiencias personales y relacionarlas con los modelos físicos para poder solucionar dichos problemas (Harlen, 2010).

Finalmente, Leung et al. (2017), desarrollaron una estrategia que promovía en los estudiantes habilidades colaborativas y de compromiso con los compañeros, para ayudar al aprendizaje de los conceptos y de las habilidades propias de la actividad experimental en un ambiente de laboratorio de física. En este estudio muestra la efectividad que puede tener la combinación del trabajo grupo con la actividad experimental, es decir, que el aprendizaje colaborativo podría facilitar la adquisición de habilidades científicas a través del proceso de indagación.

Como conclusión de este apartado podemos señalar que existen estudios previos que señalan los aspectos positivos de promover el aprendizaje colaborativo en los diversos contextos de enseñanza de la Física (clase teórica, sesiones de tutoría o el laboratorio). De este modo, en la presente tesis considerará la implementación del modelo pedagógico en las sesiones de tutoría y en las clases teóricas porque así se contaría con un espacio adicional de discusión y de co-construcción de significados de conceptos de Física y con el tiempo suficiente para que los estudiantes puedan alcanzar a trabajar colaborativamente de forma efectiva (Berge et al., 2012; Frank y Scherr, 2012; Slezak et al., 2011).

2.4.5.2. ¿Quién guiaba la intervención?

En la mayoría de los casos fue un instructor o un asistente docente el que guiaba las actividades que realizaban los estudiantes cuando trabajaban en equipo. Esto pudo estar causado por el tipo de actividad realizada, ya que, por lo general este trabajo en equipo se realizaba en horas y espacios distintos a los de la clase teórica regular.

Así pues, en los estudios realizados por Martínez et al. (2013) y Leung et al. (2017), fue un instructor el que mediaba en las clases tanto del grupo control como del grupo experimental, esto con el propósito de reducir la influencia de las habilidades del docente en cualquiera de los dos grupos (Martínez et al., 2013). Además, en el primer caso el instructor también daba apoyo técnico con el uso del software Cmaptool y en el segundo

caso, el instructor prestaba apoyo técnico en el laboratorio de física. Esto demuestra que las estrategias implementadas en el aula también dependen de las competencias que posea el docente (Hockicko, 2011), por lo tanto, es un aspecto a considerar en la implementación de cualquier modelo pedagógico.

Por otra parte, en investigaciones como las de Slezak et al. (2011), Rieger y Heiner (2014) y Mason y Singh (2016), hubo un instructor que se encargaba de la clase teórica y asistentes docentes que trabajaron con los equipos de estudiantes directamente en las tutorías. En este sentido, contar con asistentes docente puede facilitar el rol del mediador, ya que, se puede dedicar más tiempo a cada equipo sobre todo al comienzo del trabajo colaborativo en el que los estudiantes comienzan a familiarizarse con este tipo de metodologías.

Por último, en el caso del estudio de Harlow et al. (2016), los mediadores de las actividades en las sesiones de tutoría eran dos asistentes docentes. Esto es una buena opción cuando se cuenta con grupos numerosos, ya que así los equipos pueden estar conformado por un número reducido de estudiantes (entre 3 y 5 estudiantes) (Harlow et al., 2016).

En conclusión, en lo que la mayoría coincide es que la persona que ejerza el rol de mediador en estas intervenciones, debe ser una persona altamente capacitada no solo en conocimientos teóricos sino también en la implementación de diferentes tipos de ayuda. Por ejemplo, en el caso de Slezak et al. (2011) realizaron talleres y guías para entrenar a los asistentes docente en el diálogo socrático, con el propósito que pudieran identificar correctamente cuando existe una idea errónea y llevar a los estudiantes a corregir este razonamiento a través de preguntas adecuadamente dirigidas.

2.4.5.3. ¿Qué ayudas pedagógicas se utilizaron durante las intervenciones?

En primer lugar, la ayuda pedagógica que más utilizaron los investigadores en sus intervenciones fueron ayudas metacognitivas a través de preguntas, evidenciando la estrecha relación entre el dialogo y el aprendizaje colaborativo. Un ejemplo de esto se muestra en el estudio de Slezak et al., (2011) en el que los investigadores utilizaron las preguntas para promover el dialogo Socrático entre los estudiantes.

En segundo lugar, la mayoría de los investigadores desarrollaron ayudas conceptuales, aplicadas a través del uso de hojas de trabajo (Berge et al. (2012); Frank y Scherr (2012); Rieger y Heiner (2014)), mapas conceptuales (Martínez et al., 2013), situaciones-problema (Gustafsson et al., 2015) o demostraciones de aula (Harlow et al., 2016). Estas

ayudas pedagógicas son utilizadas tanto con grupos grandes en los que participa toda el aula en conjunto para introducir un tema, como en grupos pequeños para fomentar las interacciones entre estudiantes y así conocer sus concepciones.

En tercer lugar, se encuentran las ayudas técnicas con el apoyo de las TIC a través de simulaciones informáticas y software educativos en las clases teóricas (Slezak et al. (2011); Martínez et al. (2013)) y las ayudas procedimentales con los experimentos de laboratorio. Estas ayudas pedagógicas son fundamentales para mostrar fenómenos físicos que son difíciles de explicar sin el apoyo visual (Ejemplo: fenómenos asociados al trabajo y la energía, el electromagnetismo o la óptica), lo que ayuda a la comprensión conceptual.

Como conclusión de este apartado queremos señalar que en todos los estudios se trabajó con una combinación de las ayudas pedagógicas antes mencionadas. Este hecho resalta la importancia de diversificar las estrategias y las ayudas pedagógicas diseñadas, pero considerando el contexto (clase teórica, tutoría o laboratorio), los modelos físicos y los recursos disponibles (humanos y materiales).

2.4.5.4. ¿Qué estrategias de aprendizaje colaborativo se desarrollaron?

En el estudio realizado por Mason y Singh (2016), se mencionan directamente las palabras *reflexión entre pares o grupal* (Peer reflexión) la cual es una de las estrategias para aprender a aprender juntos. En este estudio los estudiantes del grupo experimental, debían reflexionar acerca de los aportes de cada uno y los de sus compañeros, a la solución a los problemas dados por el instructor después de cada clase, específicamente, los estudiantes primero trabajaron solos en los problemas como parte de la tarea, luego, se juntaron para descubrir las fortalezas y debilidades de las soluciones a los problemas generados por cada estudiante mientras trataban de converger en las mejores soluciones. Esto demuestra que la reflexión entre pares o grupal, es una estrategia que puede ayudar a promover la resolución de problemas en equipo ya que, se forma un espacio dialógico (Wegerif, 2015), en que los estudiantes activan los procesos cognitivos y expresan sus concepciones.

Por otra parte, hubo dos investigaciones en las que se desarrollaron aspectos relacionados con el *compromiso mutuo*, tal es el caso de la investigación de Berge et al. (2012), la cual giró en torno al establecimiento de reglas para formar una comunidad de pares que les permitiera organizar las discusiones y así poder solucionar el problema planteado. En este estudio se observa la importancia del establecimiento de reglas básicas para promover una convivencia productiva dentro del equipo, por ejemplo, que todos los

miembros del equipo se comprometan a realizar aportes de calidad en cada discusión (Soong y Mercer, 2011).

En el estudio de Leung et al. (2017), promueve en los estudiantes el sentido de responsabilidad tanto por su aprendizaje como por el aprendizaje de cada uno de los miembros de su equipo, cabe destacar que también se utilizó la estrategia de *evaluación grupal*, ya que al final de la actividad los estudiantes realizaban una autoevaluación. En este estudio se combinan dos estrategias para aprender a aprender juntos: en primer lugar, se potencia la estrategia del compromiso mutuo en la cual el alcance de los objetivos planteados, depende de que todos los miembros se involucren de forma efectiva en las tareas programadas. En segundo lugar, se promueve la estrategia de la evaluación grupal, es una estrategia muy adecuada para realizar evaluaciones formativas del grupo, ya que estas tienen como propósito principal la valoración del desempeño de los estudiantes durante el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Por último, en el estudio llevado a cabo por Harlow et al. (2016), se evidenciaron aspectos que se pudieran asociar al *liderazgo distribuido*, ya que en los equipos, la figura del líder, que tenía la responsabilidad de pedir la asistencia técnica y de mantener al equipo centrado, fue pasando por diferentes miembros del equipo en el transcurso de las actividades. La aplicación de esta estrategia permite que cada estudiante pueda aportar sus habilidades, las cuales al ponerlas en conjunto con las de los otros miembros del equipo, puede contribuir en el desarrollo de proyectos basados en el proceso de indagación.

Como conclusión de este apartado, destacamos la importancia de los procesos de interacción encaminados a construir un compromiso mutuo, un liderazgo distribuido y la reflexión y evaluación del trabajo en grupo expuestos en cada estudio. Por ello, en el modelo pedagógico que diseñamos, implementamos y evaluamos en esta investigación, se considerará la incorporación de todas las estrategias para aprender a aprender a aprender juntos presentadas anteriormente, de forma que los estudiantes puedan desarrollar un trabajo colaborativo eficaz.

2.4.5.5. ¿Cuáles fueron sus principales resultados o conclusiones?

En la mayoría de los estudios se observó que el aprendizaje colaborativo mejoró la comprensión conceptual, algo que es positivo para que los estudiantes alcancen competencias acordes con su futuro profesional. Destacando, que estos resultados están asociados a una serie de factores que deben ser tomados en cuenta para lograr un

verdadero aprendizaje colaborativo, los cuales van desde el tipo de ayuda, el nivel de capacitación del mediador, hasta la forma en que se evalúa el conocimiento.

De este modo, se pudo observar en primer lugar, que la combinación de ayudas pedagógicas, permite a los estudiantes desarrollar diferentes habilidades que pueden ser útiles en determinados momentos del proceso de resolución de un problema. Lo cual está acorde con la ayuda más utilizada por los investigadores, como lo fue la *pregunta*, ya que permitió a los estudiantes enriquecer las discusiones y aprender con las experiencias de cada uno, siendo esto más productivo en la resolución de problemas más contextualizados.

En segundo lugar, se enfatiza en la necesidad de capacitar a los instructores o asistentes docentes en lo que respecta a las ayudas necesarias para fomentar un verdadero aprendizaje colaborativo. Al respecto, Slezak et al. (2011), manifiestan que la oportuna y adecuada intervención del mediador dependerá de su capacidad para identificar las concepciones de los estudiantes, en este caso, estos autores hacen énfasis en la importancia del dialogo Socrático, sobretodo en la elaboración de preguntas que fomenten la discusión. Además, estos deben estar familiarizados con las estrategias para AAJ, porque como se mostraron los resultados obtenidos por Mason y Singh (2016), las recomendaciones de los asistentes docentes reforzaron la reflexión grupal de los estudiantes durante el proceso de resolución de los problemas.

Por último, es importante resaltar la necesidad de adaptar las evaluaciones realizadas en las asignaturas para hacerlas más acordes con el aprendizaje colaborativo, como fue el caso de Rieger y Heiner (2014), que encontraron que la incorporación de una evaluación formativa basada en el aprendizaje colaborativo, benefició el aprendizaje de sus estudiantes, ya que pudieron detectar a tiempo sus errores y ayudar a superar los de los compañeros. Asimismo, en el estudio de Leung et al. (2017), se demostró como su proceso de evaluación mejoró las habilidades de colaboración, y redujo tanto el tiempo como los recursos necesarios para evaluar el aprendizaje de los estudiantes, lo que es positivo en grupos grandes.

2.4.5.6. ¿Qué limitaciones encontraron?

Entre las limitaciones encontradas, se puede extraer la que formulan Wang et al. (2014) cuando expresan que la Realidad Aumentada (RA) puede servir para construir ambientes de aprendizaje más productivos ya que estas simulaciones se acercan más a la realidad que las simulaciones en 2D. Sin embargo, se tendría que esperar a que más

estudiantes tengan acceso a un teléfono móvil capaz de soportar la tecnología de RA, para poder estudiar ampliamente su uso dentro de la enseñanza de la física.

Otra limitación que se encontró, fue la dificultad que tuvieron investigadores como Slezak et al. (2011), en las sesiones de tutoría, ya que los diferentes horarios de los estudiantes obligó a crear varias sesiones a la semana, en las que estos podían asistir según su disponibilidad, lo que pudo afectar la efectividad del trabajo en equipo. Una posible solución podría ser adaptar las clases teóricas para darle espacio a actividades en las que los estudiantes puedan aprender a trabajar en equipo, a la vez que se resuelven problemas contextualizados.

2.4.5.7. Conclusiones de la revisión bibliográfica.

De la revisión bibliográfica realizada en este apartado y en relación con las ayudas pedagógicas y la promoción del aprendizaje colaborativo extraemos las cuatro conclusiones siguientes y que guiarán el diseño, implementación y evaluación del Modelo Pedagógico de Indagación Colaborativa de la Física (MoPICFi).

En primer lugar, los estudios revisados señalan que los mediadores (el profesorado y los asistentes docentes) deben estar capacitados para promover las discusiones, la reflexión y en el manejo de los posibles conflictos que puedan surgir mientras los estudiantes aprenden a trabajar en equipo, más allá del dominio conceptual (Slezak et al. (2011) y Mason y Singh (2016)). En consideración con la presente investigación, esta capacitación debe incluir la formulación de preguntas abiertas (Plencovich et al., 2015) durante las sesiones de tutoría, lo que conllevará a la creación de un espacio que algunos autores han denominado como espacio dialógico (Wegerif, 2007) que puede promover un tipo de interacción exploratoria (Barnes y Todd, 1977, citados en Howe y Abedin, 2013), caracterizada por el desarrollo de procesos de argumentación y justificación de las ideas, desarrollo de procesos metacognitivos (Frank y Scherr, 2012), lo que favorece la co-construcción del conocimiento científico (Soong y Mercer, 2011).

En segundo lugar, investigaciones como las de Slezak et al.(2011), Frank y Scherr (2012) y Harlow et al. (2016), muestran la eficacia de realizar sesiones de tutoría que continúen el trabajo iniciado en las clases teóricas; estas sesiones se centran en la implementación de estrategias para el desarrollo de competencias científicas como la resolución de problemas y la realización de actividades experimentales. De este modo, los estudiantes podrán alcanzar la comprensión conceptual de los conceptos desarrollados en las clases teóricas, lo cual se considera apropiado para la presente

investigación, ya que, se incorporaran sesiones de tutoría, para que a través del trabajo en pequeños se favorezca la co-construcción de conceptos de Física.

En tercer lugar, para superar las limitaciones del poco tiempo disponible para la realización de esas tutorías, es importante contar con asistentes docentes para ayudar con las dudas que se le presenten a los estudiantes. En este sentido, una forma de realizar esta capacitación es que el docente les proporcione una lista con los objetivos de aprendizaje correspondiente a cada sesión y a la asignatura en general (Slezak et al., 2011), además de estar en constante comunicación con los asistentes docentes, para reflexionar sobre el trabajo realizado en las sesiones realizadas y orientarlos para las siguientes.

Finalmente, en cuanto a la conformación de los equipos de trabajo, investigadores como Harlow et al. (2016), recomiendan que los estudiantes se agrupen de forma aleatoria, ya que en su estudio no encontraron diferencias significativas entre los equipos y la comprensión conceptual de los estudiantes. Esto reduciría el tiempo para encontrar un método para la conformación de los equipos, lo que supondría menos dificultades para la implementación del modelo pedagógico (Harlow et al., 2016).

2.5. Teoría de los Campos Conceptuales.

La Teoría de los Campos Conceptuales (TCC) propuesta por Vergnaud (1990), proporciona un marco de referencia que ayuda a entender los procesos inherentes a la adquisición de conocimiento y su posterior aplicación, en las situaciones a las que se va a enfrentar el estudiante en su vida cotidiana. De aquí que, el campo conceptual pueda considerarse como una unidad de estudio para dar sentido a las dificultades observadas en la conceptualización de lo real (Moreira, 2013), entendiéndose esta conceptualización como la identificación de objetos, sus propiedades y sus relaciones (Vergnaud, 2013b).

En cuanto a sus fundamentos teóricos, se puede decir que ésta tiene una notable influencia cognitivista, ya que toma de Piaget la proposición de que la persona se desarrolla a partir de la experiencia, y que es a través del conflicto cognitivo provocado por la nueva situación, lo que hace que la persona readapte su forma de pensar y de actuar ante contextos similares. En este sentido, Vergnaud (2013b) expresa que es la actividad en contexto (gestos, atención selectiva, razonamiento, gestión de la incertidumbre) lo que constituye la principal fuente de desarrollo de competencias y, en consecuencia, de conceptualización y aprendizaje.

Asimismo, esta teoría también toma aspectos de los postulados de Vygotsky, ya que considera que el contexto de la persona influye en su aprendizaje, destacando el papel fundamental del lenguaje en la interacción con ese contexto. Al respecto, Vergnaud (2013b), expresa que el rol de la mediación a través del lenguaje es un proceso inevitable en la enseñanza de las ciencias, por lo que el docente debe fomentar el dialogo productivo, entendido como la interacción que produce procesos reflexivos internos y externos en los estudiantes.

2.5.1. Definición de campo conceptual.

Según Vergnaud (2009, 2013a), un campo conceptual (ver Figura 2.4), es a la vez un conjunto de situaciones y un conjunto de conceptos, específicamente, el conjunto de situaciones cuyo dominio progresivo implica una variedad de conceptos, de esquemas y de representaciones simbólicas en estrecha conexión. Asimismo, para Moreira (2013), un campo conceptual se define como un conjunto de problemas y situaciones que para ser enfrentados es necesario la aplicación conjunta de conceptos, procedimientos y diferentes representaciones..

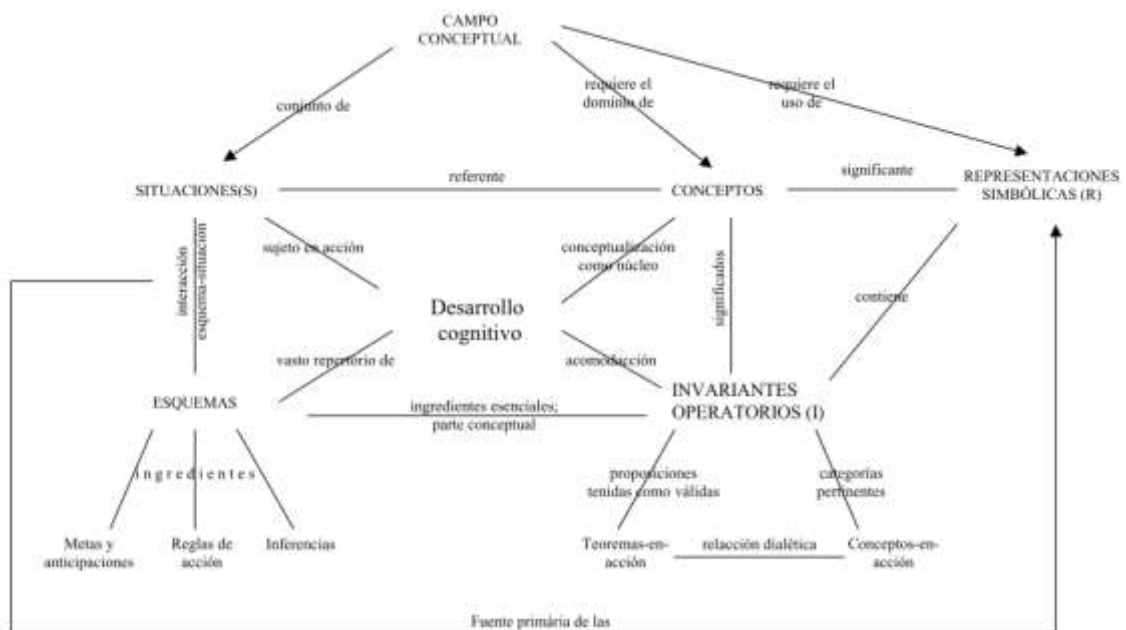


Figura 2.4. Mapa conceptual de la Teoría de Campos Conceptuales. Tomado de Moreira (2002).

Por otra parte, se puede decir que un campo conceptual es el conjunto de situaciones que las personas enfrentan durante el desarrollo para alcanzar su madurez, lo que dependerá del proceso de adaptación que pueda realizar de los esquemas y conceptualizaciones que posea (Vergnaud, 2013b). De esta forma, en el contexto educativo, este campo conceptual se pudiera entender como la interconexión entre la

experiencia (situación) y los conocimientos teóricos (conceptos) que adquirirá la persona durante su proceso de formación.

De manera que, el campo conceptual puede servir de referencia para establecer las competencias que debe tener la persona para superar con éxito cualquier situación que se le plantee. Al respecto, expresa Vergnaud (2007, 2013a, 2013b) que a una persona se le puede considerar competente, cuando cumple con las siguientes condiciones:

1. **A** es más competente que **B**, si **A** sabe hacer alguna cosa que **B** no sabe hacer. **A** es más competente en el tiempo t' que en el tiempo t , si sabe hacer ahora lo que no sabía hacer antes.
2. **A** es más competente si se comporta de una mejor manera.
3. **A** es más competente si dispone de un repertorio de recursos alternativos que le permiten adaptar su conducta a las diferentes situaciones que se pueden presentar.
4. **A** es más competente si está menos desprovisto ante una situación nueva.

Sin embargo, para Vergnaud (2013a), es insuficiente evaluar, analizar y definir si una persona es competente solo a través de su desempeño. Es por esto que, desde la visión de la enseñanza de las ciencias en la sociedad actual, el proceso de formación debe pasar por la adquisición de habilidades que le permitan a la persona poder interactuar con otras, para hacerla capaz de resolver problemas cada vez más complejos de forma conjunta.

2.5.2. Componentes de un Campo Conceptual.

Como ya se ha dicho, un campo conceptual está conformado por un conjunto de situaciones y conceptos, relacionados entre sí a través de esquemas y representaciones. Dichos esquemas estarían conformados por las metas, las reglas de acción y las anticipaciones que utiliza la persona cuando se enfrenta a una situación, incluyendo la capacidad de inferencia que permite a la persona adaptarse a la nueva situación (Vergnaud, 1990).

Además, está integrado por invariantes operatorios que son los conocimientos y elementos cognitivos que posee la persona al momento de enfrentarse a la situación (Vergnaud, 1990). Por último, las representaciones, las cuales permiten a la persona exteriorizar a través de las palabras o los símbolos, los esquemas que se activan en la persona al momento de enfrentar la situación (Vergnaud, 1990).

2.5.2.1. Situaciones.

A la luz de esta teoría, se puede decir que una situación es un evento contextualizado por unas condiciones, y que debe ser resuelta por la persona a través de la realización de una o más tareas, las cuales pueden ser cognitivas, procedimentales o la suma de ambas, dependiendo de la complejidad de la situación planteada. En función de esta complejidad, Vergnaud (1990), identificó dos tipos de situaciones.

- I. Clases de situaciones para las cuales el sujeto dispone en su repertorio, en un momento dado de su desarrollo y bajo ciertas circunstancias, de las competencias necesarias para enfrentarlas de forma inmediata. (Vergnaud, 1990).

Este primer caso se asocia con situaciones en las cuales la persona puede dar una respuesta casi automática, es decir, con la realización de una sola tarea o pocas, pero de bajo nivel cognitivo como pueden ser identificar, describir o seleccionar. Un ejemplo de esto en una clase de física ocurre cuando el docente coloca ejercicios que se resuelven simplemente con la introducción de los datos en la fórmula.

- II. Clases de situaciones para las cuales el sujeto no dispone de todas las competencias necesarias, lo que le obliga a un tiempo de reflexión y de exploración de posibles soluciones, conduciéndolo eventualmente al éxito, o al fracaso (Vergnaud, 1990).

En el segundo caso, se encuentran las situaciones que demandan de la persona un alto nivel cognitivo y la realización de una serie de tareas organizadas para llegar a una respuesta. En una clase de física estas situaciones son los problemas propuestos por el docente, y que el estudiante debe resolver siguiendo una serie de pasos que ejecuta luego de un proceso de análisis.

De modo que, según Vergnaud (2007) la elección de las situaciones que conformaran el campo conceptual es el primer acto de mediación que realiza el docente. Por esto, se debe hacer un proceso de análisis a profundidad sobre cuales situaciones para establecer los conceptos básicos de la asignatura para realizar la selección.

2.5.2.2. Conceptos.

Para Vergnaud (2009, 2013a) un concepto es un conjunto de conjuntos de situaciones, de invariantes operatorios (contenidos en esquemas) y de representaciones lingüísticas y simbólicas, los cuales se pueden organizar en forma de una triplete de tres conjuntos:

Concepto = def (S, I, L)

S es el conjunto de las situaciones que le dan sentido al concepto (la referencia) (Vergnaud, 1990).

I es el conjunto de las invariantes operatorios que estructuran las formas de organización de la actividad (esquemas) susceptibles de ser evocados por estas situaciones (el significado) (Vergnaud, 2013a). Además, son el conjunto de invariantes sobre los cuales reposa la operacionalidad de los esquemas (Vergnaud, 1990).

L es el conjunto de las representaciones lingüísticas y simbólicas (algebraicas, gráficas, etc.) que permiten representar los conceptos y sus relaciones, y por ende las situaciones y los esquemas que evocan (el significante) (Vergnaud, 1990).

Dicho esto, la selección de las situaciones no puede estar aislado de los conceptos, incluso tendrán la misma relevancia, por lo que su colocación dentro del campo conceptual debe ser lo más clara posible.

2.5.2.3. Esquemas.

Vergnaud (1990), define un esquema como la organización invariante de la conducta para una clase de situaciones dada, destacando que lo invariante es la organización y no la conducta observable, por lo que una persona puede actuar de forma distinta frente a una clase de situaciones. También, Vergnaud (2013a), expresa que los esquemas, son formas de organización de la actividad en situación, y se componen de la siguiente forma:

a) Metas, sub-metas y anticipaciones.

Las metas y sub-metas, son las reglas de conducta que se plantea una persona para enfrentar una situación, las cuales, ordenadas de forma secuencial y jerárquica darán origen a numerosas anticipaciones (Vergnaud, 2013a).

b) Reglas de acción, de búsqueda de información y de control.

Las reglas de acción son las que guían la conducta de la persona, adecuándola según la clase de situación a la que se enfrente, las cuales unidas a las metas, los conceptos y teoremas, condicionaran la búsqueda de información relevante para controlarla asimilación de nuevas situaciones, derivando en la acomodación de los esquemas (Vergnaud, 2013a).

c) Posibilidades de inferencia o razonamientos.

Las inferencias son necesarias para la activación de los esquemas de cada persona en cada situación que se le presenta, ya que estas permiten determinar las reglas y las anticipaciones a partir de las informaciones y del sistema de invariantes operatorios de los que dispone el sujeto (Vergnaud, 1990). Además, son indispensables para teorizar

sobre los esquemas, porque es la posibilidad de hacer inferencias “hic et nunc” (ahora mismo) en situaciones que da su eficiencia y su generalidad a toda la organización de esquemas (Vergnaud, 2013b).

d) Invariantes operatorios.

Según Bravo y Pesa (2016), los invariantes operatorios son los conocimientos contenidos en los esquemas, es decir, el conjunto de elementos cognitivos de la estructura mental (conocimientos-en-acción) que determinan la activación de los esquemas; estos conocimientos-en-acción a su vez están conformados por los conceptos-en-acción y los teoremas-en-acción.

- Los conceptos-en-acción permiten recabar del entorno las informaciones pertinentes, y seleccionar los teoremas-en-acción necesarios para el cálculo simultáneo de las metas y sub-metas susceptibles de formarse, y de las reglas de acción, de búsqueda de información y de control que permitan alcanzarlas (Vergnaud, 2013a).
- Los teoremas-en-acción son proposiciones considerada como verdadera dentro de la acción en situación. Entre los teoremas-en-acción, algunos poseen estatus de proposición considerada verdadera aquí y ahora, en la situación presente; mientras que otros son universalmente verdaderos, para toda una categoría de situaciones (Vergnaud, 2013a).

Por otra parte, los invariantes operatorios están estrechamente ligados a la percepción que posee la persona, ya que se construyen a partir de la identificación de los objetos y su relación con otros, influyendo así en la interpretación de la información extraída de las situaciones. Por lo tanto, según Vergnaud (2013a), estos conocimientos no son necesariamente explícitos, ni explicitables, ni aún conscientes en el caso de algunos de ellos (ver Figura 2.5).

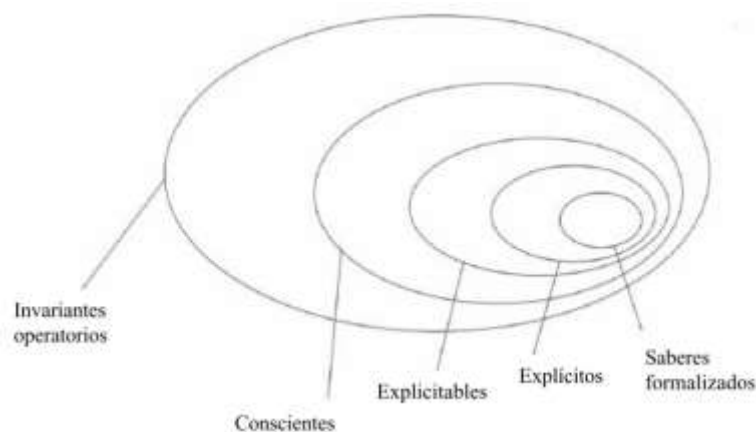


Figura 2.5. Grado de explicitación de los invariantes operatorios. Tomado de Vergnaud (2007).

En el aula de clase, el docente debe utilizar diferentes medios para que el estudiante pueda expresar sus invariantes operatorios, ya que serán el punto de partida para la implementación de cualquier estrategia que procure la comprensión conceptual y el desarrollo de habilidades.

2.5.2.4. Representaciones.

Según Vergnaud (2013b), las representaciones son un sistema de esquemas y sub-esquemas organizados jerárquicamente. Por otra parte, según Vergnaud (2009), se distinguen cuatro componentes diferentes de la representación:

- I. El flujo de la conciencia: está compuesta por las imágenes y percepciones que le ocurren a la persona de manera consciente o inconsciente.
- II. El lenguaje y otros conjuntos de símbolos: son las palabras y símbolos que se utilizan para conocer las representaciones y las experiencias que posee la persona.
- III. Conceptos y categorías: forman el sistema con el que se recoge la información, con el objetivo de impulsar la actividad realizada de la manera más relevante.
- IV. Conjuntos y subconjuntos de esquemas: organizan los gestos y las acciones en el mundo físico, así como las interacciones con otros, las conversaciones y los razonamientos.

Por otro lado, la actividad lingüística expresa también otros aspectos importantes, como la implicación del sujeto en la tarea o en el juicio emitido, sus sentimientos, su estimación de la plausibilidad de una hipótesis o de una conclusión, o todavía la relación de estos elementos entre sí (Vergnaud, 1990). Además, la expresión lingüística y la

disposición en formas simbólicas de representación agregan peso y estabilidad a las formas conceptuales así elaboradas en el transcurso del desarrollo, y acuden al auxilio de la conceptualización implícita en la acción (Vergnaud, 2013a).

2.5.3. Concepciones de los estudiantes.

Según Quiroz y Rodríguez (2017), dentro de la TCC las concepciones son las creencias, actitudes y las consideraciones que se posee acerca de algún tema, las cuales están conformadas por una situación, un conjunto de esquemas, representaciones simbólicas y una estructura de control. Por lo tanto, se puede decir que las concepciones son representaciones lingüísticas y simbólicas que utilizan los estudiantes para exteriorizar sus esquemas mentales que se activan para afrontar una situación como consecuencia del proceso de conceptualización.

Al respecto, Vergnaud (2013b), expresa que la conceptualización se da a partir de la identificación de objetos, de sus propiedades y su relación con otros, por lo que la percepción y la acción están muy ligados a este proceso. Esto se evidencia en el aula de clase cuando el estudiante interactúa con los compañeros o con el docente al momento de expresar las ideas que tiene acerca de algún tema, la cual puede ser de forma oral o escrita.

2.5.4. La teoría de los Campos Conceptuales en la enseñanza-aprendizaje de la física.

Con el propósito de analizar como las ayudas pedagógicas y la teoría de los campos conceptuales pueden mejorar la comprensión conceptual de la física. En la Tabla 2.4, se muestran los estudios basados en la teoría de los campos conceptuales que se han llevado a cabo en diferentes contextos relacionados con la enseñanza de la física entre los años 2011 y 2017. Para ajustar la búsqueda a los objetivos planteados en este estudio, se siguieron los siguientes criterios:

1. *Buscador*: se utilizó el metaCercador Plus de la Universidad de Lleida.
2. *Palabras clave*: se realizaron diferentes combinaciones de las palabras “campo conceptual” o “campos conceptuales” o “concept field” o “conceptual fields” (frase exacta) con “physics” o “physics education” o “física” o “enseñanza de la física” (frase exacta).
3. *Bases de datos*: los artículos se encuentran disponibles en Social Sciences Citation Index (Web of Science), Science Citation Index Expanded (Web of Science), ERIC (U.S. Dept. of Education), Scopus (Elsevier) y/o Science Direct Journals (Elsevier).

4. *Tipo de publicación*: solo artículos en “Revistas Peer-Reviewed”.
5. *Año de publicación*: 2011 - 2017 (Este intervalo de tiempo corresponde con los 6 años previos a la presente investigación, esto con el propósito de analizar los estudios más recientes en el área de la enseñanza de la física).
6. *Nivel educativo*: universitario.

Luego, los resultados fueron organizados y analizados a partir de los criterios de clasificación realizada por Bakker, Smit, y Wegerif (2015), específicamente en lo que respecta al propósito, el mediador, la modalidad y los tipos de ayudas pedagógicas. Además, se incorporó una breve descripción de la intervención, el contenido físico y sus conclusiones más relevantes.

Tabla 2.4. Clasificación de los artículos basados en la teoría de los campos conceptuales.

| Autor(es) | Características de las Ayudas Pedagógicas | | | | Contenido de física | Descripción de la intervención | Resultados relevantes/conclusiones |
|--|---|----------------------|-----------|--|--|--|--|
| | Propósito | Quién guiaba | Modalidad | Tipo | | | |
| Pantoja, Moreira, y Elnecape (2012) | La adquisición y retención de conocimiento explícito y las operaciones de pensamiento. | Investigador | Uno a uno | Conceptuales: -Situaciones-problema. Metacognitivas: -Preguntas. | -Mecánica cuántica. | Los investigadores escribían en la pizarra diferentes situaciones-problema, para que los estudiantes expresaran sus concepciones acerca del contenido. Posteriormente los estudiantes resolvían diferentes problemas. | De forma general, se observó una evolución en la comprensión de los conceptos involucrados en esta implementación, sin embargo, no todos los estudiantes evolucionaron de la misma forma en todos los conceptos. |
| Chávez y Andrés (2013) | Reducir el tiempo (eficiencia) empleado en el desarrollo de los trabajos de laboratorio sin afectar el aprendizaje (efectividad) de los estudiantes en acción | Docente/Investigador | Pares | Conceptuales: -Situaciones-problema. Metacognitivas: -Preguntas. Procedimentales: -Experimentos. Técnicas: -Videos. | -Mecánica clásica newtoniana. | Los estudiantes siguieron las fases del trabajo de laboratorio contempladas en el MATLaF, haciendo énfasis en las fases enfocadas al dominio teórico y transformando las tareas del dominio metodológico a través del uso de los videos. | El uso del video para analizar el fenómeno físico, redujo el tiempo utilizado en las fases metodológicas y aprovechándolo en las de dominio conceptual. Lo que ayudó a los estudiantes a mejorar su comprensión sobre los conceptos relacionados con la práctica de laboratorio. |
| Llancaqueo, Lebrecht, y Jiménez-Gallardo (2013) | El aprendizaje de significados científicos de los conceptos. | Docente/Investigador | Uno a uno | Conceptual: -Situaciones-problema. | -Fuerza. -Energía mecánica. | A los estudiantes se les plantaba una serie de situaciones-problema que debían resolver en el aula de clase. | Lo estudiantes se acercaron a los significados científicos de los conceptos pertenecientes al campo conceptual de fuerza y energía mecánica, en el contexto de situaciones asociadas a un cuerpo en movimiento. |
| Alzugaray, Massa, y Moreira (2014) | Reforzar y ampliar la producción de explicaciones sobre los fenómenos físicos. | Investigador | Uno a uno | Conceptual: -Situaciones-problema. Metacognitivas: -Preguntas. Técnicas: -Simulaciones. | -Campo eléctrico. -Potencial eléctrico. | Los estudiantes trabajaron en grupos con simulaciones referentes al fenómeno físico. Luego, los estudiantes debían interpretar las imágenes observadas y expresarlas en el informe escrito y en intervenciones orales. | La interacción con las simulaciones ayudó a los estudiantes a comprender los conceptos relacionados con los fenómenos estudiados. |

| Autor(es) | Características de las Ayudas Pedagógicas | | | | Contenido de física | Descripción de la intervención | Resultados relevantes/conclusiones |
|---|---|----------------------|-----------|---|--|---|--|
| | Propósito | Quién guiaba | Modalidad | Tipo | | | |
| Parisoto, Moreira, y Dröse (2014) | El aprendizaje significativo de conceptos físicos | Investigador | Uno a uno | Conceptuales: -Situaciones-problema. -Mapas de concepto. Metacognitivas: -Preguntas. Procedimentales: -Experimentos. Técnicas: -Simulaciones. | -Termodinámica. | Los estudiantes debían desarrollar un proyecto llamado “Ciudad Planificada y auto sostenible”, en el que debían diseñar dos experimentos, uno real y uno virtual en los que se involucraban diferentes conceptos relacionados con la termodinámica. | Algunos estudiantes evidenciaron aprendizaje significativo en cuanto a conceptos y procedimientos relacionados con algunos tópicos relacionados con el proyecto desarrollado. |
| Pesa, Bravo, Pérez, y Villafuerte (2014) | La comprensión conceptual y la adquisición de competencias metodológicas. | Docente/Investigador | Pares | Conceptual: -Situaciones-problema. Metacognitivas: -Preguntas. Procedimentales: -Experimentos. | -Conductividad eléctrica. | Los estudiantes reunidos en pequeños grupos realizaron actividades integradoras de los aspectos teóricos y metodológicos dentro de un laboratorio de física. | Los estudiantes mostraron avances en la adquisición de competencias relacionadas con el ámbito de la ingeniería. |
| Bravo y Pesa (2016) | El desarrollo de competencias cognitivas, metodológicas y de interacción social de los estudiantes. | Docente/Investigador | Pares | Conceptuales: -Situaciones-problema. Metacognitivo: -Preguntas. Procedimentales: -Experimentos. | -Interferencia y difracción de la luz. | Los estudiantes desarrollaron ciclos de actividades organizados en pequeños grupos, las actividades consistían en resolver situaciones-problema siguiendo las etapas del proceso científico y en el que el docente adquirió el rol de mediador de los conocimientos y promotor de las interacciones sociales. | Las actividades de integración de los aspectos teóricos y metodológicos promovieron en los estudiantes un aprendizaje significativo de los conceptos estudiados. |
| Escudero, Jaime, y González (2016) | Análisis de los invariantes operatorios de los estudiantes. | Docente/Investigador | Uno a uno | Conceptuales: -Situaciones-problema. Metacognitivo: -Preguntas. Procedimentales: -Experimentos. Técnicas: -Simulaciones. | -Efecto fotoeléctrico. | Los estudiantes resolvían situaciones-problema de forma individual. | La implementación realizada permitió detectar los invariantes operatorios de los estudiantes, lo que puede dar una idea sobre los esquemas que utilizan para enfrentarse a situaciones-problema relacionados con los conceptos físicos estudiados. |

Como resultado de esta revisión, se encontraron 8 artículos que cumplían con los criterios ya mencionados, de los cuales en 3 se utilizó la palabra *scaffolding* correctamente según la definición dada en la sección 2.3.1.

2.7.4.1. ¿Cuál era el propósito de estos estudios?

En primer lugar, la mayoría de los estudios se enfocó en el aprendizaje significativo de diferentes conceptos físicos, algunos incluso con un alto grado de abstracción, como son los temas de la física moderna, a través de la resolución de situaciones-problema (Pantoja et al. (2012); Escudero et al. (2016)). Esto justifica la utilización de la TCC como referente, porque teniendo claro cuál es el campo conceptual de los temas sobre el que se quiere realizar la intervención, se facilita el diseño de actividades para mejorar la comprensión de los conceptos involucrados y la detección de las concepciones de los estudiantes.

En segundo lugar, se tienen los estudios que implementaban la TCC a través de actividades experimentales (Chávez y Andrés (2013); Parisoto et al. (2014)); destacando que esta visión de la actividad experimental, específicamente, del laboratorio, trata de romper con el modelo tradicional de enseñanza en este contexto en el que se sigue el método científico para comprobar los modelos físicos. Sin embargo, estos estudios muestran que la actividad experimental también puede promover procesos cognitivos en los estudiantes y así alcanzar la comprensión conceptual de los modelos físicos.

Finalmente, hubo estudios cuyo propósito era el de desarrollar en los estudiantes comprensión conceptual y habilidades metodológicas, a través de experimentos de laboratorio, destacando el estudio de Bravo y Pesa (2016), que también tenía entre sus propósitos el de desarrollar habilidades de aprendizaje colaborativo. Este estudio es una muestra de que se puede combinar de forma efectiva la teoría de los campos conceptuales a través del aprendizaje de conceptos y la teoría sociocultural a través de interacción con otras personas; este es un aspecto importante para la presente investigación, ya que, en el modelo pedagógico propuesto se pretende combinar elementos de ambas teorías para que los estudiantes puedan alcanzar la comprensión conceptual, mientras desarrollan habilidades científicas y de aprendizaje colaborativo.

2.7.4.2. ¿Quién guiaba la intervención?

En esta revisión destaca el alto número de estudios que fueron dirigidos por la figura del docente/Investigador, el cual tiene la ventaja de estar al día sobre las investigaciones

que se realizan en su disciplina, lo que lo impulsa a estar constantemente innovando dentro de su aula de clase; otra ventaja es la de conocer directamente los problemas que se generan en el aula y por lo tanto tener una mayor claridad al momento de diseñar intervenciones para darles solución (Medina, 2013). No obstante, la desventaja que se presenta cuando el docente realiza sus intervenciones en su mismo contexto es que sus resultados son limitados y por tanto difíciles de generalizar (Wood, Galloway, Sinclair, y Hardy, 2018).

Por otra parte, en ninguna de las investigaciones se menciona la presencia de asistentes docentes o una figura similar que sirviera de apoyo en las actividades durante la intervención, incluso en aquellos estudios desarrollados en el ámbito del laboratorio, en los que es importante el apoyo técnico. Sin embargo, en el contexto de la presente investigación se considera importante este rol, ya que, le permite al docente poder observar el proceso de enseñanza-aprendizaje desde otro punto de vista (Hernandez y Ravn, 2014).

Para concluir, se puede decir que, aunque los resultados obtenidos en estudios en los cuales el investigador es el mismo docente que realiza la intervención no permitan su generalización a otros contextos (Wood, Galloway, Sinclair, y Hardy, 2018); consideramos, que en el caso de la TCC es importante que el que dirija su implementación por primera vez, sea la misma persona que diseñó el campo conceptual de referencia, ya que, le permite recabar información sobre las situaciones-problema, los conceptos y las representaciones, y de este modo, ajustarlas a su contexto.

2.7.4.3. ¿Qué ayudas pedagógicas se utilizaron durante las intervenciones?

En esta revisión se encontraron diferencias en las modalidades implementadas en cada investigación, siendo mayoría la modalidad *Uno a uno*, algo que se puede esperar pues la TCC es vista como una teoría que se enfoca en las formas en que el individuo aprende. Esto pudiera ser la respuesta al tipo de ayuda que más utilizaron esos investigadores, las cuales estaban dirigidas a mejorar la comprensión conceptual a través de actividades centradas en la solución de situaciones-problema; los otros tipos de ayudas más comunes encontradas en los estudios bajo esa modalidad fueron metacognitivas a través de preguntas y técnicas con el apoyo de las TIC y de actividades experimentales.

Cabe destacar, que en las investigaciones que se siguió la modalidad de *Pares*, fueron utilizadas las preguntas como principal ayuda para promover las discusiones entre los estudiantes (Bravo y Pesa (2016); Chávez y Andrés (2013); Pesa et al. (2014)).

Destacando el estudio de Chávez y Andrés (2013), los cuales aplicaron un modelo de aprendizaje (MATLaF), que integra la teoría de los campos conceptuales con las fases del proceso de indagación organizadas dentro de la V heurística de Gowin (1984), con el propósito de superar el trabajo de laboratorio tradicional, a través de la discusión en las fases más relacionadas con la teoría y el uso de las TIC como apoyo a la actividad experimental.

Como conclusión, se puede decir que la modalidad de ayudas pedagógicas que más se adapta a las actividades experimentales es la del trabajo entre pares, ya que, permite discutir sobre las aplicaciones reales de un modelo físico. Esto promueve que las concepciones de los estudiantes se acerquen a los conceptos aceptados por la ciencia y a su vez el estudiante puede aplicar en su vida cotidiana los modelos físicos aprendidos, para resolver las situaciones-problema que se le presenten.

2.7.4.4. ¿Cómo construyeron el campo conceptual para la intervención?

A pesar de que existe consenso en los componentes de un campo conceptual, hubo diferencias entre los investigadores al momento de organizarlos. Esto se observó en tres estudios en los que los investigadores presentaron su campo conceptual, en 2 estaban organizados en forma de tabla y en uno en forma de figura (ver Figura 2.6).

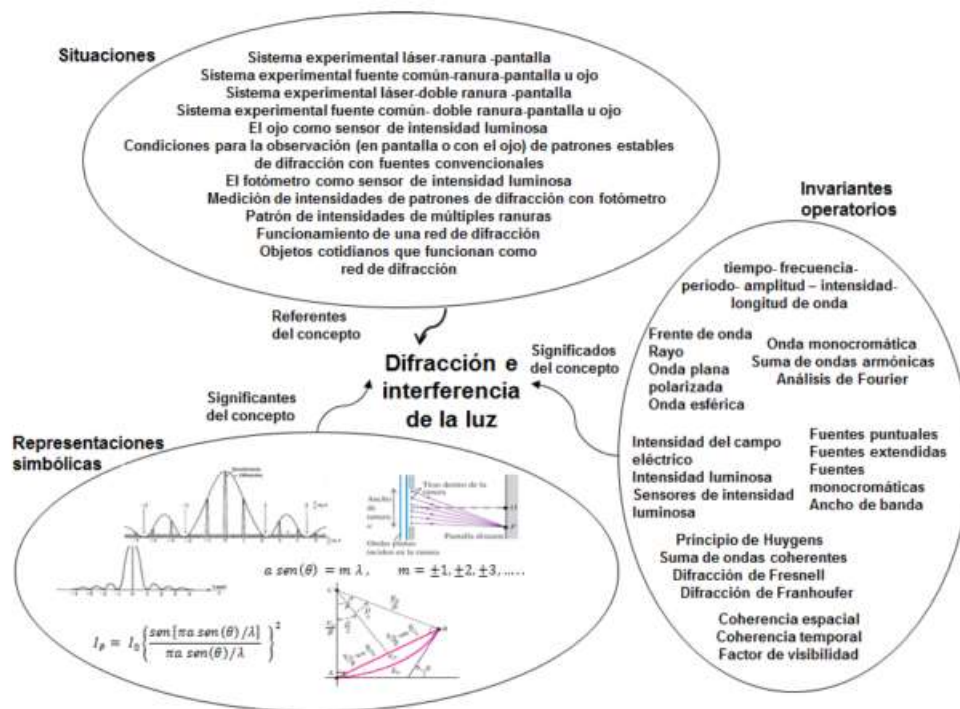


Figura 2.6a

| Problem situations | Concepts involved | Situación | Objetivo | Conceptos requeridos |
|--|---|--|---|---|
| Let's suppose you are an engineer and need to choose the parameters you will use to make the electrical connection of a city: a) Which variables, related to Thermodynamics, would you consider? b) Which thoughts, related to Thermo-dynamics would you have? Use Mathematics to support your ideas. c) Give a numerical example. Consider that the city has well-defined stations. | Length, area, volume, linear coefficient of expansion, superficial and volumetric, variation, thermal equilibrium, cold, hot, temperature and heat. | I: Represente el campo eléctrico mediante vectores de campo y líneas de campo. | Estudiar el campo eléctrico generado por cargas eléctricas en reposo, en particular, su representación, el reconocimiento y descripción de propiedades asociadas a dicha configuración. | Carga, fuerza eléctrica, campo eléctrico, principio de superposición, líneas de campo |

Figura 2.6b

Figura 2.6.c

Figura 2.6. Organización del campo conceptual, tomado de los autores Bravo y Pesa (2016) (figura 2.6a); Alzugaray et al. (2014) (figura 2.6b); Parisoto et al. (2014) (figura 2.6c).

En primer lugar, en la figura 2.6a realizada por Bravo y Pesa (2016), se pueden observar los componentes principales que utilizaron para organizar su campo conceptual, los cuales son: situaciones, invariantes operatorios y representaciones simbólicas. Esta forma de representación del campo conceptual, es adecuado para enseñar los componentes de un campo conceptual a los docentes, y así puedan tener una guía para diseñar los propios.

En segundo lugar, la tabla realizada por Parisoto et al. (2014) (2.6 b), con solo dos componentes: situación-problema, conceptos involucrados, y la tabla elaborada por Alzugaray et al. (2014) (2.6 c), en la que se encuentran los componentes situación, objetivo, conceptos requeridos. Estas tablas están organizadas de tal forma que pueden ser explicadas a los estudiantes para que puedan ser conscientes de los objetivos de aprendizaje que conforman un tema o una asignatura.

En definitiva, tomando en cuenta estos aspectos para la presente investigación se considera que una forma adecuada para diseñar el campo conceptual de referencia es que éste incluya la situación, el conjunto de conocimientos, conceptos y teoremas, y las representaciones, correspondientes a cada tema dentro de la asignatura. De esta forma, el campo conceptual de referencia puede ser replicado por otros docentes dentro de la misma asignatura o adaptados a otros contextos educativos.

2.7.4.5. ¿Cuáles fueron sus principales resultados o conclusiones?

De forma general, se observó una evolución en la comprensión de los conceptos involucrados en esta implementación, sobre todo en los estudios en los que se integraban los conceptos teóricos con las actividades experimentales (Bravo y Pesa, 2016), porque fueron las estrategias que obtuvieron mejores resultados al ayudar a los estudiantes a comprender los conceptos relacionados con los fenómenos estudiados de forma más

contextualizada (Parisoto et al., 2014). Esto evidencia que la combinación de estrategias enfocadas a la comprensión conceptual y al desarrollo de habilidades científicas puede ser efectiva Bravo y Pesa (2016), más aun, cuando la implementación de estas estrategias se realiza a través del trabajo colaborativo en donde el dialogo entre los agentes educativos en cada una de las fases del proceso de indagación (Chávez y Andrés, 2013).

Sin embargo, no todos los estudiantes evolucionaron de la misma forma en todos los conceptos, ya que en algunos casos mantuvieron los invariantes operatorios que tenían antes de la intervención. Esto pudo tener dos causas, por un lado, la dificultad propia de los conceptos, los cuales en su mayoría tiene un alto nivel de complejidad (Pantoja et al., 2012), por otra parte, puede que los estudiantes tuvieran poca destreza en el manejo de las herramientas matemáticas (Llancaqueo et al., 2013).

Finalmente, el uso de las TIC para apoyar el análisis de los modelos físicos puede mejorar la integración entre las clases teóricas y el laboratorio, como es el caso de las simulaciones (Alzugaray et al. (2014); Parisoto et al. (2014); Escudero et al. (2016)), y de los programas de análisis de video (Chávez y Andrés, 2013). Por consiguiente, en nuestro trabajo se considera necesario analizar cuáles son los momentos y contextos más adecuados para incorporar las TIC dentro del modelo pedagógico propuesto.

2.7.4.6. ¿Qué limitaciones encontraron?

En primer lugar, Llancaqueo et al. (2013), señalan que sus estudiantes mostraron dificultad en la resolución de situaciones-problema relacionados con del tema trabajo y energía. En este sentido, nuestro trabajo con la intención de superar esta dificultad va a diseñar ayudas que apoyen la resolución de problemas, como el uso de simulaciones informáticas, las cuales han demostrado dar buenos resultados en la comprensión de este tema (Díaz y Pandiella, 2016).

En segundo lugar, se encontró que los estudiantes tienen dificultad al momento de comunicar de forma oral o escrita los resultados del trabajo de laboratorio (Chávez y Andrés, 2013). Por tal motivo, es importante que los docentes diseñen materiales dirigidos a guiar a los estudiantes en el proceso de escritura o de comunicación de sus investigaciones, lo cual podría solventarse proporcionándoles a los estudiantes modelos de artículos científicos y explicándoles que se debe escribir en cada apartado.

Para concluir, se puede decir que las limitaciones encontradas pueden ser superadas a través de la organización adecuada del tiempo y de los recursos disponibles, ya que por lo general los docentes le dan más importancia a la cobertura del programa de la

asignatura que al proceso de enseñanza-aprendizaje (Coil, Wenderoth, Cunningham, y Dirks, 2010). En este sentido, el análisis previo a la selección del contexto (clase teórica o laboratorio) aplicación del modelo pedagógico es fundamental para la creación de los recursos materiales y humanos que apoyarán su implementación.

2.4.5.7. Conclusiones de la revisión bibliográfica sobre la teoría de los campos conceptuales.

En primer lugar, en cuanto a los agentes educativos que ejerzan el rol de mediador (docente y/o asistentes docentes) es importante que estén capacitados para diseñar e implementar estrategias basadas en la teoría de los campos conceptuales, ya que, de esta forma el mediador podrá evaluar de forma precisa las concepciones de los estudiantes sobre determinados modelos físicos, antes, durante y después del proceso de enseñanza-aprendizaje.

En segundo lugar, en el contexto del laboratorio los estudiantes presentan dificultades para conectar los modelos físicos aprendidos en las clases teóricas, y para aplicarlos en la realidad (Chávez y Andrés, 2013). Esto podría estar causado porque en la mayoría de los programas de educación universitaria, las asignaturas teóricas y los laboratorios no son simultáneos porque los primeros son prerrequisitos de los segundos; es por esto que, en la presente investigación, es importante que se incorporen actividades experimentales tanto en las clases teóricas como en las sesiones de tutoría, así el estudiante tendrá una visión integral de la actividad científica desde las asignaturas básicas (Chávez y Andrés, 2013), lo que supondría un mejor desempeño en las asignaturas posteriores.

Finalmente, el campo conceptual de referencia debe estar diseñado de forma que contenga los elementos necesarios para poder analizar las concepciones en función de los conceptos aceptados por la ciencia. Por consiguiente, la construcción del CC debe ser una tarea conjunta entre los docentes que impartan la asignatura en la que se implementará el modelo pedagógico, porque de esta forma podrá ser utilizado por los docentes involucrados e incluso servir a otros docentes en otras áreas.

En resumen, tomando en cuenta la TCC y los estudios llevados a cabo por diversos investigadores, se puede construir un campo conceptual que permita establecer los conceptos básicos que deben aprender los estudiantes en una asignatura de física, y las situaciones más acordes para el contexto en que se desarrolló esta investigación. sin embargo, es importante que la enseñanza de conceptos este acompañada por la

experimentación, ya que esto le daría al estudiante la oportunidad de tener una visión global de los procesos que sigue la ciencia para generar conocimiento.

2.6. Enseñanza-aprendizaje de la Física por indagación.

Desde el comienzo, la ciencia ha establecido ciertas maneras de generar conocimiento para que este pueda no solo ser aceptado por todos, sino que también pueda ser replicado por otros científicos. Posteriormente, cualquier conocimiento generado desde la ciencia para ser considerado válido por la comunidad científica, debía seguir una serie de pasos los cuales se organizaron en lo que se denomina “Método Científico”.

Actualmente, a pesar de que aún se utilizan los mismos elementos de este “Método Científico”, no se sigue un orden específico, permitiendo desarrollar conocimiento científico desde diferentes puntos de vista, es decir, es más importante enfocarse en cada elemento que conforma esta manera de proceder de los científicos, más que en la secuencia en la que estos se organizan para resolver un problema.

De esta forma, se puede decir que la indagación es un proceso que sigue la persona para darle respuesta a una pregunta, encontrar la causa de un hecho o resolver un problema. Al respecto, Harlen (2013), expresa que la indagación conduce al conocimiento de los objetos o fenómenos particulares que se investigan, genera reflexión sobre los procesos de pensamiento y ayuda a construir conceptos generales a partir de los datos recolectados.

Igualmente, Dostál y Klement (2015), expresan que la instrucción basada en la indagación desarrolla la capacidad de encontrar nueva información y contrastarla con diferentes puntos de vista, además, promueve la motivación y la comunicación entre los participantes de la clase, lo que beneficia el trabajo en equipo. Por lo tanto, se debe crear un ambiente en el que la realización de actividades prácticas y colaborativas, despierten la curiosidad por la búsqueda de información incluso más allá del aula de clase.

De este modo, la indagación juega un papel importante en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias porque requiere que los estudiantes utilicen el conocimiento teórico junto con las habilidades científicas y las actitudes sociales para resolver problemas (Crujeiras y Jiménez, 2015). Por consiguiente, es necesario tener una definición clara de lo que significa la indagación para el proceso de enseñanza-aprendizaje, para lograr mejores resultados como consecuencia de su implementación en el aula.

2.6.1. Definición de enseñanza-aprendizaje por indagación.

Uno de los referentes en el que se han basado muchos investigadores en el ámbito educativo para definir el proceso de indagación es John Dewey. El cual fue uno de los promotores del “aprender haciendo” y que define a la indagación como:

“La indagación es la transformación controlada o dirigida de una situación indeterminada en una que está tan determinada en sus distinciones y relaciones constitutivas como para convertir los elementos de la situación original en un todo unificado” Dewey (2013, p. 104).

Realizando un análisis a profundidad de esta definición, se encuentra en primer lugar, la frase “la indagación es la transformación controlada o dirigida”, desde un punto de vista educativo, esto pudiera interpretarse como un proceso que necesariamente debe estar guiado por el docente. Esto pudiera contrastarse con algunas definiciones actuales como las de McComas (2014) y Callison (2015), en las que expresan que la indagación puede ser estructurada, guiada pero que también puede ser abierta, lo que amplía un poco más la definición de Dewey.

En segundo lugar, está la frase “situación indeterminada” que puede hacer referencia a algo que es desconocido al comienzo por la persona, es decir, como un problema que puede ocurrir en cualquier momento. Posteriormente, en la segunda parte de la definición, se hace mención al resultado del proceso de indagación, en el que la persona involucrada habrá comprendido en todas sus dimensiones la situación-problema a la que se enfrentó.

Cabe destacar, que la segunda parte de esta definición si podría coincidir con la mayoría de los investigadores y que es utilizada como base en la mayoría de las intervenciones que se realizan en la enseñanza de las ciencias. En este sentido, para Harlen (2013), aprender a través de la indagación es un proceso en el que los estudiantes desarrollan la comprensión de la situación a través de su propias sus experiencias y la relación de estas con sus ideas.

Un segundo referente importante dentro de la investigación educativa es Gordon Wells, el cual le da un papel preponderante a las interacciones sociales que se dan en el contexto de la indagación, ya que expresa que la indagación va más allá de un método o procedimiento, es una forma de relacionar las experiencias y las ideas, a través del planteamiento de preguntas y de intentar darles respuesta en colaboración con otros. Por lo tanto, el objetivo de la indagación debe ser el de desarrollar la capacidad de utilizar los

conocimientos adquiridos individualmente y compartirlos con los compañeros a través del desarrollo de habilidades sociales que les permitirán pensar y actuar de manera conjunta para la solución de los problemas que se les planteen en ese momento o en el futuro (Wells, 1999).

Esta postura acerca de la indagación se aproxima a la de Maaß y Artigue (2013), quienes expresan que la indagación es un enfoque de enseñanza centrado en el estudiante, en el que éste formula preguntas, explora situaciones y es capaz de desarrollar diferentes formas de llegar a la solución. Esta definición sugiere otra característica que distingue este enfoque de la enseñanza tradicional, en lo que se refiere a la figura principal dentro del aula de clase, trasladando el protagonismo del docente al estudiante, lo que hace necesario que cada participante dentro del proceso de indagación conozca el rol que debe desempeñar.

2.6.1.1. Rol del docente.

Considerando que una educación basada en la indagación contrasta con la tradicional, es importante capacitar al docente en este nuevo rol, además de motivarlo a incorporar este enfoque en sus clases, ya que de esta forma tendrá la convicción suficiente llevarlo a cabo. Al respecto, Wells y Mejía (2005), afirman que una de las formas de lograr esto es que los docentes adopten la investigación como forma de mejorar tanto su formación como su praxis en el aula, lo que les dará la experiencia necesaria para que pueda posteriormente ayudar a sus estudiantes en cada una de las fases de la indagación.

Una primera característica del docente que promueve la indagación en su aula la expresan Cuesta y Benavete (2014), al plantear que el docente debe ser un guía para los estudiantes, para que estos puedan construir los conceptos y las estrategias de pensamiento científicos a partir de la exploración sistemática y el análisis crítico de diversas fuentes de información, de forma semejante al quehacer científico. Otra manera de enfocar esta mediación del docente, la proponen Vera, Rivera, Fuentes, y Romero (2015), cuando expresan que el docente puede guiar al estudiante en el proceso indagatorio, exponiendo alguna investigación que se haya realizado previamente, y luego, explicando los pasos realizados en cada una de las etapas para llegar a la solución del problema, finalmente, el estudiante es invitado a repetir este proceso con un nuevo problema.

Un segundo rol es el propuesto por Schmid y Bogner (2015), el cual está relacionado con la figura de autoridad, ya que en este enfoque el docente deja de tener el monopolio

del conocimiento para pasar a ser un promotor de su búsqueda en los estudiantes. Sin embargo, el docente debe estar atento en las fases del proceso de indagación que están más relacionadas con la reflexión y la determinación de las bases teóricas del problema propuesto, ya que los estudiantes podrían dispersarse y perder el interés en la actividad al enfrentarse a la complejidad de esta tarea.

Aquí es necesario resaltar que el cambio de una enseñanza centrada en el docente a una centrada en el estudiante no debe significar la pérdida total del control del aula, ya que no se trata de limitar la función del docente para que los estudiantes puedan tener libertad de realizar las actividades. Lo que representa es que el docente va a pasar a acompañar el proceso de indagación de tal forma que pueda intervenir de manera oportuna y pertinente, para mantener a los estudiantes enfocados en la consecución de los objetivos.

Un aspecto adicional que el docente debe tener es la capacidad de alentar y mantener la motivación de los estudiantes de cara a la realización de las actividades. Puesto que, un estudiante que no se sienta motivado no se involucrará completamente en el trabajo en equipo lo que debilitaría la convivencia y afectaría la efectividad del grupo en el cumplimiento de las tareas.

Por último, al tomar en cuenta todos estos cambios en el diseño de las actividades, también debe cambiar la forma en que se evalúa. De este modo, se debe buscar un equilibrio entre las evaluaciones en las que se califica en base a un tipo de aprendizaje (por ejemplo, exámenes) y las que valoran todo el proceso como los son las evaluaciones formativas y las sumativas.

2.6.1.2. Rol del estudiante.

Al igual que ocurre con el docente, se debe formar a los estudiantes hacia esta modalidad educativa, en la que este pasa a ser el centro de todas las actividades que se diseñen. Por lo tanto, el estudiante debe tomar consciencia de esta responsabilidad, al formar parte activa de su misma formación.

En este sentido, una de las primeras características que debe tener el estudiante es la de elaborar y respetar junto a sus compañeros las normas de convivencia para el trabajo en equipo. Al respecto, Cuesta y Benavete (2014), expresan que en este modelo el conocimiento científico se construye a partir de los argumentos obtenidos de la información recolectada, y del acuerdo entre los pares con los que se comparten las reglas

necesarias para superar los momentos de confrontación causados por los diversos puntos de vista.

Un segundo aspecto relevante es que los estudiantes deben participar activamente durante las actividades propuestas, lo que es importante para enriquecer el debate y así tomar las mejores decisiones. Al respecto, Belo, van Driel, van Veen, y Verloop (2014), afirman que los estudiantes son los principales responsables de adquirir y procesar su propio conocimiento a través de la participación activa en las actividades prácticas que se realicen en el grupo de trabajo.

Cabe destacar un tercer aspecto relacionado con la actitud del estudiante hacia la ciencia, el cual debe verla como una forma de comprender el mundo en el que vive y un medio para resolver los problemas actuales. Por lo que el docente debe proporcionar un ambiente de aprendizaje en que el contexto juegue un papel relevante, así como mostrar al estudiante la relación de lo aprendido con las competencias inherentes con el trabajo que desempeñará en el futuro.

Finalmente, las funciones tanto del docente como de los estudiantes influirán en el proceso de indagación, pues esto involucra que las actividades serán más o menos guiadas por el docente. En consecuencia, es necesario establecer cada uno de los elementos que caracterizan estos niveles y como se articulan dentro del aula de clase.

2.6.2. Niveles del proceso de indagación.

Algunos autores han propuestos diferentes niveles de la indagación a partir de la cantidad de intervención del docente. Al respecto, Schmid y Bogner (2015), expresan que el aprendizaje basado en la indagación puede desarrollarse en diferentes niveles que variarán en función del nivel de control del docente y la autonomía de los estudiantes en la organización y realización de las actividades.

De esta forma, diferentes autores como McComas (2014) y Callison (2015), han destacado la existencia de tres niveles de indagación, los cuales son: estructurada, guiada y abierta.

2.6.2.1 Indagación estructurada.

Para McComas (2014), la indagación estructurada es la forma más orientada al docente, el cual proporciona a los estudiantes el problema a investigar, además del procedimiento que deben seguir para resolverlo. Esto coincide con Whitworth, Maeng, y Bell (2013), los cuales expresan que en este nivel, el docente proporciona a los

estudiantes la pregunta y el procedimiento pero se reserva los resultados de la investigación.

Asimismo, según Callison (2015), en esta etapa predomina el seguimiento de pasos y de reglas, lo que podría beneficiar a las personas que comienzan en el proceso de indagación. Por lo general, el docente selecciona un problema para todo el aula y los estudiantes lo resolverían siguiendo los pasos propuestos de forma individual, en parejas o en pequeños grupos.

2.6.2.2. Indagación guiada.

En primer lugar, según Whitworth et al. (2013), en la indagación guiada los estudiantes adquieren un grado más de autonomía por lo que tiene que tener una mayor conciencia de las fases del proceso científico. Por consiguiente, el docente debe hacer énfasis en las tareas que los estudiantes deben realizar en cada una de estas fases antes de pasar a ejecutarlas.

En segundo lugar, McComas (2014), expresa que en este nivel el docente sólo les proporcionará a los estudiantes la pregunta o el tema de investigación, para que luego, estos desarrollen su propio procedimiento para responderla. Sin embargo, el docente establecerá unas pautas o guías que los estudiantes deberán tomar en cuenta para llevar a cabo la investigación, por lo que los procedimientos y resultados esperados pueden ser similares entre los grupos.

Por último, para Callison (2015), en este nivel ya se nota el cambio de roles entre el docente y estudiante, de este modo el docente se convierte en un tutor del proceso indagatorio, puesto que, éste pondrá los límites que enmarcaran la investigación. En el caso del estudiante, hay un aumento de la autonomía, pero que aún se evidencian en él la carencia de ciertas habilidades, por lo que es común la realización de proyectos en equipo.

2.6.2.3. Indagación abierta.

Este nivel es el menos estructurado y más centrado en el estudiante, por lo que éste será el principal responsable del desarrollo del proceso de investigación. Para McComas (2014), esto representa a la investigación auténtica, ya que el estudiante tiene la libertad suficiente para poner en práctica toda su experiencia y habilidades con el propósito de solucionar un problema.

Al respecto, Whitworth et al. (2013), afirma que en la indagación abierta los estudiantes eligen el tema, crean su propio procedimiento y, a través del análisis de datos, descubren la solución a su pregunta de investigación. De manera que esta modalidad puede ser utilizada por los docentes para reforzar los conceptos teóricos a la vez que los estudiantes ponen en práctica las habilidades adquiridas en investigaciones previas.

En este orden de ideas, Callison (2015), expresa que es frecuente que la indagación abierta sea desarrollada más allá del aula, en los que los datos pueden ser recolectados directamente en el contexto relacionado con el problema. Por lo tanto, hay que tomar en cuenta el tiempo necesario para llevar a cabo este tipo de investigación, que va desde la selección del tema hasta la comunicación de los resultados obtenidos.

En resumen, se puede decir que los niveles del proceso de indagación permiten determinar cuáles son las responsabilidades de cada agente que interviene durante el proceso de enseñanza-aprendizaje basado en la indagación. Sin embargo, para cada nivel, es necesario definir las etapas o fases, para facilitar el diseño de las tareas que deben realizar los estudiantes para completar el proceso de indagación y así alcanzar los objetivos propuestos.

2.6.3. Fases del proceso de indagación.

Más allá del nivel de indagación que se seleccione, se deben tomar en cuenta las fases del proceso indagatorio para conocer las tareas relacionadas con cada una de ellas. De este modo, en la Tabla 2.5 se muestran algunos estudios en los que los autores han realizado diferentes clasificaciones y definiciones relacionadas con las fases del proceso indagatorio.

Tabla 2.5. Fases del proceso de indagación en la educación.

| Pedaste et al. (2015) | Domènech C. (2013) | Mikroyannidis, Okada, Correa, y Scott (2016) | Nichols, Burgh, y Kennedy (2017) | Dedić (2014) | Seraphin, Philippoff, Parisky, Degnan, y Warren (2013) |
|-----------------------|--------------------------|--|----------------------------------|--|--|
| -Orientación. | -Introducción. | -Problema. | -Desarrollar ideas. | -Formular preguntas de investigación. | -Iniciación. |
| -Conceptualización | -Objetivos. | -Operacionalización. | -Explorar alternativas. | -Plantear hipótesis. | -Invención. |
| -Investigación. | -Hipótesis. | -Recolección de datos. | -Explorar conceptos clave. | -Experimentar y validar pruebas. | -Investigación. |
| -Conclusión. | -Diseño experimental. | -Análisis de los datos. | -Probar la hipótesis. | -Hacer inferencias causales y reconstruir teorías. | -Interpretación. |
| -Discusión. | -Recogida de resultados. | -Interpretación de los datos. | -Hacer conclusiones. | | -Instrucción. |
| | -Conclusiones. | -Comunicación. | | | |

A partir de esta revisión, se pueden observar diferentes criterios para valorar cuales y cuantas fases posee el proceso de indagación. Por consiguiente, en función de establecer una referencia para la presente investigación, se proponen las siguientes fases: establecer el problema, diseñar el experimento, recolectar los datos, procesar los datos, extraer las conclusiones y divulgar la investigación.

2.6.3.1. Establecer el problema.

Esta es la fase más relacionada con los aspectos conceptuales, donde los estudiantes exteriorizan las concepciones que poseen y las contrastan con la teoría subyacente en el problema propuesto. Al respecto, Pedaste et al. (2015), definen este proceso de conceptualización, como el momento del proceso de indagación en el que se extraen los conceptos clave que permitirán plantear las preguntas y/o hipótesis necesarias para diseñar y construir el montaje del experimento.

En cuanto a la definición de una hipótesis, se puede decir que es una proposición que hace el investigador con el objetivo de establecer algún tipo de relación entre los conceptos clave involucrados con el problema. En este sentido, para Hernández, Fernández, y Baptista (2006), las hipótesis son proposiciones tentativas acerca de las relaciones entre dos o más variables y se apoyan en conocimientos organizados y sistematizados.

2.6.3.2. Diseñar el experimento.

En esta fase se estructuran los procedimientos a seguir para recolectar y procesar los datos, en función de las variables necesarias para la evaluación de la validez de la hipótesis. Al respecto, según Karamustafaoğlu (2011), en esta fase se establecen las variables que serán controladas en el experimento, las cuales se pueden clasificar en:

- Variable independiente: es la variable en la que se centra el experimento, la cual será manipulada de tal forma de que se pueda observar su relación con las otras variables.
- Variable dependiente: es la que cambia en función de la variable independiente, por lo tanto, es la variable que será medida (Hirça, 2011).
- Variables a controlar o intervinientes: son las que pueden influir en la recolección de datos y ocasionar errores sistemáticos.

Además, en este diseño deben ser considerados los equipos e instrumentos disponibles, así como el nivel de destreza en su uso por parte de los estudiantes; por lo

que es importante, hacer un breve diagnóstico sobre las habilidades que poseen al respecto cada uno.

2.6.3.3. Recolectar los datos.

Esta fase se centra en el control de las variables, que según Zhou et al. (2016), es la habilidad científica de manipular y hacer ajustes experimentales cuando los datos son recolectados con la finalidad de comprobar una hipótesis. Durante esa manipulación es importante saber identificar la relación de cada variable dentro del experimento para realizar los ajustes precisos y así obtener datos lo más confiables posibles.

En este sentido, hay que tener claro definiciones como medida directa e indirecta, exactitud, precisión, apreciación de los instrumentos y errores.

- Medida directa: son los datos que el experimentador observa y/o captura directamente del experimento, las cuales pueden obtenerse en tiempo real o posteriormente en función del diseño experimental implementado.
- Medida indirecta: es la que se realiza a partir de la realización de alguna operación matemática en la que se pueden involucrar una o varias medidas directas.
- Precisión: es la propiedades que refleja la cercanía de los resultados de la medición al valor verdadero de la cantidad medida (Fridman, Sabak, y Makinen, 2012). Esto se puede observar cuando se realiza un conjunto de medidas cuyas cantidades son muy similares.
- Exactitud: se pueden especificar dos tipos de exactitud, de una medida y de un instrumento. Según Bucher (2012), la exactitud de una medida en sí misma no tiene otro significado que el de un indicador de calidad y tiene un valor cuantitativo solo cuando está acompañado de información sobre la incertidumbre del sistema de medición. Por otra parte, la exactitud de un instrumento es una indicación cualitativa de la capacidad de un instrumento para medir cantidades cercanas al verdadero valor del parámetro que se mide.
- Apreciación de un instrumento: es el mínimo valor que se puede medir con un instrumento de medida o dentro de una escala de medida.
- Errores experimentales: es la diferencia entre el valor real y la medida obtenida, la cual puede estar influenciada por una serie de factores tales como el observador, el ambiente o el instrumento de medida. Es por esto que se pueden clasificar los errores según su origen en:

- Errores casuales o accidentales: pueden estar ocasionados por descuidos o accidentes en la toma de alguna de las medidas, la cual puede ser descartada si se detecta a tiempo.
- Errores sistemáticos: son los que se comenten por lo general por la falta de calibración del instrumento o por una falla recurrente en el proceso de medición.

Por lo tanto, mientras más conocimiento se tiene sobre los elementos y métodos involucrados en un experimento, como los mencionados anteriormente, será más efectiva la recolección de datos y su posterior interpretación.

2.6.3.4. Procesar los datos.

En esta fase, prevalece el uso de las matemáticas, pues es cuando se realizan los cálculos a partir de las ecuaciones relacionadas con el modelo teórico subyacente en el experimento y se realiza la respectiva propagación de errores. Además, se deben dibujar las gráficas que sean necesarias para observar las posibles relaciones entre las variables, siendo útil cualquier programa informático diseñado para tal fin.

Al respecto, Yanitelli y Scancich (2014, p. 217), expresan que para comprender una gráfica, el estudiante debe:

- Identificar variables.
- Seleccionar e interpretar escalas.
- Interpolar entre los datos experimentales representados.
- Extrapolar más allá de los datos experimentales.
- Identificar la tendencia de los datos.
- Trazar la curva que mejor ajusta los puntos de la gráfica.
- Seleccionar la función matemática correspondiente.
- Interrelacionar el lenguaje simbólico de la matemática con el específico de la física y establecer vínculos con el fenómeno real analizado.

2.6.3.5. Extraer las conclusiones.

En esta fase vuelve a tener un predominio la teoría, porque es cuando ocurre la unificación del modelo teórico con los datos ya procesados e interpretados bajo la perspectiva del investigador, tomando en cuenta los objetivos planteados y la hipótesis para concretar su rechazo o aceptación. Además, según Icart, Pulpón, Garrido, y Delgado-Hito (2012), los resultados servirán de referencia para ordenar las ideas, pero no deben ser una repetición de los mismos ni un resumen del estudio.

2.6.3.6. Divulgar la investigación.

En la actualidad, toda investigación científica se publica con el propósito de realizar un aporte al cuerpo de conocimientos dentro de una o varias disciplinas. En cuanto a las formas más comunes de divulgar las investigaciones se tienen los eventos académicos (congresos, seminarios, jornadas) y las publicaciones escritas (artículos en revistas arbitradas).

En el ámbito educativo, esta fase se realiza con el propósito de evaluar tanto el proceso como el producto resultante del proceso de indagación. Específicamente, en el área de las ciencias se puede presentar de forma escrita a través informes o reportes, y de forma oral en presentaciones con los compañeros de aula o jornadas abiertas a la comunidad.

En resumen, se puede decir que la indagación podría facilitar a los estudiantes la comprensión de los modelos físicos y así enfrentar de manera más efectiva los problemas de su vida cotidiana. Sin embargo, hay que profundizar en el análisis de las habilidades científicas. en función de la adquisición de competencias que necesita el estudiante para su futuro laboral.

2.6.4. Habilidades Científicas.

Una parte esencial del desarrollo del proceso de indagación se sostiene en la capacidad que tienen las personas para aplicar las habilidades científicas en la búsqueda e interpretación de evidencias para la solución un problema (Harlen, 2013). Por lo tanto, se puede decir que la capacidad que tiene un científico para generar conocimiento depende de su habilidad en cada uno de los aspectos que conforman el quehacer científico.

Por consiguiente, las habilidades científicas pueden ser definidas como la capacidad de establecer esquemas de pensamiento y/o acción complejos y organizados para alcanzar un objetivo (Tavares, Vieira, y Pedro, 2017). Por lo tanto, se consideran herramientas indispensables para que los científicos formen una base de conocimientos a partir de la solución de un problema (Coil, Wenderoth, Cunningham, y Dirks, 2010).

Desde la enseñanza de las ciencias el objetivo principal debe ser que los estudiantes desarrollen habilidades científicas, ya que les proporcionará herramientas que utilizarán para construir conceptos científicos para comprender el mundo que los rodea (Farsakoğlu, Şahin, y Karsli, 2012). Además, le proporcionará al estudiante la capacidad de aplicar en su ambiente cotidiano los conocimientos adquiridos, es decir, le permitirá

tomar decisiones informadas sobre los problemas que afectan su entorno familiar y su comunidad (García y Reyes, 2012).

2.6.4.1. Las ayudas pedagógicas en el desarrollo de habilidades científicas en la física.

Con el propósito de conocer cómo se promueve el desarrollo de habilidades científicas en diferentes contextos, se realizó una revisión de las investigaciones dentro de la enseñanza de la física. Además, se analizó como las ayudas pedagógicas influyeron en el desarrollo de las habilidades científicas propuestas en cada estudio.

De este modo, en la Tabla 2.6 se muestra el resultado de la revisión de la literatura relacionada con las investigaciones llevadas a cabo por diferentes autores que han identificado, clasificado, diseñado e implementado estrategias dirigidas a desarrollar habilidades científicas. Para ajustar la búsqueda a los objetivos planteados en este estudio, se siguieron los siguientes criterios:

1. *Buscador*: se utilizó el metaCercador Plus de la Universidad de Lleida.
2. *Palabras clave*: se realizaron diferentes combinaciones de las palabras “science process skills” (frase exacta) o “scientific skills” (frase exacta) con “physics” o “physics education” (frase exacta).
3. *Bases de datos*: los artículos se encuentran disponibles en Social Sciences Citation Index (Web of Science), Science Citation Index Expanded (Web of Science), ERIC (U.S. Dept. of Education), Scopus (Elsevier) y/o Science Direct Journals (Elsevier).
4. *Tipo de publicación*: solo artículos en “Revistas Peer-Reviewed”.
5. *Año de publicación*: 2011 – 2017 (Este intervalo de tiempo corresponde con los 6 años previos a la presente investigación, esto con el propósito de analizar los estudios más recientes en el área de la enseñanza de la física).
6. *Nivel educativo*: universitario.

Luego, los resultados fueron organizados y analizados a partir de los criterios de clasificación realizada por Bakker, Smit, y Wegerif (2015), específicamente en lo que respecta al propósito, el mediador, la modalidad de ayuda pedagógica y los tipos de ayuda. Además, se incorporó una breve descripción de la intervención, el contenido físico y sus conclusiones más relevantes.

Tabla 2.6. Clasificación de los artículos relacionados con las habilidades científicas.

| Autor(es) | Características de las Ayudas Pedagógicas | | | Contenido de física | Habilidades científicas | Descripción de la intervención | Resultados relevantes/conclusiones |
|--|--|--------------|-----------|---|---|--|--|
| | Propósito | Quién guiaba | Modalidad | | | | |
| Phang y Tahir (2012) | El nivel de manejo de las habilidades científicas. | Investigador | Uno a uno | Metacognitivas: -Preguntas. Procedimentales: -Experimentos de laboratorio. | No específica. | -Hacer inferencias. -Formular hipótesis. -Establecer variables. | Los estudiantes realizaron siete experimentos con sus respectivos reportes. Posteriormente se reunió el grupo para discutir acerca del significado de los conceptos hipótesis, inferencia y variable. |
| Hırça (2013) | Las habilidades científicas a través del método de aprendizaje HoPE. | Investigador | Uno a uno | Metacognitivas: -Preguntas. Procedimentales: -Experimentos de laboratorio. | -Dinámica. -Movimiento Armónico Simple. | -Observación -Proveer explicaciones. -Hacer predicciones. -Indagación. -Lógica | Los estudiantes realizaron experimentos físicos usando materiales disponibles de bajo costo antes del curso de laboratorio. |
| Nivalaine, Asikainen, y Hirvonen (2013) | La indagación abierta en un curso de laboratorio. | Instructor | Pares | Metacognitivas: -Preguntas. Procedimentales: -Experimentos de laboratorio. | -Física térmica. -Inducción electromagnética | -Analizar el problema. -Diseño experimental. -Recolectar datos. -Procesar datos. -Extraer conclusiones. -Reconocer limitaciones del método utilizado. | Se llevaron tres tipos de laboratorio, uno completamente guiado, otro parcialmente guiado y el último de forma abierta. En el modo más abierto, los instructores les proporcionaban a los grupos de estudiantes (2 o 3 personas) un tema que ellos debían analizar el problema, planear y ejecutar de forma controlada un experimento, elaborar conclusiones acerca de los datos obtenidos y reconocer las limitaciones los métodos utilizados |
| Unal y Ozdemir (2013) | La resolución de problemas a través de un laboratorio basado en la indagación. | Tutor | Pares | Metacognitivas: -Preguntas. Procedimentales: -Hojas de trabajo. -Experimentos de laboratorio. | No específica. | -Formular hipótesis. -Diseño experimental. -Identificar variables. -Resultados -Elaborar recomendaciones. | Cada semana los estudiantes participaban sesiones de laboratorio, los cuales debían completar las hojas de trabajo relacionadas con problemas de la vida cotidiana. |

| Autor(es) | Características de las Ayudas Pedagógicas | | | | Contenido de física | Habilidades científicas | Descripción de la intervención | Resultados relevantes/conclusiones |
|--|---|---------------------------|-----------|---|------------------------------|--|--|--|
| | Propósito | Quién guiaba | Modalidad | Tipo | | | | |
| Bolat et al. (2014) | Resolver problemas sobre circuitos eléctricos simples. | Investigador | Pares | Metacognitivas: -Preguntas. Procedimentales: -Hojas de trabajo. -Experimentos de laboratorio. | Circuitos eléctricos simples | -Formular hipótesis. -Identificar variables (independiente, dependiente y variables a controlar). -Diseño experimental. | La actividad se desarrolló en un laboratorio de física, en donde los estudiantes organizados en parejas debían responder la pregunta “¿Qué afecta al brillo de una bombilla?”. Durante el proceso de solución de este problema, los investigadores analizaron las hojas de trabajo de los estudiantes a partir de las habilidades científicas. | Los estudiantes tuvieron dificultad para identificar las variables del experimento. Además, cuando se les solicitaba la redacción de la hipótesis, estos respondían con una descripción de los pasos para realizar el experimento. |
| Ogan-Bekiroğlu, y Arslan (2014) | La comprensión conceptual de los estudiantes, a través de una indagación basada en modelos. | Instructor / Investigador | Uno a uno | Metacognitivas: -Preguntas. Procedimentales: -Experimentos de laboratorio. | Dinámica. | -Identificar variables. -Definición operacional. -Formular hipótesis. -Graficar e interpretar datos. -Diseño experimental. | Se dividió a los estudiantes en dos grupos ambos participaron en laboratorio con prácticas “tipo receta”, sin embargo, un grupo realizó la intervención bajo el enfoque de aprendizaje por indagación basado en modelos. | No hubo diferencias significativas en ambos grupos después de la implementación en lo relacionado con la comprensión conceptual. |
| Demircioglu y Ucar (2015) | El nivel de argumentación de los estudiantes dentro de un laboratorio basado en el método de la indagación. | Investigador | Pares | Metacognitivas: -Preguntas. Procedimentales: -Experimentos de laboratorio. | Óptica Geométrica | -Identificar variables en un problema. -Definir y formular hipótesis. -Establecer descripciones procedimentales. -Diseñar las investigaciones necesarias para resolver un problema. -Graficar e interpretar datos. | Los participantes realizaron las prácticas de laboratorio de manera grupal en sesiones de dos horas. Durante la recolección de los datos el investigador visitaba cada grupo para darles pistas acerca del experimento. Posteriormente, los reportes escritos eran revisados tanto por el investigador como por los otros compañeros. | El laboratorio basado en el método de indagación, mejoró el nivel de argumentación de los estudiantes, además fue más efectivo que el laboratorio tradicional. |

| Autor(es) | Características de las Ayudas Pedagógicas | | | | Contenido de física | Habilidades científicas | Descripción de la intervención | Resultados relevantes/conclusiones |
|--|--|--------------|-----------|---|---|--|--|---|
| | Propósito | Quién guiaba | Modalidad | Tipo | | | | |
| Sarasola, Rojas, y Okariz (2015) | Desarrollar las habilidades de laboratorio a partir del método científico. | Instructor | Pares | Metacognitivas: -Preguntas. Procedimentales: -Experimentos de laboratorio. | -Mecánica. -Electricidad y magnetismo. | -Conceptualizar la hipótesis. - Diseño experimental. -Análisis de los datos. -Análisis de gráficos. -Comprobar la hipótesis. | Los estudiantes organizados en grupo desarrollaron las prácticas de laboratorio a partir del método científico a través de “experimentos abiertos”, donde el grupo debía discutir que se debía hacer en cada etapa y así alcanzar el objetivo planteado. | Después de seguir el método científico, los estudiantes pudieron comprender mejor sus características e importancia. |
| Smith, Christensen, Mountcastle y Thompson (2015) | Comprensión conceptual de la segunda ley de termodinámica | Instructor | Pares | Metacognitivas: -Preguntas. | Segunda ley de Termodinámica | -Identificar y procesar variables. | Las ayudas se daban a través de sesiones semanales de tutoría centradas en la indagación. En esas sesiones se discutía acerca de la segunda ley de termodinámica. | Los estudiantes no mostraron una sólida comprensión de los conceptos relacionados con la segunda ley de termodinámica, involucrados en este estudio. |
| Zhou et al. (2016) | Promover el razonamiento científico en los estudiantes. | Instructor | Uno a uno | Metacognitivas: -Preguntas. Procedimentales: -Datos experimentales. Técnicas: -Imágenes. | -Dinámica. | - Control de variables (CV). - Identificar o reconocer una situación de CV. | Se realizaron dos versiones de un examen (Test A and B), los cuales eran idénticos excepto que el Test A solo contenía las condiciones iniciales del problema y el Test B poseía tanto las condiciones iniciales como data experimental. | Los estudiantes de ambos grupos se desempeñaban mejor cuando no se les proveía de data experimental, igualmente ocurrió con los sistemas físicos más que con los contextos de la vida real. |

La búsqueda bajo los criterios mencionados anteriormente, arrojó como resultado 10 artículos, destacando que a pesar que los artículos revisados no mencionan de forma explícita la palabra *scaffolding*, en todos ellos utilizan las ayudas pedagógicas en sus implementaciones.

a) ¿Cuál era el propósito de estos estudios?

El propósito de la mayoría de los autores era desarrollar en los estudiantes las habilidades relacionadas con el quehacer científico a partir de una metodología por indagación, en la cual los estudiantes desarrollaban proyectos a partir de un problema científico cubriendo todas sus fases, desde el planteamiento del problema hasta llegar a su solución. En este sentido, Unal y Ozdemir (2013), afirman que la indagación ayuda a los estudiantes a entender cómo los científicos piensan, trabajan e investigan; igualmente, Demircioglu y Ucar (2015), expresan que con el aprendizaje basado en la indagación, los estudiantes pueden aprender conceptos y tienen la oportunidad de practicar los métodos utilizados por los científicos para justificar o refutar sus afirmaciones.

Por otra parte, según Nivalainen et al. (2013), la indagación podría generar oportunidades para la interacción activa estudiante-estudiante y docente-estudiante, lo que puede conducir a un conocimiento más completo y acorde con la realidad actual de la ciencia que promueve la realización de los procesos científicos de una forma multidisciplinar. Por lo tanto, se deben propiciar espacios de trabajo colaborativo en donde exista un mediador que garantice que las interacciones dentro del aula fomenten el desarrollo de habilidades científicas.

En conclusión, un modelo pedagógico basado en el proceso de indagación puede tener un impacto positivo en los estudiantes, no solo en mejorar sus habilidades para la resolución de problemas, sino que también le permite alcanzar la comprensión conceptual de los modelos físicos y mejorar su desempeño dentro de la asignatura (Zhou et al., 2016). Además, pudiera mejorar la actitud de los estudiantes hacia el aprendizaje de la física (Hırça, 2013), ya que encuentran una conexión entre lo aprendido y su vida cotidiana.

b) ¿Quién guiaba la intervención?

Un aspecto importante dentro de este enfoque es el rol que juegan los agentes educativos (profesores, instructores, asistentes docentes), ya que la comprensión de los conceptos y de la epistemología de la ciencia les permite actuar de manera oportuna en

cada etapa del proceso de indagación, así como en la administración de las ayudas pedagógicas. Por lo tanto, es importante revisar cuales y de qué manera intervienen los agentes educativos en ambientes que promueven el desarrollo de habilidades científicas mediante las ayudas pedagógicas.

En primer lugar, se observó que en muchos casos los propios *investigadores* eran los que diseñaban, aplicaban y evaluaban las actividades establecidas para cada intervención. Esto puede ocurrir porque estos querían garantizar que el cumplimiento de cada etapa del procedimiento se siguiera según lo planificado o simplemente porque los sujetos de estudio formaban parte de un asignatura dictada por alguno de los investigadores (Demircioglu y Ucar, 2015).

En segundo lugar, en otros estudios los investigadores se limitaban a diseñar-evaluar las actividades y eran los *instructores* los que participaban directamente en el proceso de implementación, (la mayoría de estos estudios fueron realizados en el laboratorio). En este sentido, Nivalainen et al. (2013), expresan que los instructores juegan un papel importante en los procesos de indagación, sobre todo, en el planteamiento preguntas que promueven la discusión sobre los conceptos relacionados con el modelo físico, además de servir de guía en los aspectos técnicos durante las actividades experimentales.

Finalmente, a pesar de que la mayoría de los estudios fueron implementados en el contexto del laboratorio, en solo uno se menciona la colaboración de asistentes docentes durante el proceso de indagación. Sin embargo, en relación con la presente investigación, se considera importante que durante el proceso de indagación se incorporen estos agentes educativos, ya que pueden proporcionar ayudas que facilitarían el trabajo del investigador-docente, por ejemplo, atendiendo las dudas con el uso de los programas especializados en la recolección y análisis de los datos, lo que dará más tiempo al investigador-docente de observar, intervenir y evaluar en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

c) ¿Cuáles fueron las ayudas utilizadas durante la intervención?

Tomando en cuenta las modalidades y tipos de ayudas pedagógicas, las fases del proceso de indagación y las habilidades científicas. A continuación, se realiza un análisis sobre la implementación de las ayudas pedagógicas y su influencia en el desarrollo de habilidades científicas.

En primer lugar, es notable que casi la totalidad de los autores seleccionaron un contexto de laboratorio para desarrollar las habilidades científicas, al respecto Unal y

Ozdemir (2013), expresan que el laboratorio ofrece oportunidades para interacciones productivas y cooperativas entre los estudiantes y con el profesor, lo que promueve un ambiente de aprendizaje positivo. Además, los estudiantes tienen la oportunidad de interactuar directamente con los fenómenos físicos, lo que facilita su comprensión (Nivalainen et al., 2013).

En este orden de ideas, la mayoría de los investigadores utilizó la modalidad de *ayudas entre pares*, la cual es conveniente para contextos en los que se desarrollan tareas propias de la actividad experimental bajo el enfoque por indagación. Por ejemplo, al inicio del proceso, cuando los estudiantes discuten en grupo los conceptos relacionados con los modelos físicos involucrados con la situación-problema.

Con respecto a los tipos de ayudas pedagógicas, los investigadores Demircioglu y Ucar (2015); Nivalainen et al. (2013); Ogan-Bekiroğlu y Arslan (2014); Phang y Tahir (2012); Smith et al. (2015)) utilizaron *las preguntas* para activar en los estudiantes las concepciones que poseen sobre los modelos físicos, además de promover espacios de discusión entre los compañeros del grupo. Es de hacer notar, que *las preguntas* también forman parte de los procesos de indagación y por lo tanto, están estrechamente relacionadas con la actividad experimental, al respecto Furman y García (2014), expresan que son el punto de partida en la búsqueda de respuestas sobre el mundo natural.

Ahora bien, dentro de las ayudas encontradas en la revisión también destacan las hojas de trabajo, las cuales contenían situaciones-problema de la vida real, que los estudiantes debían resolver utilizando las habilidades científicas (Bolat et al., 2014; Unal y Ozdemir, 2013). Además, en algunos estudios se realizaron intervenciones en donde se aplicaron diferentes tipos de ayudas pedagógicas, tal como en la investigación de Nivalainen et al. (2013), en la cual se combinó el uso de videos para analizar los fenómenos con las preguntas guiadas por el instructor.

En conclusión, en esta revisión se evidencia que el proceso de indagación apoyado en las ayudas pedagógicas son una herramienta fundamental para que los estudiantes desarrollen las habilidades propias de los procesos de la ciencia. Además, la combinación de diferentes tipos de ayudas pedagógicas y la intervención oportuna de los agentes educativos, puede facilitar la integración entre el proceso de indagación y el aprendizaje colaborativo, y, por consiguiente, los estudiantes serán capaces de resolver problemas en contextos reales.

d) ¿Qué habilidades científicas se desarrollaron?

Como ya se ha mencionado antes, la actividad experimental ha pasado de tener un “método único” a una visión más abierta, en otras palabras, que el camino a recorrer dependerá de la situación-problema a la que se enfrenta. Por lo tanto, es importante conocer a profundidad cada elemento dentro de los procesos de la ciencia, para luego establecer una secuencia que permita alcanzar el objetivo planteado.

En este sentido, los investigadores que han dirigido sus estudios hacia la enseñanza de habilidades científicas, inicialmente las han organizado en función de las tareas que les permitan a los estudiantes resolver las situaciones-problema (Zhou et al., 2016). Al respecto, la mayoría de los estudios de esta revisión se enfocaron en las habilidades relacionadas con la formulación de hipótesis y el control de variables, debido al contexto y al tiempo disponible para su implementación.

Por otra parte, se han encontrado diferencias en los artículos de esta revisión en cuanto al nombre y la cantidad de habilidades desarrolladas (Unal y Ozdemir, 2013; Nivalainen et al., 2013; Sarasola et al., 2015). Sin embargo, se deben establecer elementos comunes que permitan simplificar su definición e incorporación dentro de una estrategia de enseñanza, en función de las tareas que realizarán los estudiantes durante el proceso de indagación.

En conclusión, a partir de esta revisión se pudo evidenciar que no hay un “método” único para la resolución de un problema siguiendo el proceso de indagación. En este sentido, es recomendado la realización de actividades enfocadas a determinadas fases del proceso de indagación, sobre todo las fases en las que se deben analizar los modelos físicos y su relación con sus aplicaciones en un contexto real.

e) ¿Cuáles fueron sus principales resultados o conclusiones?

En primer lugar, se encontró que, en la mayoría de los estudios, el proceso de indagación promovió el desarrollo de habilidades científicas, así como mejoró el nivel de argumentación de los estudiantes (Demircioglu y Ucar, 2015), y la comprensión conceptual a través de la relación entre los conocimientos teóricos y la actividad experimental (Nivalaine, Asikainen, y Hirvonen, 2013). Esto demuestra, que el proceso de indagación va más allá del contexto del laboratorio y puede ser implementado en las clases teóricas, incluso incluir actividades fuera del aula, tal como ocurre con la ciencia hoy en día, la cual trasciende las instituciones académicas y se expande por toda la sociedad (Sarasola et al., 2015).

En contraste, se hizo evidente la dificultad que tienen los estudiantes para adquirirlas cuando no están acostumbrados a trabajar bajo este enfoque (Unal y Ozdemir, 2013). En este sentido, los estudiantes mostraron más dificultades para desarrollar habilidades relacionadas con los procesos de análisis del modelo teórico (Smith et al., 2015), lo cual pudo causado porque cuando los estudiantes resuelven los problemas de los libros de texto, en la mayoría de los casos solo se les pide que proporcionen una respuesta numérica (Zajkov, Gegovska-Zajkova, y Mitrevski, 2017), y no se acostumbran a redactar conclusiones a partir de sus resultados.

Finalmente, en estos estudios se evidenció la importancia del rol de los mediadores durante el proceso de indagación, ya que estos deben intervenir de forma oportuna (Nivalainen et al., 2013), para promover en los estudiantes la participación activa tanto en las discusiones grupales como en las actividades experimentales. Por lo tanto, la persona encargada de la mediación, debe conocer cuáles son las habilidades a desarrollar en cada fase del proceso de indagación, así como, en las ayudas pedagógicas más adecuadas para promover su adquisición.

f) ¿Qué limitaciones encontraron?

En primer lugar, en el estudio de (Unal y Ozdemir, 2013), encontraron que al comienzo de su intervención, los estudiantes tenían dificultades para identificar las variables correctamente, pero que esta dificultad fue superándose hacia el final del curso. Este es un aspecto a tomar en cuenta en la presente investigación, en el caso de que los estudiantes no posean mucha experiencia en el proceso de indagación. En consecuencia, hay que diseñar diferentes tipos de ayudas pedagógicas dirigidas a mejorar la identificación de variables y su influencia dentro del experimento.

En segundo lugar, investigadores como (Hırça, 2013), han encontrado que algunos docentes no realizan actividades experimentales porque no cuentan con los materiales necesarios en sus instituciones. Esta es una situación que puede encontrarse en muchas instituciones porque los docentes pueden tener la visión del laboratorio tradicional, sin embargo, desde el punto de vista de la enseñanza del siglo XXI, la actividad experimental tiene que incorporar elementos de bajo coste que pueden ser fácilmente adquiridos (Hırça, 2013), para que el proceso de enseñanza-aprendizaje se acerque al contexto real.

Finalmente, los resultados obtenidos en algunos estudios sugieren que el tiempo para la implementación del proceso de indagación debe ser desarrollado a largo plazo para observar mejores resultados (Demircioglu y Ucar, 2015). Sin embargo, cuando no se

dispone del tiempo suficiente para desarrollar todo el proceso de indagación, se podrían tener dos alternativas; por un lado, se pueden realizar actividades enfocadas a determinadas fases del proceso de indagación, o se puede elegir un nivel de indagación estructurada.

g) Conclusiones de la revisión bibliográfica.

En primer lugar, se debe procurar la incorporación del enfoque por indagación en los primeros niveles del sistema educativo, haciendo hincapié en qué son y cómo se utilizan las habilidades científicas en la solución de una situación-problema. Asimismo, bajo este enfoque la actividad experimental debe expandirse más allá del laboratorio y llegar incluso hasta el contexto propio en el que se da la situación-problema.

En este orden de ideas, hay que tomar muy en cuenta el tiempo al momento de diseñar las ayudas pedagógicas, ya que en la medida en que los estudiantes no hayan tenido experiencias relacionadas con la actividad experimental, necesitaran más tiempo para su asimilación. Por consiguiente, se recomienda el uso de materiales complementarios (guías, hojas de trabajo, presentaciones con diapositivas) para los conceptos teóricos y así tener más tiempo disponible para la solución de situaciones-problema.

Finalmente, bajo esta visión de la ciencia cada actor juega un papel fundamental, es decir, que la responsabilidad debe ser compartida tanto por los estudiantes como por el profesor. De modo que, es importante proveer a los estudiantes de herramientas que les permitan ser conscientes del compromiso que adquieren dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje.

En resumen, se puede decir que las ayudas pedagógicas son un soporte adecuado en el proceso de indagación para que los estudiantes puedan desarrollar habilidades científicas. Sin embargo, hay que definir claramente cuáles son las habilidades científicas relacionadas con cada fase del proceso de indagación, para poder evaluar de forma precisa el nivel de desarrollo que poseen los estudiantes de estas habilidades en un momento determinado.

2.6.4.2. Clasificación de las habilidades científicas.

En primer lugar, Maaß y Artigue (2013), expresan que las habilidades científicas son una serie de habilidades asociadas al proceso de indagación, como son: hacer observaciones; plantear preguntas; examinar libros y otras fuentes de información, planificar investigaciones; realizar pruebas experimentales, utilizar diferentes

instrumentos para recopilar datos, analizar e interpretar datos, proponer respuestas, explicaciones, predicciones y comunicar los resultados obtenidos.

En segundo lugar, para Furman y García (2014), desde la enseñanza de las ciencias las habilidades científicas deben estar relacionadas con la adquisición de destreza para observar, medir, formular preguntas, formular hipótesis y predicciones, diseñar experimentos, interpretar datos, sacar conclusiones, hacer reflexiones autocríticas, trabajar en equipo y comunicar resultados en forma oral y escrita.

Finalmente, algunos investigadores como Bolat et al. (2014), Phang y Tahir (2012) han adoptado la clasificación de Bredderman (1983) y Padilla et al. (1984), los cuales organizan las habilidades científicas entre básicas e integradas de la siguiente manera:

- Habilidades básicas: observar, clasificar, medir, usar números, construir relaciones espacio-tiempo, predecir, hacer conclusiones y comunicarlas.
- Habilidades integradas: identificar y controlar variables, formular y comprobar hipótesis, definir las operaciones, planear y realizar el experimento, e interpretar los datos.

Con respecto a esta clasificación, Rahmani, Abbas, y Alahyarizadeh (2013), expresan que las habilidades básicas están conectadas desde un punto de vista cognitivo a la asimilación de eventos u objetos dentro en un esquema existente, mientras que las habilidades integradas están relacionadas con el acomodamiento en el cual el esquema existente necesita ser modificado o recreado para dar cuenta del objeto o evento. Por otra parte, Wenning (2010), amplía esta clasificación con el propósito de establecer una relación entre las habilidades científicas y el nivel cognitivo que se alcanza cuando se desarrollan dentro del proceso indagatorio basándose en la taxonomía de los objetivos educativos de Bloom (1956).

En este orden de ideas, en la Tabla 2.7 se puede observar la clasificación realizada por Wenning (2010) de las habilidades científicas, las cuales se definen a continuación:

- **Las habilidades rudimentarias:** son habilidades asociadas con el aprendizaje por descubrimiento, por lo que están conectadas con la categoría “recordar” de la taxonomía de Bloom. Estas se promueven y desarrollan a medida que los estudiantes generan conceptos sobre la base de experiencias de primera mano.

- **Las habilidades básicas:** son habilidades relacionadas con la categoría de “comprender” de la Taxonomía de Bloom. Estas habilidades se promueven y desarrollan a medida que los estudiantes participan en la explicación y la predicción, lo que les permite a los profesores obtener, identificar, confrontar y resolver concepciones alternativas.
- **Las habilidades intermedias:** son habilidades asociadas a la categoría “aplicar” de la Taxonomía de Bloom. Estas habilidades se promueven y desarrollan cuando los estudiantes trabajan como aprendices para identificar principios y/o relaciones científicas.
- **Las habilidades integradas:** se habilidades relacionadas con la categoría “analizar” de la Taxonomía de Bloom. Estas habilidades se promueven y desarrollan a medida que los estudiantes establecen leyes empíricas basadas en la medición de variables.
- **Las habilidades culminantes:** son habilidades relacionadas con la categoría “evaluar” de la Taxonomía de Bloom. Estas habilidades son promovidas y desarrolladas a medida que los estudiantes resuelven problemas relacionados con situaciones auténticas mientras trabajan individualmente o en grupos cooperativos y colaborativos utilizando enfoques problemáticos y basados en proyectos.
- **Las habilidades avanzadas:** son habilidades conectadas con las categorías “sintetizar” y “crear” de la taxonomía de Bloom en el dominio cognitivo. Estas habilidades se promueven y desarrollan a medida que los estudiantes generan explicaciones para los fenómenos observados.

Tabla 2.7. Clasificación de las habilidades científicas según su grado relativo de sofisticación de los procesos intelectuales orientados a la indagación. Tomado de Wenning (2010).

| Habilidades Rudimentarias | Habilidades Básicas | Habilidades Intermedias | Habilidades Integradas | Habilidades Culminantes | Habilidades Avanzadas |
|---------------------------|---------------------------|--|---|---|--|
| Observar | Predecir | Medir | Medir métricamente | Recolectar, evaluar, e interpretar datos de una variedad de fuentes | Sintetizar explicaciones hipotéticas complejas |
| Formular conceptos | Explicar | Recolectar y registrar datos | Establecer leyes empíricas basadas en la evidencia y la lógica | Construir argumentos lógicos basados en evidencia científica | Analizar y evaluar argumentos científicos |
| Estimar | Estimar | Construir una tabla de datos | Diseñar y conducir investigaciones científicas | Hacer y defender decisiones y juicios basados en la evidencia | Generar predicciones a través del proceso deductivo |
| Extraer conclusiones | Adquirir y procesar datos | Diseñar y conducir investigaciones científicas | Usar la tecnología y la matemáticas durante las investigaciones | Aclarar valores en relación con derechos naturales y civiles | Revisar hipótesis y predicciones a la luz de nueva evidencia |

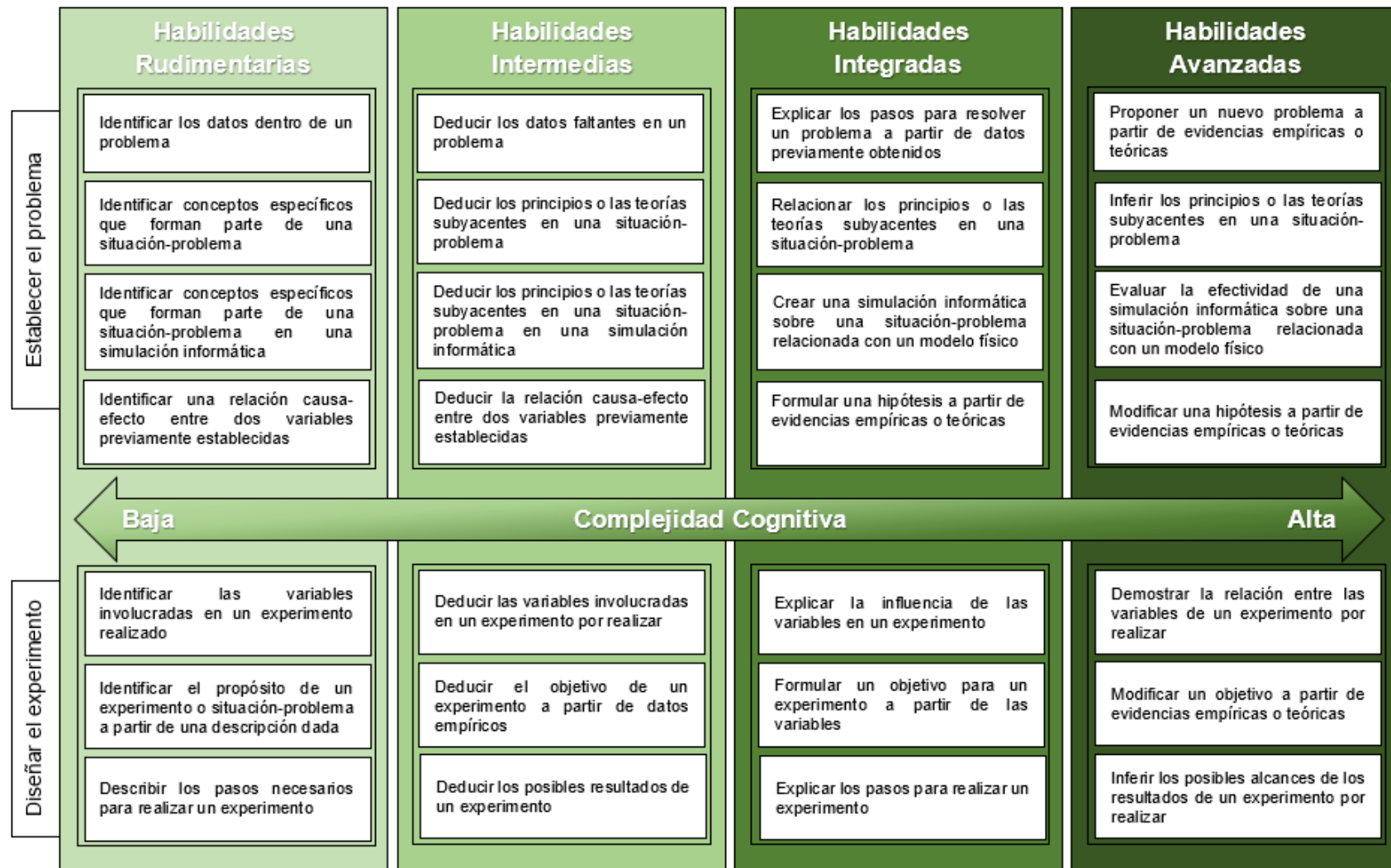
| Habilidades Rudimentarias | Habilidades Básicas | Habilidades Intermedias | Habilidades Integradas | Habilidades Culminantes | Habilidades Avanzadas |
|------------------------------|--|---|------------------------|---------------------------------------|--|
| Comunicar resultados | Formular y revisar explicaciones científicas usando la lógica y la evidencia | Usar la tecnología y la matemáticas durante las investigaciones | | Practicar habilidades interpersonales | Resolver problemas complejos de la vida real |
| Clasificar resultados | Reconocer y analizar explicaciones alternativas y modelos | Describir relaciones | | | |
| Bajo | Sofisticación intelectual | | | Alto | |

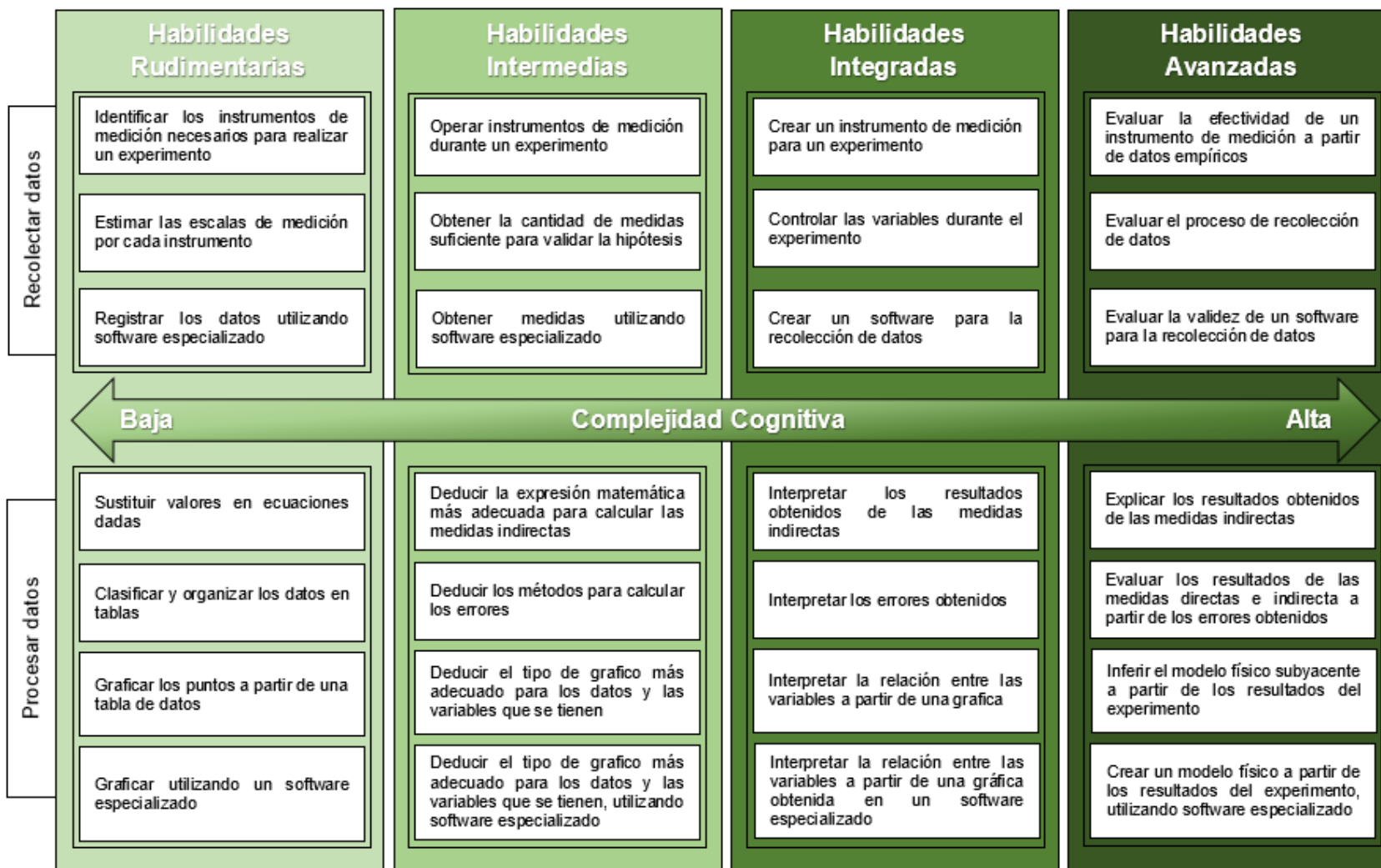
2.6.4.3. Propuesta de habilidades científicas en función de las fases del proceso de indagación.

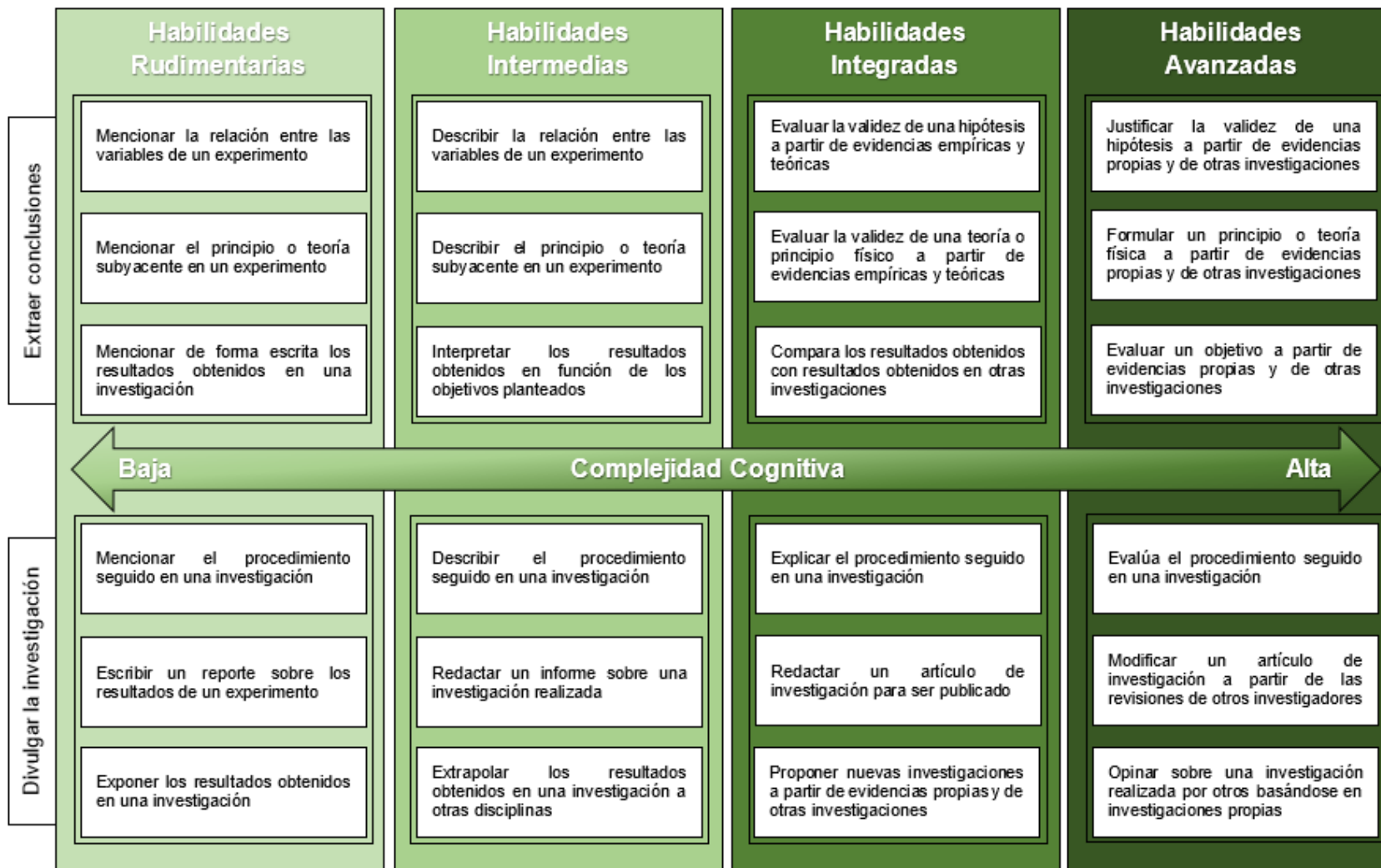
Tomando en cuenta la revisión bibliográfica y las clasificaciones realizadas por los diferentes autores, en la presente investigación se proponen una serie de habilidades científicas asociadas a cada fase del proceso de indagación (ver Figura 2.7). El propósito de esta propuesta es que el docente pueda realizar un análisis preciso de las habilidades que posee el estudiante antes y después del proceso de enseñanza-aprendizaje, para así evaluar su nivel de desarrollo.

De esta forma, la primera adaptación consistió en reducir la cantidad de categorías de habilidades científicas de 6 a 4 propuesta por Wenning (2010), pues esto ayudaría a crear una escala de medición más sencilla. Además, en función de los objetivos de esta investigación, se determinó que la complejidad cognitiva de las habilidades científicas en cada categoría, debía corresponder con el nivel educativo universitario.

Figura 2.7. Clasificación de las habilidades inherentes a cada fase del proceso de indagación, según el grado de complejidad cognitiva. Adaptado de Wenning (2010).







2.7. Síntesis del capítulo.

En primer lugar, se determinó que el principal referente teórico en esta investigación es la teoría sociocultural (Vygotsky, 1978), esto se debe al argumento que el desarrollo de la persona se da a través de la interacción con los otros. Por lo tanto, el primer elemento fundamental dentro del modelo pedagógico será el dialogo, el cual servirá de ayuda para conectar las ideas y reflexiones de cada uno de los participantes de la clase.

El segundo elemento importante dentro de esta teoría es la Zona de Desarrollo Próximo, la cual le permite al docente conocer el nivel de conocimientos que posee el estudiante y así diseñar las actividades más adecuadas. De esta forma, una de las herramientas que tiene el docente para intervenir en esa ZDP son las ayudas pedagógicas, las cuales son elementos que son utilizados por el docente para acompañar al estudiante durante su aprendizaje, en otras palabras, es una herramienta que le permite al docente llevar al estudiante a su ZDP.

Estas ayudas pedagógicas pueden ser de diferentes tipos (Hannafin, Land, y Oliver (1999); Kao, Lehman, y Cennamo (1996)), desde las más asociadas a los procesos internos de la persona (Ayudas metacognitivas) hasta las más relacionadas con la utilización de recursos materiales (Ayudas técnicas). Además, Belland (2014), señala tres modalidades de ayudas pedagógicas: ayudas uno a uno, ayudas entre pares, ayudas basadas en la computadora/papel.

Partiendo de esta clasificación, se analizaron los estudios en el área de enseñanza de la física que han utilizado este mismo referente teórico, para conocer las principales estrategias y ayudas pedagógicas que se han implementado en los últimos años. A partir de esta revisión se ha encontrado que las ayudas pedagógicas más utilizadas por los docentes universitarios en las clases de física se dan principalmente dentro de tres estrategias didácticas: la resolución de problemas, las TIC y las actividades experimentales.

Posteriormente, tomando como base la modalidad de ayuda entre pares, se define el aprendizaje colaborativo. Específicamente, se estudia como el dialogo influye en las interacciones entre los diferentes agentes educativos en una clase de física. Es así como surgen las estrategias de liderazgo distribuido, compromiso mutuo, reflexión grupal y evaluación entre pares, las cuales fueron propuestas por Yang, Wegerif, McLaren, Dragon, y Mavrikis (2013) y Pifarré et al. (2014) para ayudar a los estudiantes a resolver problemas de forma colaborativa.

Esto se conecta con el segundo referente importante en esta investigación, que es la teoría de los campos conceptuales, ya que puede ser utilizada por el docente para conocer las concepciones que posee el estudiante acerca sobre los modelos físicos. Además, permite saber cuáles son los conceptos básicos que necesita aprender el estudiante, lo que permite diseñar las mejores ayudas pedagógicas para acercar sus concepciones a los conceptos aceptados por la comunidad científica

Sin embargo, para que el estudiante tenga una visión completa de un modelo físico, el aprendizaje de conceptos debe estar acompañado de la experimentación (Gil et al., 1999). Es por esto que se consideró como tercer referente el proceso de indagación la cual es un proceso que permite al estudiante estudiar un determinado fenómeno físico desde un punto de vista teórico a la vez que desarrolla habilidades científicas y sociales (Crujeiras y Jiménez, 2015).

Tomando en cuenta esto, se realizó una revisión de las investigaciones en las que plantean diferentes etapas o fases para desarrollar el proceso de indagación (Pedaste et al. (2015); Domènech C. (2013); Mikroyannidis, Okada, Correa, y Scott (2016); Nichols, Burgh, y Kennedy (2017); Dedić (2014); Seraphin, Philippoff, Parisky, Degnan, y Warren (2013)). Como resultado, en la presente investigación se proponen las siguientes fases: establecer el problema, diseñar el experimento, recolectar los datos, procesar los datos, extraer las conclusiones y divulgar la investigación.

Por último, a partir de estas fases y considerando las propuestas de investigadores como Wenning (2010), se establecieron las habilidades científicas que los estudiantes de nivel universitario deben desarrollar durante el proceso de indagación, para que puedan alcanzar la comprensión conceptual de los modelos físicos, y en consecuencia, poder resolver problemas en contextos reales.

En definitiva, solo queda buscar una forma de articular los aspectos antes mencionados para estructurar un modelo pedagógico que promueva en el estudiante de nivel universitario, el aprendizaje de la física a través de un proceso de indagación colaborativa. Asimismo, es necesario el diseño de una metodología que permita que su implementación sea viable en el contexto seleccionado y que se pueda posteriormente evaluar su efectividad.

CAPÍTULO 3. MARCO METODOLÓGICO.

3.1. Introducción.

Para que la implementación de un proyecto sea efectiva, no basta con tener claridad en los referentes teóricos, también hace falta organizarlos metodológicamente. En este sentido, en este capítulo se desarrollarán los aspectos referidos al tipo y diseño de investigación, los participantes, la elaboración, la validación y la confiabilidad de los instrumentos, los procedimientos y las técnicas de análisis de los resultados.

3.2. Diseño de la investigación.

La presente investigación se realizó bajo un diseño cuasi experimental ya que según Del Río (2013), el investigador manipulará deliberadamente los valores de la variable independiente para evaluar los efectos que produce manipulación en la variable dependiente, pero sin el control propio del método experimental. Además, Bisquerra (2004), expresa que esta clase de diseño proporciona un control razonable sobre la mayor parte de las fuentes de invalidez y son más sólidos que los diseños pre experimentales.

Otro aspecto que se tomó en cuenta para la selección de este diseño, es que debido a que los grupos de estudio ya se encuentran conformados, no es posible garantizar una equivalencia de condiciones (Hernández, Fernández, y Baptista, 2006). De este modo, el nivel de manipulación de la variable independiente será de dos grados, ya que se contará con un grupo experimental y un grupo control, en los cuales el primero realizará las actividades siguiendo el MoPICFi, y en el segundo, seguirán las actividades bajo el enfoque tradicional.

La modalidad de este diseño será pre-test-intervención-post-test (ver Figura 3.1), porque se contemplará la aplicación de diferentes cuestionarios (pre-test) previo a la intervención o tratamiento experimental, posteriormente se realizará la implementación del MoPICFi con el grupo experimental y finalmente se aplicarán los cuestionarios (post-test), destacando que algunos de estos cuestionarios serán diferentes a los del pre-test.



Figura 3.1. Diseño experimental.

Por otra parte, de acuerdo con Hernández, Fernández, y Baptista (2006), la presente investigación se llevará a cabo siguiendo un enfoque cuantitativo ya que:

- Los datos serán producto de mediciones, se representarán mediante números y se analizarán por medio de técnicas estadísticas.
- Los procedimientos utilizados se realizarán con el mayor grado de objetividad posible.
- Se pretende generalizar los resultados encontrados en el grupo a una colectividad mayor.
- En la interpretación de los datos se empleará un razonamiento deductivo, es, los resultados obtenidos se explicarán a partir de los referentes teóricos.

No obstante, también se tomarán en cuenta aspectos cualitativos a través de un estudio de casos de los estudiantes del grupo experimental que trabajen en equipo. En este sentido, Hernández, Fernández, y Baptista (2007), expresan que en un estudio de casos requiere una evaluación a profundidad, buscando el entendimiento de su naturaleza, sus circunstancias, su contexto y sus cualidades.

3.3. Participantes.

La población estuvo constituida por 172 estudiantes inscritos en la asignatura *Física I* de la Universidad Simón Bolívar sede Litoral, los cuales tenían una edad promedio de 19 años (84% varones) provenientes del área de tecnología industrial, específicamente de las carreras Tecnología Mecánica, Mantenimiento Aeronáutico, Electricidad y Electrónica; esta asignatura corresponde al segundo trimestre de un plan de estudio de nueve trimestres de duración, por lo que la mayoría de los estudiantes se encontraba comenzando sus carreras, sin embargo, también hubo algunos de cortes anteriores.

Por otra parte, debido a la cantidad de estudiantes por sección y la disponibilidad de los recursos humanos (3 docentes, cada uno se encargaba de 2 secciones) y materiales, la implementación se organizó de la siguiente manera: dos secciones formaron el grupo experimental (71 estudiantes) el cual interactuó con el MoPICFi y las otras cuatro secciones constituyeron el grupo control (101 estudiantes) el cual siguió la asignatura bajo el enfoque tradicional, en las que los docentes (en su mayoría físicos) centraron sus clases en la explicación de los conceptos correspondientes a cada tema del programa de la asignatura, a través de la resolución de problemas de libros de texto.

Cabe destacar, que la cantidad de estudiantes disminuyó considerablemente al final del curso, específicamente, dejaron de asistir 47,2% del grupo experimental y 75,5% del grupo de control. Esto pudo estar causado presumiblemente por las condiciones socio-económicas de los estudiantes durante ese trimestre (problemas para movilizarse a la universidad, comida y/o residencia).

3.4. Operacionalización de variables.

Según DePoy y Gitlin (2016), la operacionalización de variables se realiza para reducir la abstracción de los componentes a medir, con el propósito de establecer relaciones entre los conceptos de una teoría y hacer predicciones sobre el fenómeno estudiado. Es por esto que en la presente investigación se organizará la operacionalización de las variables, tomando en cuenta cada pregunta de investigación y su respectivo objetivo específico, lo cual permitirá definir cada variable y establecer los indicadores que permitirán medirla de forma más precisa.

3.4.1. Variable: Percepciones de los estudiantes sobre el aprendizaje de la física.

3.4.1.1. Pregunta de investigación.

¿El diseño y la implementación de un modelo pedagógico que promueva la indagación colaborativa mejorará la percepción de los estudiantes sobre el aprendizaje de la física?

3.4.1.2. Objetivo específico.

Caracterizar y comparar, antes y después de la implementación del MoPICFi, las percepciones de los estudiantes sobre el aprendizaje de la física.

Tabla 3.1. Operacionalización de la variable: Percepciones de los estudiantes sobre el aprendizaje de la física.

| Variable | Definición Conceptual | Dimensión | Indicadores | Instrumentos | Ítems |
|--|--|---|--|---|-----------------------------------|
| Percepciones de los estudiantes sobre el aprendizaje de la física. | Apreciaciones de los estudiantes sobre los elementos relacionados con el | El perfil académico de los estudiantes de física. | -Años cursados en la asignatura de física en bachillerato. -Estudios adicionales al bachillerato y antes de entrar a la universidad. -Rendimiento académico en la asignatura de física en bachillerato y física I. | Cuestionarios para conocer las percepciones de los estudiantes. (Anexo 1) | Pre-test: 1, 2, 3 Post-test: 3 |

| Variable | Definición Conceptual | Dimensión | Indicadores | Instrumentos | Ítems |
|---------------------------|-----------------------|---|--|--------------|---|
| aprendizaje de la física. | | Las estrategias utilizadas por los docentes de física. | -Estrategias utilizadas por los docentes de física en el bachillerato. -Estrategias utilizadas por los docentes de física I. -Estrategias que deberían estar presentes en una clase de física. | | Pre-test: 4, 5 Post-test: 1, 2 |
| | | Técnicas utilizadas por los estudiantes para preparar las clases de física. | -Horas de estudio fuera del aula de clase. -Lugar preferido de estudio. -Recurso más utilizado. -Persona de apoyo. | | Pre-test: 6, 7, 8, 9 Post-test: 4, 5, 6, 7 |
| | | Visión de los estudiantes acerca de la asignatura de física. | -Pertinencia de la asignatura con relación a la carrera de estudio. -Rol que desempeña un estudiante de física. -Elementos que pudieran mejorar la asignatura de física. | | Pre-test: 10, 11 Post-test: 8, 9, 10 |

3.4.2. Variable: Comprensión conceptual.

3.4.2.1. Preguntas de investigación.

- ¿El diseño y la implementación de un modelo pedagógico que promueva la indagación colaborativa de la física mejorará cuantitativamente la comprensión conceptual de los estudiantes en los temas de cinemática, dinámica y trabajo y energía?
- ¿El diseño y la implementación de un modelo pedagógico que promueva la indagación colaborativa de la física mejorará cualitativamente la comprensión conceptual de los estudiantes en los temas de cinemática, dinámica y trabajo y energía?

3.4.2.2. Objetivos específicos.

- Evaluar cuantitativamente el nivel de comprensión conceptual de los estudiantes sobre los conceptos relacionados con los temas de cinemática, dinámica y trabajo y energía, antes y después de la implementación del MoPICFi.

- Caracterizar y comparar, antes y después de la implementación del MoPICFi, la comprensión conceptual de los estudiantes frente a situaciones-problema relacionadas con los temas de cinemática, dinámica y trabajo y energía.

Tabla 3.2. Operacionalización de la variable: *Comprensión conceptual*.

| Variable | Definición Conceptual | Dimensión | Indicadores | Instrumentos |
|------------------------|--|---|---|---|
| Comprensión conceptual | Representaciones lingüísticas y simbólicas que utiliza la persona para responder ante una situación. | Concepciones expresadas al momento de enfrentar una situación-problema. | Expresiones verbales, pictóricas, gráficas o simbólicas de los estudiantes, evocadas por preguntas situacionales, de las cuales se pueden inferir sus concepciones. | Prueba de evaluación para conocer el nivel de comprensión conceptual de los estudiantes (Anexo 2) |

3.4.3. Variable: Habilidades científicas.

3.4.3.1. Pregunta de investigación.

- ¿El diseño y la implementación de un modelo pedagógico que promueva la indagación colaborativa de la física mejorará cuantitativamente el nivel de las habilidades científicas desarrolladas por los estudiantes?
- ¿El diseño y la implementación de un modelo pedagógico que promueva la indagación colaborativa de la física mejorará cualitativamente el desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes en cada fase del proceso de indagación?

3.4.3.2. Objetivos específicos.

- Evaluar cuantitativamente el nivel de las habilidades científicas desarrolladas por los estudiantes, antes y después de la implementación del MoPICFi.
- Caracterizar y comparar, antes y después de la implementación del MoPICFi, las habilidades científicas desarrolladas por los estudiantes.

Tabla 3.3. Operacionalización de la variable: *Habilidades científicas*.

| Variable | Definición Conceptual | Dimensión | Indicadores | Instrumentos |
|-------------------------|--|--------------------|--|--|
| Habilidades científicas | Prácticas que le permiten a la persona, resolver problemas siguiendo las fases | Dominio conceptual | Expresiones verbales, pictóricas, gráficas o simbólicas de los estudiantes, evocadas por preguntas situacionales, de las | Prueba de evaluación para conocer el nivel de desarrollo de habilidades científicas. (Anexo 3) |

| Variable | Definición Conceptual | Dimensión | Indicadores | Instrumentos |
|----------|----------------------------|-----------|---|--|
| | del proceso de indagación. | | cuales se pueden inferir sus habilidades científicas. | Problema para resolver en equipo. Pre-test: Anexo 4.1 Post-test: Anexo 4.2 |

3.4.4. Variable: Aprendizaje colaborativo.

3.4.4.1. Pregunta de investigación.

- ¿El diseño y la implementación de un modelo pedagógico que promueva la indagación colaborativa de la física mejorará cuantitativamente el rendimiento de los estudiantes en la resolución de problemas en equipo?
- ¿El diseño y la implementación de un modelo pedagógico que promueva la indagación colaborativa de la física a través de la aplicación de estrategias para aprender a aprender con otras personas mejorará el uso de las habilidades científicas durante la resolución de problemas en equipo?
- ¿El diseño y la implementación de un modelo pedagógico que promueva la indagación colaborativa de la física modificará la percepción que tienen los estudiantes sobre las estrategias de aprender a aprender con otras personas?

3.4.4.2. Objetivo específico.

Caracterizar y comparar, antes y después de la implementación del MoPICFi en las tres variables dependientes siguientes: a) rendimiento; b) habilidades científicas y c) estrategias para aprender a aprender con otras personas utilizadas por los estudiantes en la resolución de problemas de física en equipo.

Tabla 3.4. Operacionalización de la variable: Aprendizaje colaborativo.

| Variable | Definición Conceptual | Dimensión | Indicadores | Instrumentos | Ítems |
|--------------------------|---|-----------------------|--|--|-------|
| Aprendizaje colaborativo | Aplicación de las estrategias para aprender a aprender juntos | Liderazgo distribuido | Cada miembro del equipo propone ideas para la resolución del problema. | Cuestionario sobre la solución del problema en equipo. (Anexo 4.4) | 3 |
| | | Compromiso mutuo | Cada miembro del equipo realiza aportes de claridad para la resolución del problema. | | 4 |

| Variable | Definición Conceptual | Dimensión | Indicadores | Instrumentos | Ítems |
|----------|-----------------------|------------------------|--|--------------|-------|
| | | Reflexión grupal | La toma de decisiones se realiza en consenso. | | 5 |
| | | Evaluación entre pares | Se valoran los aportes realizados por cada uno de los miembros en función del cumplimiento del objetivo planteado. | | 6 |

3.5. Recolección de los datos.

La recolección de datos se refiere al procedimiento o forma particular de obtener datos o información, por lo que la selección de los instrumentos y de las técnicas estarán sujetos al tipo de investigación y los objetivos de la misma. De esta manera, en la presente investigación se emplearán específicamente la observación, las pruebas de evaluación y los cuestionarios para obtener la información que permitirá la concreción de los objetivos planteados.

3.5.1. Instrumentos y técnicas.

En primer lugar, se elaboraron dos cuestionarios para conocer las percepciones que tenían los estudiantes sobre el aprendizaje de la física. De esta forma, uno se diseñó para conocer cómo fue la formación académica de los estudiantes antes de cursar la asignatura de física I (Bachillerato) (ver anexo 1), y el otro, para conocer la experiencia de los estudiantes durante la asignatura de física I.

En segundo lugar, se diseñó una prueba de evaluación para analizar el nivel de comprensión conceptual que tenían los estudiantes al inicio y al final de la intervención (ver anexo 2). En este sentido, en esta prueba se abarcaron los temas de cinemática, dinámica y trabajo y energía, pertenecientes al programa de la asignatura de física I de la USB.

En tercer lugar, se elaboró una prueba de evaluación para determinar el nivel de desarrollo de habilidades científicas de los estudiantes, al inicio y al final de la intervención. La cual estaba constituida por 10 preguntas abiertas relacionadas con las fases del proceso de indagación (ver anexo 3).

Por último, con el propósito de analizar las habilidades científicas y las estrategias para aprender a aprender juntos utilizadas por los estudiantes para resolver un problema de física, se diseñó una prueba y un cuestionario. La prueba, consistía en un problema

que debían resolver los estudiantes mientras trabajan en equipo y el cuestionario estaba formado por preguntas relacionadas con las estrategias para aprender a aprender juntos.

3.5.2. Validez y confiabilidad.

Los instrumentos propuestos serán validados mediante juicio de expertos con la finalidad de determinar el grado de correspondencia entre las características que según el diseño de los mismos están destinados a medir y lo que realmente miden. Al respecto, de acuerdo con Hernández et al. (2006), este tipo de validez se refiere al grado en que los instrumentos utilizados reflejan un dominio específico de contenido de lo que se mide, que en el caso de la presente investigación estará regido por lo establecido en el marco teórico (capítulo 2).

De igual manera, Hernández et al. (2006), establecen que la confiabilidad se refiere “al grado en que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes”. Al respecto, se aplicarán el coeficiente alfa de Cronbach y el coeficiente Kappa de Cohen para calcular la confiabilidad de la prueba de evaluación del nivel de comprensión conceptual y las escalas para medir el desarrollo de habilidades científicas respectivamente.

3.6. Procedimiento.

Con el propósito de estructurar el desarrollo de la presente investigación de una forma coherente y viable, se establecieron las siguientes etapas:

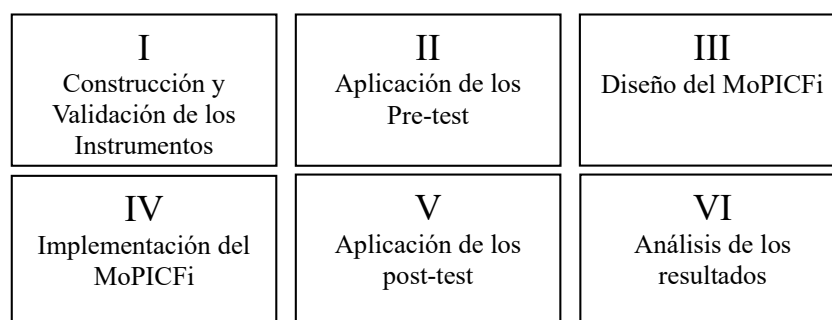


Figura 3.2. Etapas de la investigación.

3.6.1. Etapa I. Construcción y Validación de Instrumentos.

En esta etapa se elaboraron los instrumentos a ser aplicados como son los cuestionarios, para caracterizar las experiencias antes y después del curso de física I de los estudiantes. Así como las pruebas para determinar el nivel de comprensión conceptual

y las habilidades científicas de los estudiantes, antes y después de la implementación del MoPICFi. Posteriormente estos instrumentos fueron validados por expertos en el contenido y en metodología.

3.6.2. Etapa II. Aplicación de los instrumentos previos a la implementación del MoPICFi.

Aquí se aplicaron los cuestionarios elaborados en la etapa anterior. Cabe destacar, que estos instrumentos fueron aplicados al grupo experimental y al control.

3.6.3. Etapa III. Diseño del Modelo de Pedagógico de Indagación Colaborativa de la Física.

En esta etapa se diseñaron las ayudas pedagógicas relacionadas con los componentes del MoPICFi, correspondientes tanto a las sesiones de clase como a las sesiones de tutoría.

3.6.4. Etapa IV. Aplicación del MoPICFi.

Los estudiantes del grupo experimental trabajaron en equipo de cuatro a cinco integrantes cada uno, para realizar las actividades planificadas para cada fase del MoPICFi en las sesiones de tutoría, y en las clases teóricas cuando el profesor se los indicó.

3.6.5. Etapa V. Aplicación de los instrumentos posterior a la implementación del MoPICFi.

En esta etapa se aplicaron las pruebas de evaluación posteriores a la intervención, que en el caso del nivel de comprensión conceptual y de las habilidades científicas, eran similares a los aplicados inicialmente. Luego, se aplicó el cuestionario para caracterizar las experiencias después del curso de física I. Finalmente, a los estudiantes del grupo experimental se les evaluó el reto científico realizado y respondieron un cuestionario para conocer sus experiencias en el trabajo en equipo.

3.6.6. Etapa VI. Análisis de los resultados obtenidos.

Se realizaron análisis cuantitativos de los datos obtenidos a través del paquete informático SPSS para las pruebas de evaluación relacionadas con el nivel de comprensión conceptual y de las habilidades científicas de los estudiantes. Además, se

analizaron de manera cualitativa los cuestionarios sobre las percepciones de los estudiantes sobre el aprendizaje de la física y la caracterización de las estrategias de aprendizaje colaborativo durante la resolución de un problema de física.

3.7. Análisis de los resultados.

En esta investigación se realizará un análisis mixto de los resultados, en donde se combinan el análisis cuantitativo y el cualitativo, con el propósito de tener una visión más completa sobre el comportamiento de las variables. En este sentido, Úriz, Ballester, Viscarret, y Ursúa (2006), llaman a este tipo de metodología “triangulación simultánea”, la cual consiste en utilizar el análisis cuantitativo como el punto de partida para el estudio cualitativo, de tal forma que si en el cuantitativo hay elementos que quedan sin ser resueltos, se ve completado a través del análisis cualitativo.

3.7.1. Análisis cuantitativo.

Un análisis cuantitativo es el que se centra en los métodos estadísticos seleccionados por el investigador para interpretar los datos obtenidos de programas informáticos especializados (Hernández et al., 2007). Al respecto, en la Figura 3.3 Hernández et al. (2007), proponen el siguiente procedimiento para el análisis de datos cuantitativos.

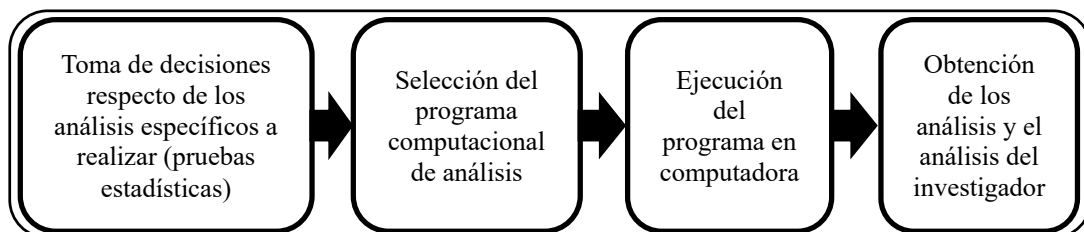


Figura 3.3. Procedimiento de análisis cuantitativo de los datos. Tomado de Hernández et al. (2007).

En este sentido, en esta investigación, se realizarán los siguientes análisis cuantitativos:

- Nivel de comprensión conceptual: se realizará una comparación a nivel estadístico con el uso del paquete informático SPSS de las respuestas de los estudiantes. Específicamente, se compararán las medias obtenidas por cada grupo en cada prueba.
- Nivel de desarrollo de habilidades científicas: se realizará una comparación a nivel estadístico con el uso del paquete informático SPSS de las respuestas de los

estudiantes. Específicamente, se compararán las medias obtenidas por cada grupo en cada prueba.

- Resolución de problemas en equipo: se realizará una comparación a nivel estadístico con el uso del paquete informático SPSS de las respuestas de los estudiantes. Específicamente, se compararán las medias obtenidas por cada grupo en cada prueba.

3.7.2. Análisis cualitativo.

Según Hernández et al. (2007), los propósitos centrales de un análisis cualitativo son organizar, describir, explicar, interpretar y evaluar diferentes situaciones hechos o fenómenos con el propósito de comprender en profundidad determinado contexto. Al respecto, estos autores han caracterizado el proceso de análisis cualitativo, a través del esquema que se muestra en la Figura 3.4.

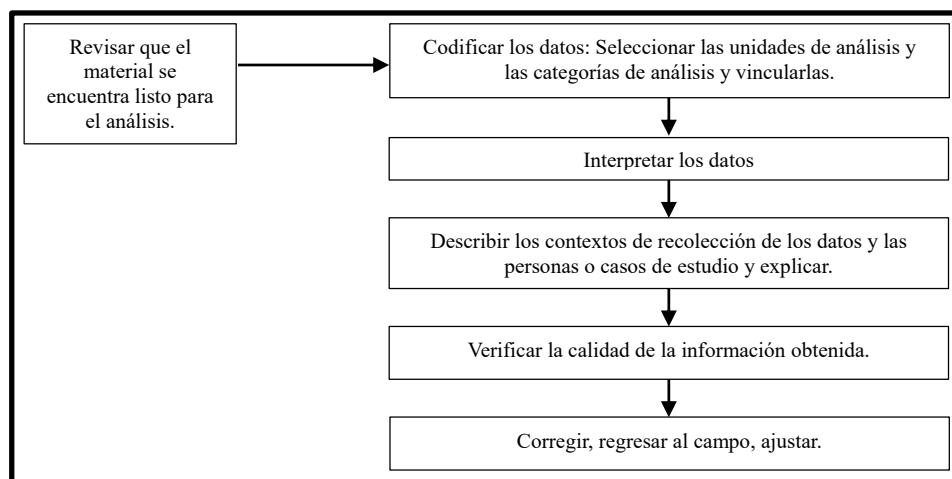


Figura 3.4. Proceso del análisis cualitativo de los datos. Tomado de Hernández et al. (2007).

En este sentido, en la presente investigación se realizarán los siguientes análisis cualitativos:

- Nivel de comprensión conceptual: se realizará un análisis de las concepciones de los estudiantes a partir de sus respuestas en cada pregunta, en comparación con el campo conceptual de referencia.
- Nivel de desarrollo de habilidades científicas: Se realizará un análisis comparativo de las respuestas de los estudiantes antes (pre-test) y después (post-test) en función de las fases del proceso de indagación.

- Percepciones de los estudiantes sobre el aprendizaje de la física: Se realizará un análisis sobre el perfil académico de los estudiantes, las estrategias utilizadas por los docentes en las clases de física, las técnicas utilizadas por los estudiantes para preparar las clases de física y la visión de los estudiantes acerca de la asignatura de física.
- Caracterización de las estrategias de aprendizaje colaborativo durante la resolución de un problema de física: se analizarán las estrategias para aprender a aprender juntos aplicadas por los estudiantes durante la resolución de un problema en equipo.

3.8. Modelo Pedagógico de Indagación Colaborativa de la Física (MoPICFi).

En el ámbito educativo se pueden encontrar dos tipos de modelo, uno tiene que ver con los modelos diseñados para establecer los lineamientos que se utilizan para orientar las acciones administrativas; por otra parte, se encuentran los modelos cuyo propósito es servir como referente para cualquier intervención relacionada con el aula de clase. En el contexto de esta investigación el modelo pedagógico propuesto estará relacionado con el segundo caso.

3.8.1. Definición de modelo pedagógico.

Entre los modelos que se aplican al aula de clase se pueden encontrar diferentes definiciones, pero el que más se ajusta al propósito de esta investigación es la definición de *modelo pedagógico*. Al respecto, Moreno, Cruz, y Garcia (2013), expresan que un modelo pedagógico es la representación teórica de múltiples elementos basados en una o más teorías, que interactúan en los procesos educativos en los distintos niveles y programas.

Esto coincide con Fessakis, Theodoridou, y Roussou (2014), los cuales definen a los modelos pedagógicos como sistemas conceptuales que facilitan el proceso de traslación de las teorías de aprendizaje en situaciones de aprendizaje y enfoques de enseñanza. Por consiguiente, para su diseño se pueden seleccionar elementos de una o varias teorías, que permitan construir un sistema de componentes que funcionen de forma efectiva.

En este sentido, según Goldberg (2014), para que un modelo pedagógico sea efectivo debe proporcionar experiencias de aprendizaje en las que el estudiante sea oportunamente

provisto de la guía necesaria para superar los retos que le supongan los nuevos conceptos, a la vez que influye de forma positiva en el estado afectivo y la motivación. Por lo tanto, el modelo propuesto en esta investigación debe estar diseñado para crear espacios que le permitan al estudiante alcanzar la comprensión conceptual, a la vez que adquiere habilidades sociales y científicas a través de la interacción con los compañeros, el profesor u otro agente educativo, lo que lo hará capaz de resolver eficazmente los problemas que se le presenten dentro y fuera del aula.

3.8.2. Componentes del MoPICFi.

El modelo pedagógico de indagación colaborativa de la física está formado por cuatro componentes principales: campo conceptual, indagación científica, aprendizaje colaborativo y ayudas pedagógicas (ver Figura 3.5). Tal y como hemos expuesto en el capítulo teórico, estos cuatro componentes están soportados por dos referentes teóricos: la teoría sociocultural (Vygotsky, 1978), y la teoría de campos conceptuales (Vergnaud, 1990).

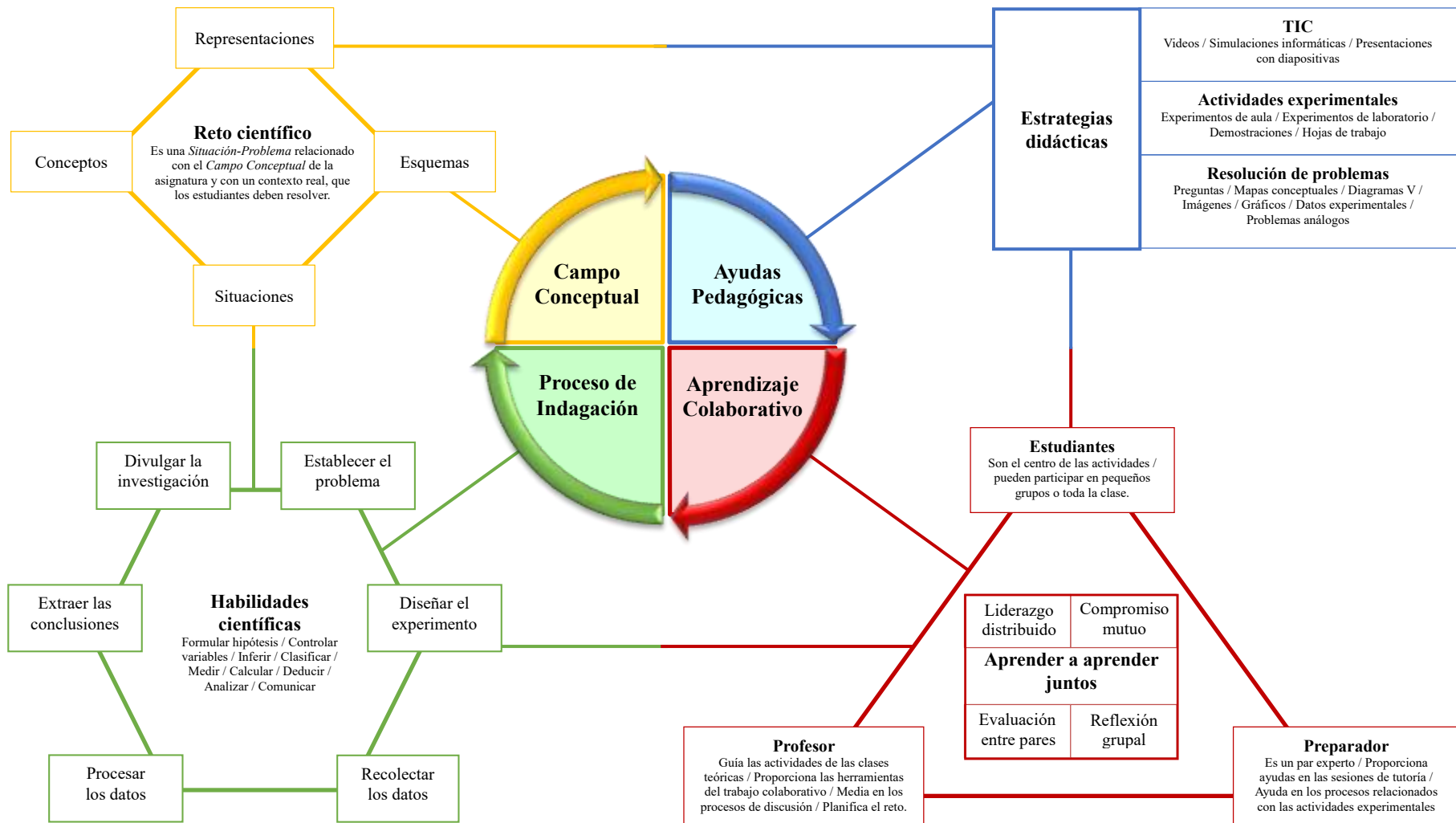


Figura 3.5. Modelo Pedagógico de Indagación Colaborativa de la Física (MoPICFi).

Por un lado, la influencia de la teoría sociocultural se refleja en el diseño de las ayudas pedagógicas y las estrategias para aprender a aprender juntos, es decir, los componentes relacionados con la interacción entre los agentes educativos. Por otro lado, la teoría de los campos conceptuales (Vergnaud, 1990), es necesaria para el desarrollo de los aspectos relacionados con la disciplina, específicamente, con la forma en que los estudiantes aprenden los conceptos y adquieren las habilidades científicas.

Cabe destacar que, aunque en principio ambas teorías pudieran presentar grandes diferencias en cuanto a su visión del desarrollo de una persona, diferentes investigadores (Bravo y Pesa, 2016; Llancaqueo Henríquez et al., 2013; Pesa et al., 2014; Vergnaud, 2013a) han demostrado que su aplicación conjunta dentro de la didáctica de las ciencias puede ser complementaria. En consecuencia, se pueden diseñar modelos pedagógicos más completos, lo que impactará significativamente en la enseñanza-aprendizaje de la física.

3.8.2.1. El campo conceptual.

El campo conceptual contiene las situaciones relacionadas con los temas de física incluidos en el programa de la asignatura, ya que en este se encuentran establecidos el nivel de complejidad y la cantidad de conceptos más adecuados para el contexto en que se quiere aplicar el modelo (ver Figura 3.6).

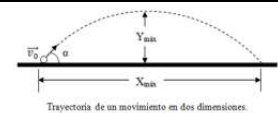
| Situación | Conjunto de Conocimientos, Conceptos y Teoremas | Representaciones | | | | | | | | | | |
|---|---|---|------|------|----------------------------|----------------------------|---------------------|---|------------------------------|---|------------------------------------|---------------------------------------|
| 3. Se dispara una partícula de tal manera que su trayectoria describe una parábola. | <ul style="list-style-type: none"> -Horizontalmente la partícula describe un movimiento rectilíneo uniforme. -Verticalmente la partícula describe un movimiento en caída libre. -En ausencia de resistencia del aire, el ángulo para el cual una partícula alcanza su mayor distancia horizontal es 45°. |  <p>Trayectoria de un movimiento en dos dimensiones.</p> <table border="1" data-bbox="1109 1400 1388 1556"> <thead> <tr> <th>En X</th> <th>En Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$v_{0x} = v_0 \cos \alpha$</td> <td>$v_{0y} = v_0 \sin \alpha$</td> </tr> <tr> <td>$x = t \cdot v_0$</td> <td>$y = v_0 t \sin \alpha + \frac{1}{2} g t^2$</td> </tr> <tr> <td>$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$</td> <td>$v_y^2 = v_0^2 \sin^2 \alpha + 2 \cdot g \cdot (y - v_0 t \sin \alpha)$</td> </tr> <tr> <td>$\theta = \arctan \frac{v_y}{v_x}$</td> <td>$t = \frac{v_y - v_0 \sin \alpha}{g}$</td> </tr> </tbody> </table> <p>Para todos los casos con $\alpha = 45^\circ$.</p> <p>Ecuaciones para el movimiento en dos dimensiones.</p> | En X | En Y | $v_{0x} = v_0 \cos \alpha$ | $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$ | $x = t \cdot v_0 $ | $y = v_0 t \sin \alpha + \frac{1}{2} g t^2$ | $ v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ | $v_y^2 = v_0^2 \sin^2 \alpha + 2 \cdot g \cdot (y - v_0 t \sin \alpha)$ | $\theta = \arctan \frac{v_y}{v_x}$ | $t = \frac{v_y - v_0 \sin \alpha}{g}$ |
| En X | En Y | | | | | | | | | | | |
| $v_{0x} = v_0 \cos \alpha$ | $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$ | | | | | | | | | | | |
| $x = t \cdot v_0 $ | $y = v_0 t \sin \alpha + \frac{1}{2} g t^2$ | | | | | | | | | | | |
| $ v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ | $v_y^2 = v_0^2 \sin^2 \alpha + 2 \cdot g \cdot (y - v_0 t \sin \alpha)$ | | | | | | | | | | | |
| $\theta = \arctan \frac{v_y}{v_x}$ | $t = \frac{v_y - v_0 \sin \alpha}{g}$ | | | | | | | | | | | |

Figura 3.6. Ejemplo de una situación dentro de un campo conceptual.

Para diseñarlo se recomienda empezar por una clasificación de los conceptos involucrados en los temas dentro de cada asignatura. Luego, a partir de estos temas se deben generar situaciones, las cuales serán casos particulares dentro de un modelo físico y que tienen implícito uno o varios conceptos con sus respectivas representaciones simbólicas.

Posteriormente, el docente debe identificar los aspectos relacionados con las concepciones que podría tener el estudiante relacionados con la situación planteada, esto es importante porque es en estos aspectos que el docente debe enfocar las ayudas pedagógicas; por ejemplo, en el caso de una situación relacionada con la caída libre de un cuerpo, una concepción que tienen los estudiantes es que “los cuerpos más pesados llegan al suelo primero” (Anggoro, Widodo, y Suhandi, 2017), considerando esto el docente podría diseñar una actividad demostrativa en la que se dejen caer varios objetos con diferentes pesos y en los que influya o no la resistencia del aire.

Por último, el docente debe identificar las representaciones gráficas asociadas a cada situación, las cuales pueden ser en forma de imagen y/o en forma de ecuación matemática. Este elemento es importante porque permitirá al docente tener más herramientas para comparar las concepciones de los estudiantes con los conceptos involucrados en cada situación y determinar así el nivel de comprensión antes y después de la intervención.

3.8.2.2. Las ayudas pedagógicas.

La función principal de las ayudas pedagógicas dentro del modelo es la de apoyar el proceso de aprendizaje de los estudiantes, las cuales son utilizadas por el docente como medio para hacer llegar la información de forma oportuna. Por lo tanto, la cantidad de ayudas variará según el nivel de comprensión conceptual de los estudiantes y del tiempo disponible para implementarlas, por lo que es recomendado que para un tiempo corto sea mayor la cantidad de ayudas, de igual modo ocurre para el nivel de comprensión conceptual, esto se puede observar en la Figura 3.7.

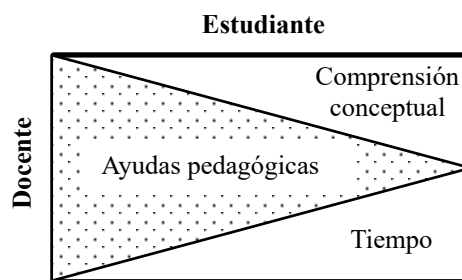


Figura 3.7. Cantidad de ayudas pedagógicas en función del tiempo y de la comprensión conceptual.

En lo que respecta a la selección del tipo de ayuda, el docente debe tomar en cuenta la dificultad y la cantidad de contenido dentro del programa de la asignatura, ya que, en el caso de la física, cada contenido está relacionado con un nivel de complejidad matemática particular y por consiguiente una forma de representación diferente. Es por

esto que se recomienda que el docente realice una combinación adecuada de los distintos tipos de ayuda para abordar el aprendizaje de los conceptos de una forma más completa, aumentando la oportunidad para que más estudiantes puedan comprenderlos.

Por consiguiente, las ayudas relacionadas con el aprendizaje colaborativo, estarán dirigidas a fomentar en los estudiantes comportamientos relacionados con las estrategias para aprender a aprender juntos a través del dialogo. Además, estarán complementadas con otras ayudas relacionadas con la enseñanza de las ciencias, para apoyar a los estudiantes en el cumplimiento de las tareas inherentes a cada fase del proceso de indagación, lo que los llevará a la adquisición de habilidades científicas y a la comprensión conceptual.

3.8.2.3. Aprendizaje colaborativo.

Este componente se centra en las relaciones entre los agentes educativos, que en este caso serán los estudiantes, el docente y el Preparador Académico; cuya interacción estará basada en los principios del aprendizaje colaborativo mencionados en el marco teórico. Específicamente, en esta parte del modelo las ayudas pedagógicas estarán centradas en el desarrollo de las estrategias para *aprender a aprender juntos* (AAJ).

En cuanto al docente, se puede decir que debe ser una persona capacitada tanto sobre las estrategias para AAJ y en los procesos de indagación, esto le permitirá administrar correctamente las ayudas pedagógicas. Además, en este modelo se incorpora la figura del preparador académico, el cual en el caso de esta investigación es un estudiante de pregrado, regular y calificado, que apoya el desarrollo de labores docentes y de investigación.

Los estudiantes, tendrán un rol más activo dentro de este modelo, sin embargo, son responsables de la puesta en práctica de las estrategias para AAJ. Esta práctica se evidenciará a partir de sus comportamientos dentro del trabajo en equipo cuyas características se muestran en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Comportamientos asociados a las estrategias para aprender a aprender juntos.

| Estrategias para aprender a aprender juntos | Comportamientos asociados | Ejemplos para su implementación |
|---|---|--|
| <p>Liderazgo distribuido: cada miembro del equipo debe hacerse responsable por el éxito del equipo, esto implica que ningún miembro del equipo está por encima de otro, cada aporte realizado por cada miembro es importante y aunque es natural que surja un líder, éste debe estar delimitado en el tiempo y en sus tareas.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Proponer las normas para la convivencia dentro del equipo. - Proponer ideas para establecer los objetivos del equipo. - Sintetizar las ideas del equipo. - Promover que cada miembro del equipo realice aportes de calidad durante las discusiones. - Llevar a la práctica los acuerdos alcanzados en el equipo. - Realizar acciones que impulsen a cada miembro del equipo. - Realizar una pregunta que promueva la reflexión y lleve a una acción concreta. | <ul style="list-style-type: none"> - Yo propongo... - En mi opinión... - A partir de lo que han dicho... - Podríamos comenzar por... - Mientras yo hago... ustedes pueden... - Estamos todos de acuerdo en que... - Estoy de acuerdo contigo en... - Me parece bien eso que dices... |
| <p>Compromiso Mutuo: Es la responsabilidad que tiene cada miembro del equipo para involucrarse en las tareas planificadas para garantizar el éxito y superar los retos planteados. Además, todos deben estar conscientes de la importancia de trabajar juntos para la incorporación de las ideas y acciones de cada uno de los miembros.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Saber escuchar las ideas de los demás y expresar las propias. - Hacer esfuerzos para dialogar y llegar a acuerdos. - Interesarse porque cada miembro del equipo se sienta cómodo trabajando en el equipo. - Garantizar que todos trabajen en la misma proporción. | <ul style="list-style-type: none"> - Me parece bien, pero sí... - Estuve revisando... - Mientras yo voy midiendo, ustedes pueden... - ¿Cómo estás haciendo...? |
| <p>Reflexión Grupal: proceso necesario para resolver problemas, esto debe realizarse en cada sesión para que todo el equipo sepa en qué etapa se encuentran, las tareas cumplidas y lo que falta por hacer.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Analizar si se están cumpliendo las normas establecidas por el equipo. - Acordar un plan de trabajo. - Contrastar los aportes individuales con respecto a los avances alcanzados por el equipo. - Promover el consenso en las decisiones del equipo. | <ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuáles son los pasos a seguir? - ¿Qué debemos hacer primero? - ¿Qué estoy aportando yo al equipo? - Podríamos hacer... - Esto podría mejorar si... |
| <p>Evaluación entre Pares: cada miembro debe aprender a autoevaluarse y evaluar a sus compañeros para tener a tiempo soluciones a posibles inconvenientes que surjan en cada tarea. Además, con esto se busca resaltar los aspectos positivos durante el trabajo y mejorar las debilidades de manera oportuna.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Evaluar el trabajo realizado por cada miembro del equipo en función de los objetivos planteados. - Evaluar el comportamiento de cada miembro del equipo en función de mejorar el trabajo colaborativo. | <ul style="list-style-type: none"> - Hacer una tabla con los aspectos a evaluar y asignarle un puntaje según una escala. |

3.8.2.4. El proceso de indagación.

En función de los niveles de indagación mencionados en el marco teórico y considerando los fundamentos del modelo pedagógico propuesto, este componente se orienta hacia la resolución de una situación-problema relacionada con una o varias situaciones del campo conceptual. Tomando en cuenta esto, en la Tabla 3.6 se detallan las tareas que deben realizar los estudiantes en cada fase del proceso de indagación, para resolver la situación-problema propuesta por el docente.

Tabla 3.6. Tareas asociadas a las fases del proceso de indagación.

| Fase | Tarea | Ejemplos para su implementación |
|---|---|--|
| <p>Establecer el problema: esta fase se centra en un problema de la vida cotidiana y que también se relaciona con los temas de la asignatura.</p> <p>Esta a su vez se divide en dos sub fases, en la primera se plantea el problema y en la segunda se elaboran las preguntas de investigación y la hipótesis.</p> | <p><u>Sub fase 1:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Analizar la situación planteada por el docente: aquí los estudiantes deben leer con detenimiento el planteamiento de la situación-problema. 2. Inferir o explorar los principios o las teorías subyacentes en la situación-problema. 3. Determinar y relacionar los conceptos específicos que forman parte del problema. | <p><u>Ejemplo sub fase 1:</u> Al “equipo A” se les planteo la siguiente situación-problema: “se debe encontrar una manera de subir los materiales de construcción desde la calle hasta la planta superior de un edificio que no posee ascensor”.</p> <p>A partir de este planteamiento, este grupo debe ahora relacionar el problema con los temas de la asignatura física I, que fuerza y movimiento.</p> |
| | <p><u>Sub fase 2:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Definir las preguntas de investigación. 2. Predecir el comportamiento de las variables a través de la elaboración de una hipótesis, la cual es una idea que plantea el investigador para tratar de explicar un fenómeno, por consiguiente, esta debe ser sometida a una evaluación para poder afirmar si esa idea es válida o no. | <p><u>Ejemplo sub fase 2:</u> las preguntas de investigación que se pudieran hacer en el “equipo A” son: ¿Cuál será la magnitud de la fuerza aplicada para levantar los objetos? ¿Qué equipos o instrumentos se pueden utilizar tomando en cuenta la masa de cada objeto? ¿Con qué materiales disponemos? ¿Cuál es la masa de los objetos que se tienen que movilizar?</p> <p>Adicionalmente pudieran formular la siguiente hipótesis: si se aplica una cantidad de fuerza para levantar un objeto con cierta masa, entonces, si se utiliza una polea, la fuerza necesaria para levantar el mismo objeto será menor.</p> |
| <p>Diseñar el experimento: en esta fase, el grupo debe diseñar un experimento que modele el sistema a una escala que</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar las variables (Independiente, dependiente y a controlar). 2. Determinar los objetivos. | <p>A partir de la hipótesis planteada, el “equipo A” decidió centrarse en explorar si el uso de poleas podría ayudar a solucionar el problema, a partir de esto, por lo que</p> |

| Fase | Tarea | Ejemplos para su implementación |
|---|--|---|
| <p>permita realizar mediciones confiables de las variables.</p> | <p>3. Proyectar los recursos necesarios para su ejecución. 4. Planificar el procedimiento para realizar el experimento.</p> | <p>identificaron las siguientes variables: Variable independiente: el número de poleas. Variable dependiente: la fuerza aplicada. Variable a controlar: la fricción entre la cuerda y las poleas. Luego, el “equipo A” estableció como su objetivo general “elaborar un sistema donde se puedan probar diferentes configuraciones de poleas”. Finalmente, partiendo de este objetivo, el “equipo A” diseñó un experimento en donde se levantaba un objeto con cierta masa utilizando diferentes poleas.</p> |
| <p>Recolectar los datos: es la fase relacionada con los procedimientos operacionales necesarios para llevar a cabo el experimento.</p> | <p>1. Estimar las escalas de medida para cada variable. 2. Probar que los equipos funcionen adecuadamente. 3. Operar de forma adecuada los equipos de medición. 4. Medir y adquirir los datos a partir de la observación y los equipos de medición. 5. Producir la cantidad de datos suficiente para poder evaluar la validez de la hipótesis.</p> | <p>El “equipo A” siguió el siguiente procedimiento para la recolección de los datos: primero se levantó el objeto con una cuerda hasta determinada altura, luego, se levantó con la ayuda de una polea, después con dos poleas y así hasta llegar a cinco poleas. En todos los casos se midió la fuerza conectando un dinamómetro en el extremo de la cuerda y se realizaron 10 repeticiones cada paso.</p> |
| <p>Procesar los datos: en esta fase, predominan los cálculos matemáticos relacionados con el modelo teórico subyacente en el experimento con su respectiva propagación de errores, además de dibujar las gráficas que sean necesarias para observar las posibles relaciones entre las variables.</p> | <p>1. Clasificar y organizar los datos. 2. Calcular las medidas indirectas y los errores correspondientes. 3. Graficar si es necesario. 4. Contrastar los resultados de cada variables en busca de relaciones entre estas.</p> | <p>En primer lugar, el “equipo A”, ordenaron los datos en tablas, luego, realizaron los cálculos correspondientes para determinar el promedio de las medidas de fuerza y la propagación de los errores respectivos. Luego, con esas medidas de fuerza se realizó una gráfica para comparar la cantidad de fuerza con la cantidad de poleas.</p> |

| Fase | Tarea | Ejemplos para su implementación |
|---|---|---|
| Extraer las conclusiones: Es la unificación del modelo teórico con los datos una vez procesados e interpretados bajo la perspectiva del investigador, tomando en cuenta los objetivos planteados y la hipótesis para concretar su rechazo o aceptación. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Reflexionar acerca de los resultados obtenidos e interpretarlos en función de los objetivos planteados. 2. Deducir las posibles relaciones entre las variables. 3. Evaluar la validez de la hipótesis. 4. Argumentar y sintetizar los resultados obtenidos. | El “equipo A” llegó a la siguiente conclusión: Tomando en cuenta los objetivos planteados, la hipótesis y los resultados obtenidos se puede decir que existe una relación entre el número de poleas y la disminución de la fuerza aplicada para levantar un objeto. En consecuencia, esta afirmación servirá para construir la estructura necesaria para llevar los objetos a la planta superior de un edificio sin ascensor. |
| Divulgar la investigación: en esta fase, el o los investigadores, dan a conocer al resto de la comunidad los resultados de sus investigaciones. En este sentido, hay distintas formas de dar a conocer lo que se hace, destacándose la publicación de artículos científicos y la presentación en eventos académicos. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Explicar el proceso de investigación realizado. 2. Transcribir la investigación realizada en formato de artículo científico. 3. Exponer en forma de poster o comunicación oral los resultados de la investigación. | En primer lugar, el “equipo A” redactó un informe sobre el proyecto realizado. Además, el “equipo A” y los demás equipos, participaron en un evento organizado por su institución para dar a conocer los proyectos que realizó cada uno. |

Finalmente, para poder cumplir con el propósito principal del modelo pedagógico propuesto, se debe buscar una forma en que los agentes educativos, los recursos disponibles, el temario de la asignatura y las competencias a desarrollar se interconecten de una manera efectiva. Por consiguiente, se considera que una forma adecuada para interconectar todos los componentes del MoPICFi, es a través de una secuencia didáctica tal como se muestran en la Figura 3.5.

3.9. Implementación del MoPICFi.

Las secuencias didácticas son un conjunto de actividades de aprendizaje y evaluación articuladas a través de la mediación del docente con el propósito que los estudiantes desarrollen determinadas competencias (Tobón, Pimienta, y García, 2010). Además, son un instrumento de planificación de las tareas escolares diarias, para articular procesos de enseñanza-aprendizaje de calidad, esto facilita la intervención del profesor y permite organizar su práctica educativa a través de las ayudas pedagógicas (Guerrero, 2011).

En este sentido, para implementar el MoPICFi fue necesario en primer lugar modificar

la carga horaria de la asignatura física I, que pasó de contar con 5 horas para desarrollar el temario de la asignatura de forma teórica, a utilizar 3 horas y media para las clases de teoría, y una hora y media para las sesiones de tutoría, esto debido a la poca disponibilidad de horas fuera de la asignatura, tanto por los preparadores académicos como de los estudiantes.

Tomando en cuenta esto, las actividades de la intervención fueron diseñadas con diferentes niveles de ayudas pedagógicas, las cuales van desde la total guía del profesor o del preparador académico, hasta un alto grado de autonomía de los estudiantes. Además, se utilizaron diferentes tipos de estrategias durante la implementación del MoPICFi (Resolución de problemas, TIC, Actividades experimentales).

De este modo, en las horas de teoría se realizaron actividades que combinaban diferentes estrategias y recursos, tales como experimentos demostrativos y de aula, videos y simulaciones informáticas. Dichas actividades estaban dirigidas por el profesor con la intención de avanzar y/o profundizar en aquellos aspectos fundamentales relacionados con el campo conceptual de referencia (ver anexo 5), el cual se elaboró a partir de los criterios antes mencionados y está basada en los conceptos relacionados con la cinemática, la dinámica, el trabajo y la energía mecánica.

Por otra parte, para las sesiones de tutoría, se diseñaron actividades para que los estudiantes aprendieran sobre el aprendizaje colaborativo y para que desarrollaran sus habilidades científicas. De esta forma, en las tres primeras sesiones de tutoría el profesor guio las actividades relacionadas con el aprendizaje de las estrategias para AAJ, utilizando ayudas como hojas de trabajo y preguntas.

En las sesiones posteriores, las actividades estuvieron centradas en la resolución de un reto científico, con el propósito de que los estudiantes pudieran poner en práctica los conocimientos teóricos, las habilidades científicas y las estrategias para AAJ. Este reto planteado por el docente, consistió en una situación-problema “real” relacionado con una situación del campo conceptual y que los estudiantes debían resolver mientras trabajaban en equipo siguiendo las fases del proceso de indagación.

También, para las tutorías se contó con la participación de 4 preparadores académicos, 2 por cada sección de la asignatura, cuya función era explicar al comienzo de cada sesión el propósito de esta, en el transcurso de la sesión, estos debían orientar a cada equipo en los aspectos relacionados con la fase de indagación correspondiente, así como con las estrategias para AAJ trabajadas con el profesor en sesiones previas, y al final de la sesión, cerraban con un análisis de la actividad realizada.

Cabe destacar, que el preparador académico debe estar capacitado para mediar durante las discusiones grupales además de poder solventar cualquier inquietud relacionada con el proceso de indagación y con los conceptos físicos relacionados con el proyecto a desarrollar por los estudiantes.

Por otra parte, al comienzo de la intervención se agrupó a los estudiantes por equipos, los cuales estuvieron conformados por 4 o 5 dependiendo de los inscritos en el curso, por ejemplo, si en una sección había 32 estudiantes inscritos, se formaban 8 equipos de 4 integrantes cada uno. Otro motivo para hacer esta distribución, fue que había que tener una cantidad de equipos proporcional a los preparadores académicos disponibles, ya que eso influiría en el tiempo que pudieran dedicarle a cada equipo.

Al final de la implementación, se esperaba que los estudiantes desarrollaran un proyecto que cumpliera lo más posible con los estándares científicos, por lo que se les pidió a los estudiantes que presentaran los resultados de su investigación por escrito en forma de artículo científico y de forma oral con una presentación a la clase. Específicamente, la evaluación del artículo la realizó el profesor por tener mayor experiencia en esa área, y para las exposiciones de cada equipo, participaron el profesor, los preparadores académicos y los otros equipos, con el propósito de tener la visión de cada uno de los agentes educativos involucrados, sobre todo el proceso desarrollado durante la asignatura.

Dicho esto, con el propósito de tener una mayor claridad en los aspectos relacionados con la implementación del MoPICFi, en la Tabla 3.7 se presenta la descripción de las actividades realizadas en las clases teóricas y las sesiones de tutoría. Además, para facilitar la lectura de las actividades de cada sesión, se realizó la siguiente codificación:

[AC]: Estrategias para aprender a aprender juntos.

[AP]: Ayudas pedagógicas.

[CC]: Situaciones del campo conceptual.

[FI]: Fases del proceso de indagación.

Tabla 3.7. Cronograma de Actividades de la implementación del MoPICFi.

| Semana | Clase teórica | | Tutoría |
|--------|---|--|--|
| | Día 1 | Día 2 | |
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> • Presentación. • Aplicación de los instrumentos previos a la intervención. • Introducción a la física. | <ul style="list-style-type: none"> • Magnitudes físicas. • Vectores. | <ul style="list-style-type: none"> • 1. Estrategias para el trabajo en equipo (I). [AC]: Liderazgo distribuido. [AP] Hoja de trabajo, Preguntas. [CC]: Cinemática. [FI]: Procesar los datos, extraer las conclusiones. |
| 2 | Cinemática en una dimensión (horizontal). | <ul style="list-style-type: none"> • Cinemática en una dimensión (vertical). • Actividad experimental: ¡Reacciona! [AC]: Liderazgo distribuido, Compromiso mutuo, Reflexión grupal. [AP]: Tarjetas, Preguntas, experimentos de aula. [CC]: Cinemática. [FI]: Recolectar los datos, Procesar los datos, Extraer las conclusiones. | <ul style="list-style-type: none"> • 2. Estrategias para el trabajo en equipo (II). [AC]: Compromiso mutuo, reflexión grupal. [AP] Hoja de trabajo, Preguntas. [CC]: Cinemática. [FI]: Procesar los datos, extraer las conclusiones. |
| 3 | Movimiento en dos dimensiones. | Movimiento en dos dimensiones. | <ul style="list-style-type: none"> • 3. Planteamiento del reto científico. [AC]: Liderazgo distribuido, compromiso mutuo y reflexión grupal. [AP]: Tarjetas, Preguntas. [CC]: Cinemática. [FI]: Establecer el problema. |
| 4 | Movimiento relativo. | Sesión de resolución de problemas de cinemática. [AC]: Liderazgo distribuido, Compromiso mutuo, Reflexión grupal. [AP]: Tarjetas, Preguntas, problemas ejemplo. [CC]: Cinemática [FI]: Procesar los datos, Extraer las conclusiones. | <ul style="list-style-type: none"> • 4. Presentación del diseño del experimento. [AC]: Liderazgo distribuido, Compromiso mutuo y Reflexión grupal. [AP]: Preguntas, presentación con diapositivas. [CC]: Cinemática. [FI]: Diseñar el experimento. |

| Semana | Clase teórica | | Tutoría | |
|--------|--------------------------------------|--------------|--|---|
| | Día 1 | Día 2 | | |
| 5 | Evaluación sumativa. | CC: Dinámica | Introducción a la dinámica. | <ul style="list-style-type: none"> • 4. Presentación del diseño del experimento. [AC]: Liderazgo distribuido, Compromiso mutuo y Reflexión grupal. [AP]: Preguntas, presentación con diapositivas. [CC]: Cinemática. [FI]: Diseñar el experimento. • 5. Estrategias para el trabajo en equipo (III). [AC]: Evaluación entre pares. [AP]: Tarjetas, Preguntas. [CC]: Cinemática. [FI]: Diseñar el experimento. |
| 6 | Leyes de Newton. | | Aplicaciones de las leyes de Newton. | <ul style="list-style-type: none"> • 6. Recolección de los datos. [AC]: Liderazgo distribuido, Compromiso mutuo, Reflexión grupal. [AP]: Tarjetas, Preguntas, Videos, Programa informático. [CC]: Cinemática. [FI]: Recolectar los datos. |
| 7 | Aplicaciones de las leyes de Newton. | | <p>Sesión de resolución de problemas de dinámica. [AC]: Liderazgo distribuido, Compromiso mutuo, Reflexión grupal. [AP]: Tarjetas, Preguntas, problemas ejemplo. [CC]: Dinámica. [FI]: Procesar los datos, Extraer las conclusiones.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 7. Recolección de los datos. [AC]: Liderazgo distribuido, Compromiso mutuo, Reflexión grupal. [AP]: Tarjetas, Preguntas, Videos, Programa informático. [CC]: Cinemática. [FI]: Recolectar los datos. |
| 8 | Evaluación sumativa. | | Principio de conservación de la cantidad de movimiento. | <ul style="list-style-type: none"> • 8. Recolección de los datos. [AC]: Liderazgo distribuido, Compromiso mutuo, Reflexión grupal, Evaluación entre pares. [AP]: Tarjetas, Preguntas, Videos, Programa informático. [CC]: Cinemática. [FI]: Recolectar los datos. |

| Semana | Clase teórica | | Tutoría | |
|--------|---|-----------------------|--|---|
| | Día 1 | Día 2 | | |
| 9 | Cinemática y dinámica rotacional. | CC: Trabajo y Energía | Trabajo mecánico. | <ul style="list-style-type: none"> • 9. Procesamiento de los datos. [AC]: Liderazgo distribuido, Compromiso mutuo, Reflexión grupal. [AP]: Tarjetas, Preguntas, Videos, Programas informáticos. [CC]: Cinemática. [FI]: Procesar los datos. |
| 10 | <ul style="list-style-type: none"> • Simulaciones interactivas: Principio de conservación de la energía mecánica. [AC]: Liderazgo distribuido, Compromiso mutuo, Reflexión grupal. [AP]: Tarjetas, Preguntas, Simulaciones informáticas. [CC]: Trabajo y Energía Mecánica. [FI]: Extraer las conclusiones. | | Sesión de resolución de problemas de trabajo y energía mecánica. [AC]: Liderazgo distribuido, Compromiso mutuo, Reflexión grupal. [AP]: Tarjetas, Preguntas, problemas ejemplo. [CC]: Trabajo y Energía mecánica. [FI]: Procesar los datos, Extraer las conclusiones. | <ul style="list-style-type: none"> • 10. Procesamiento de los datos. [AC]: Liderazgo distribuido, Compromiso mutuo, Reflexión grupal, Evaluación entre pares. [AP]: Tarjetas, Preguntas, Videos, Programas informáticos. [CC]: Cinemática. [FI]: Procesar los datos. |
| 11 | Movimiento Armónico Simple. | | Repaso general del tema de trabajo y energía. | <ul style="list-style-type: none"> • 11. Extracción de las conclusiones de la investigación. [AC]: Liderazgo distribuido, Compromiso mutuo y Reflexión grupal. [AP]: Tarjetas, Preguntas. [CC]: Cinemática. [FI]: Extraer las conclusiones. |
| 12 | Evaluación Sumativa. | | <ul style="list-style-type: none"> • 12. Divulgación de la investigación. [AC]: Evaluación entre pares. [AP]: Preguntas, presentación con diapositivas. [CC]: Cinemática. [FI]: Divulgar la investigación. | <ul style="list-style-type: none"> • 12. Divulgación de la investigación. [AC]: Evaluación entre pares. [AP]: Preguntas, presentación con diapositivas. [CC]: Cinemática. [FI]: Divulgar la investigación. • Aplicación de los instrumentos posteriores a la intervención. |

3.9.1. Actividades realizadas en las sesiones de tutorías.

Las sesiones de tutoría estuvieron enfocadas en primer lugar al aprendizaje de las estrategias para aprender a aprender juntos, y luego, al desarrollo de las habilidades científicas a través de la resolución del reto científico. Dichas sesiones se presentan a continuación.

Tutoría 1: Estrategias para el trabajo en equipo (I).

El propósito de esta actividad era que los estudiantes reflexionaran y tomaran conciencia sobre los procesos involucrados en el trabajo en equipo, específicamente en lo relacionado con el liderazgo distribuido. Además, se desarrollaban las habilidades científicas relacionadas con las fases de procesar los datos y de extraer las conclusiones.

En este sentido, la primera parte de la actividad consistió en contar la cantidad de cuadros dentro de una imagen (ver Anexo 6), primero individualmente, luego, en parejas y finalmente todo el equipo. Posteriormente, cada estudiante debía recordar y explicar a los compañeros, una experiencia de éxito y otra de fracaso sobre el trabajo en equipo y después de cada intervención, el equipo debe realizar una lista de “buenos” y “malos” comportamientos para el trabajo en equipo.

En la segunda parte de la actividad, el equipo debía resolver un problema siguiendo las características del liderazgo distribuido. Para esto, cada integrante del equipo tomó una tarjeta dentro de un sobre y actuó en función de las características correspondientes.

Finalmente, en los últimos 15 minutos de la sesión, el equipo debía completar un formulario a partir de la reflexión realizada por el equipo sobre dos aspectos: el aporte individual para la solución del problema y el aporte individual para el buen funcionamiento del equipo.

Tutoría 2: Estrategias para el trabajo en equipo (II).

En este caso se desarrollaron las estrategias de aprendizaje para AAJ relacionadas con el compromiso mutuo y la reflexión grupal dentro de un equipo de trabajo. Además, se desarrollaban las habilidades científicas relacionadas con las fases de procesar los datos y de extraer las conclusiones.

Al comienzo, cada integrante del equipo, escribió en una hoja de papel los siguientes aspectos: su mayor habilidad, su menor habilidad, su pasatiempo favorito, una meta personal, una característica positiva que quería que se evidenciara en el equipo y un

aspecto negativo que no quería dentro del equipo. Luego, cada integrante del equipo tomó una tarjeta dentro de un sobre y cada uno desde su rol, debían trabajar para establecer por consenso, las normas básicas de convivencia del equipo.

Adicionalmente, el equipo debía resolver un problema para desarrollar las estrategias del aprendizaje para AAJ, relacionadas con el compromiso mutuo, la reflexión grupal. Así como, las habilidades científicas como el procesamiento de datos y extraer conclusiones.

Finalmente, en los últimos 15 minutos de la clase, el equipo completó un formulario a partir de la reflexión realizada por el equipo sobre dos aspectos: el aporte individual para la solución del problema y el aporte individual para el buen funcionamiento del equipo.

Tutoría 3: Planteamiento del reto científico.

El propósito de esta sesión, era la de comenzar a desarrollar las habilidades científicas, específicamente, las correspondientes con la fase de establecer el problema. A través del diseño y ejecución de un proyecto científico que los estudiantes debían realizar trabajando de forma colaborativa.

De este modo, el profesor les presentó a los estudiantes la pregunta: “¿Cuál es el ángulo con el cual se obtiene la máxima distancia horizontal? A partir de la cual el equipo debía establecer el problema (conceptos, principios o leyes físicas relacionadas con el fenómeno) y finalizar esta fase con la elaboración de una hipótesis.

Finalmente, en los últimos 15 minutos de la clase, el equipo debía completar un formulario a partir de la reflexión realizada por el equipo sobre dos aspectos: el aporte individual para la solución del problema y el aporte individual para el buen funcionamiento del equipo.

Tutoría 4: Presentación del diseño del experimento.

Esta sesión se enfocó en la presentación del diseño del experimento previamente elaborado por cada equipo. Por lo tanto, los estudiantes debían establecer las variables relacionadas con el montaje experimental que permitiría la evaluación de la hipótesis formulada en la fase anterior.

Cada equipo disponía de 10 minutos para exponer el problema establecido, la hipótesis, las variables y el montaje del experimento seleccionado. Simultáneamente, el

profesor, los preparadores académicos y el resto de los equipos analizaban las exposiciones y realizaban preguntas en función de mejorar las propuestas.

Tutoría 5: Estrategias para el trabajo en equipo (III).

Después del desarrollo de las dos primeras fases del proceso de indagación, fue el momento de conocer la última estrategia para AAJ, específicamente la relacionada con la evaluación dentro de un equipo de trabajo. Esta estrategia se centra en evaluar el trabajo realizado por cada miembro del equipo en función de los objetivos planteados y evaluar el comportamiento de cada miembro del equipo en función de mejorar el trabajo colaborativo.

Para tal fin, en esta sesión, cada miembro del equipo reflexionaba sobre el aporte individual para la solución del problema físico establecido, la hipótesis formulada y el montaje del experimento diseñado. Además, debían reflexionar sobre el aporte individual para el buen funcionamiento del equipo y completar por equipos el formulario correspondiente para esa sesión.

Tutorías 6, 7 y 8: Recolección de los datos.

Estas sesiones estaban relacionadas con la fase del proceso de indagación recolectar los datos. Con el propósito que los estudiantes desarrollaran habilidades como estimar escalas, registrar datos, obtener medidas directas, controlar variables, entre otras.

En este sentido, los preparadores académicos se encargaron de hacer una breve introducción sobre las actividades que los equipos debían realizar en esa sesión. Luego, en función del montaje del experimento desarrollado por cada equipo, procedieron a tomar las medidas correspondientes.

Cabe destacar que a pesar de que la mayoría de los equipos tenían montajes distintos, todos tenían que seguir métodos de adquisición de datos similares. Específicamente, todos debían realizar al menos tres lanzamientos por cada ángulo y debían probar con al menos cinco ángulos, además, este procedimiento debía realizarse para dos masas distintas.

Además, todos los lanzamientos fueron grabados en video para que los equipos realizaran las mediciones a través del programa de video análisis Tracker. Es de hacer notar que, en esta fase, el rol de los preparadores académicos fue fundamental porque los estudiantes no conocían el programa.

Finalmente, en los últimos 15 minutos de la última sesión de esta fase, el equipo debía completar un formulario a partir de la reflexión realizada por el equipo sobre dos aspectos: el aporte individual para la solución del problema y el aporte individual para el buen funcionamiento del equipo.

Tutorías 9 y 10: Procesamiento de los datos.

El propósito de estas sesiones era que los estudiantes desarrollaran las habilidades relacionadas con la fase de procesar los datos. Específicamente, las relacionadas con graficar, calcular medidas indirectas y errores, entre otras.

De esta forma, al inicio de estas sesiones, los preparadores académicos se encargaron de hacer una breve introducción sobre las actividades que los equipos debían realizar en esa sesión. Luego, para el procesamiento de los datos, los equipos utilizaron los programas Tracker y Microsoft Excel, por lo que los preparadores académicos tuvieron que tomar un rol más activo debido a su experiencia en el uso de estos programas informáticos y con las habilidades a desarrollar en esta fase.

Finalmente, en los últimos 15 minutos de la última sesión de esta fase, el equipo debía completar un formulario a partir de la reflexión realizada por el equipo sobre dos aspectos: el aporte individual para la solución del problema y el aporte individual para el buen funcionamiento del equipo.

Tutoría 11: Conclusiones de la investigación.

El propósito de esta sesión fue la de desarrollar las habilidades científicas relacionadas con la fase de extraer las conclusiones del proceso de indagación. En cuanto a interpretar los resultados en función de los objetivos planteados y evaluar la validez de la hipótesis.

En esta manera, al inicio los preparadores explicaron el propósito de la actividad, y luego, organizados los equipos, procedieron a analizar los datos recolectados en función de los objetivos planteados y la hipótesis formulada, lo que les permitiría darle respuesta al reto científico propuesto por el profesor.

Tutoría 12: Divulgación de la investigación.

Al final de todas las sesiones de tutoría, los equipos debían divulgar el proyecto realizado en equipo, con la finalidad de que los estudiantes aprendieran las distintas formas en que los investigadores publican sus estudios.

En este sentido, cada equipo debía divulgar su proyecto de dos formas, la primera era en entregar un informe escrito en formato de artículo y la otra consistía en una

comunicación oral, en la que cada equipo disponía de 10 minutos para exponer todo el proceso de diseño y ejecución de su proyecto. Simultáneamente, el profesor, los preparadores académicos y el resto de los equipos analizaban las exposiciones y realizaban preguntas con el propósito de evaluar los proyectos desde diferentes puntos de vista.

3.9.2. Actividades realizadas en las clases teóricas.

Estas actividades fueron diseñadas para crear una conexión entre las sesiones de tutoría las cuales tienen un carácter práctico con los métodos utilizados en las clases teóricas. Por lo tanto, la cantidad y características de estas, fueron diseñadas para que los docentes puedan realizar la implementación del MoPICFi en las clases teóricas de una forma sencilla.

3.9.2.1. Actividad experimental: ¡Reacciona!

El propósito de esta actividad era la de estudiar los conceptos relacionados con el movimiento uniformemente variado de una partícula en una dimensión (vertical), A través de un experimento de aula en la que se calculaba el tiempo de reacción de una persona utilizando los principios de la caída libre. Además, esta actividad permitiría a los estudiantes desarrollar habilidades con las fases de recolectar los datos, procesar los datos y de extraer las conclusiones.

Al inicio de la actividad un estudiante sostenía de forma vertical una regla diseñada para este experimento (ver Figura 3.8), mientras que otro colocaba la mano abierta al final de esta regla para intentar atraparla.

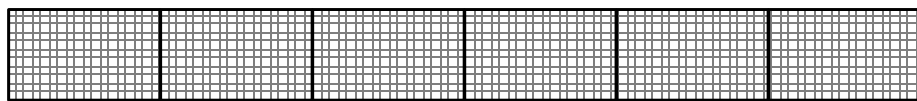


Figura 3.8. Modelo de regla utilizada para medir la distancia de caída libre.

Luego, el primer estudiante dejaba caer la regla, y el segundo estudiante registraba en una tabla, la distancia desde el lugar donde tenía la mano hasta el punto de captura. Este procedimiento se repitió cinco veces por cada estudiante con el propósito de realizar un promedio de las medidas obtenidas y calcular el tiempo de reacción utilizando las ecuaciones de caída libre.

Posteriormente, cada equipo debía reflexionar sobre el fenómeno observado en función de los modelos físicos y siguiendo las estrategias para aprender a aprender juntos. Finalmente, discutieron sus conclusiones con toda la clase a través de preguntas formuladas por el profesor.

3.9.2.2. Resolución de problemas sobre los temas de Cinemática, Dinámica y Trabajo y Energía Mecánica.

El propósito de esta actividad era que los estudiantes resolvieran colaborativamente problemas de Cinemática, Dinámica y Trabajo y Energía. A través de las habilidades científicas relacionadas con las fases de procesar los datos y de extraer las conclusiones y utilizando todas las estrategias para AAJ.

Al inicio de la actividad, el profesor propuso varios problemas (la cantidad dependía del tema que se estuviera trabajando en ese momento) extraídos en su mayoría de los libros de texto recomendados en la asignatura de física I. Los cuales debían ser resueltos por cada equipo utilizando las estrategias para aprender a aprender juntos.

Posteriormente, cada equipo debía reflexionar sobre los resultados obtenidos en el(los) problema(s) en función de los modelos físicos y siguiendo las estrategias para AAJ. Finalmente, discutieron sus conclusiones con toda la clase a través de preguntas formuladas por el profesor.

3.9.2.3. Simulaciones interactivas sobre el principio de conservación de la energía mecánica.

El propósito de esta actividad era la de estudiar un principio físico a través de simulaciones interactivas. En este sentido, el profesor mostró una simulación que contenía diferentes situaciones (ver Figura 3.9), unas en las que se evidenciaba la conservación de la energía mecánica y otras en las que no, mientras realizaba preguntas a los estudiantes sobre cada caso.

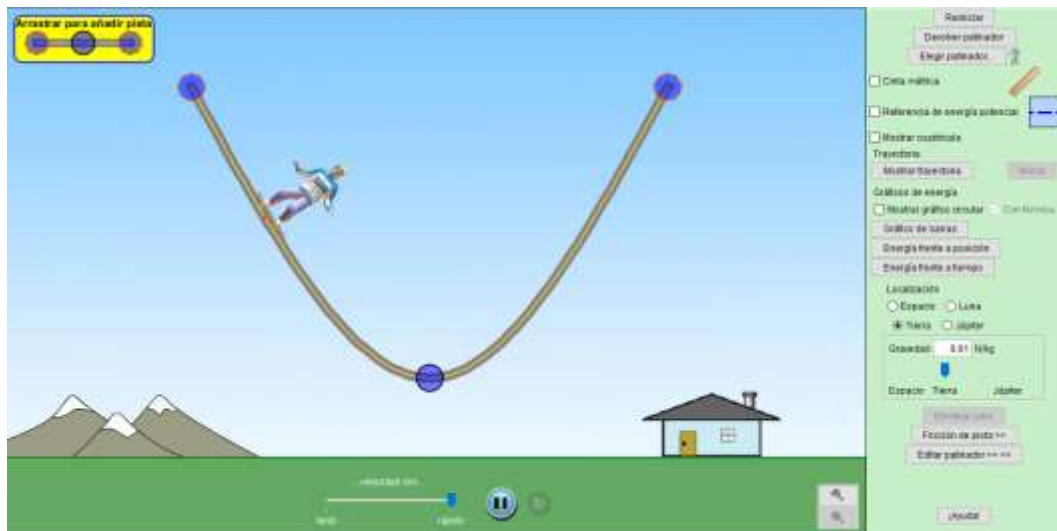


Figura 3.9. Imagen de la simulación sobre la conservación de la energía mecánica utilizada en clase.

Al final de la actividad, cada equipo reflexionaba sobre las situaciones observadas, considerando los modelos físicos. Luego, eran discutidas por toda la clase ayudados por las explicaciones del profesor.

CAPITULO 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Introducción.

Este capítulo se presentan los resultados y los análisis de los instrumentos de recolección de datos utilizados en esta investigación. Al respecto, para facilitar la presentación de los datos y en función de los objetivos planteados, se conformaron por cuatro estudios.

El primer estudio está dirigido a conocer cuál es el perfil académico de los estudiantes que ingresan a la asignatura física I y analizar las estrategias utilizadas por los docentes en las clases de física. Además, se analizará la visión que tienen los estudiantes acerca de la asignatura de física y la relación con su formación profesional.

El segundo tiene como propósito medir el nivel de comprensión conceptual de los estudiantes antes y después de la implementación del MoPICFi. Específicamente, en lo que respecta a los conceptos relacionados con los temas de cinemática, dinámica y trabajo y energía mecánica.

En el tercero se evalúa el nivel de habilidades científicas que tienen los estudiantes antes y después de la intervención. Estas habilidades están relacionadas con las fases del proceso de indagación definidas en el MoPICFi.

Por último, en el cuarto se analizan las estrategias para aprender a aprender juntos y las habilidades científicas que utilizan los estudiantes al momento de resolver un problema de física de forma colaborativa.

4.2. Estudio sobre las percepciones de los estudiantes sobre el aprendizaje de la física.

4.2.1. Introducción.

Para realizar cualquier intervención en el área educativa, es importante conocer con cierta profundidad a las personas que van a participar en esa investigación como sujetos de estudio, porque esto permite realizar un mejor diagnóstico y posteriormente un buen análisis de los resultados que se obtengan.

En este sentido, este estudio se dividirá en cuatro aspectos principales, los cuales serán, establecer un perfil académico de los estudiantes que participaron en la presente investigación, las estrategias utilizadas por los docentes en las clases de física, las técnicas de aprendizaje de los estudiantes y su visión acerca de la asignatura de física.

Aspectos relevantes:

- Establecimiento del perfil académico de los estudiantes.
- Caracterización de las estrategias utilizadas por los docentes en las clases de física.
- Técnicas utilizadas por los estudiantes para preparar las clases de física.
- Visión de los estudiantes acerca de la asignatura de física.

4.2.2. Metodología.

4.2.2.1. Pregunta de investigación.

¿El diseño y la implementación de un modelo pedagógico que promueva la indagación colaborativa mejorará la percepción de los estudiantes sobre el aprendizaje de la física?

4.2.2.2. Objetivo.

Caracterizar y comparar, antes y después de la implementación del MoPICFi, las percepciones de los estudiantes sobre el aprendizaje de la física.

4.2.2.3. Procedimiento.

Los datos utilizados en estudio fueron adquiridos a partir de dos cuestionarios, uno aplicado antes (pre-test) y el otro después de la intervención (post-test). El primero tuvo como objetivo conocer cómo fue la formación académica de los estudiantes antes de cursar la asignatura de física I (Bachillerato); el otro, para conocer la experiencia de los estudiantes durante la asignatura de física I.

De este modo, en el pre-test (ver anexo 1.1) las tres primeras preguntas estaban dirigidas a conocer el perfil académico de los estudiantes, específicamente en lo relacionado a su formación previa a la asignatura de física I. Luego, las preguntas 4 y 5 estaban relacionadas con las estrategias utilizadas por los docentes en las clases de física en el bachillerato.

Las preguntas 6, 7, 8 y 9 estuvieron dirigidas a conocer las técnicas que utilizaban los estudiantes para preparar las clases de física. Las cuales abarcan desde las horas dedicadas, los recursos materiales y las personas en las que se apoyan los estudiantes para estudiar durante una asignatura de física.

Asimismo, el propósito de las dos últimas preguntas era explorar la opinión de los estudiantes acerca de su visión del aprendizaje de la física. De esta forma, en una se les preguntaba cuál debe ser el rol del estudiante en esta asignatura y en la otra cual es la importancia de la física para su carrera profesional.

Por otra parte, en el post-test (ver anexo 1.2) las dos primeras preguntas estaban dirigidas a las estrategias utilizadas por los docentes en las clases de física I. La tercera, estaba relacionada con la nota que esperaban obtener los estudiantes al final de la asignatura de física I.

Además, desde la pregunta 4 hasta la 7, las preguntas estaban dirigidas a conocer cuáles fueron las técnicas que utilizaron los estudiantes durante la asignatura física I. Por último, las preguntas 8, 9 y 10 se relacionaban con la visión que tenían los estudiantes al finalizar física I.

4.2.3. Resultados y discusión.

A continuación, se presentan los resultados del pre-test para conocer las percepciones de los estudiantes al inicio de la asignatura Física I (bachillerato), y del post-test para conocer sus percepciones al final de la asignatura Física I. Cabe destacar, que para facilitar el análisis se agruparon las preguntas en función del perfil académico, las estrategias utilizadas por los docentes, las técnicas de estudio y la visión que poseen los estudiantes acerca de la asignatura de física antes y después de la implementación del MoPICFi.

4.2.3.1. Perfil académico de los estudiantes al inicio de la asignatura de física I.

Estas preguntas permitirán establecer cómo fue la formación académica de los estudiantes al inicio de la asignatura de física I, con el propósito de ayudar en el análisis de las respuestas de los estudiantes en los diferentes pre-test. Específicamente, se analizarán las preguntas relacionadas con la cantidad de veces que los estudiantes cursaron esta asignatura, así como su rendimiento académico durante su formación previa a la asignatura de física I.

En primer lugar, en la Tabla 4.2.1, se puede observar que más de la mitad de los estudiantes de ambos grupos cursó la asignatura de física los tres años de bachillerato y que era la primera vez que cursaban la asignatura de física I. Sin embargo, cerca del 12 % de los estudiantes no cursó física en alguno de los años del bachillerato, algo que puede afectar su rendimiento académico en las asignaturas de física en la universidad.

Otro dato importante es que un poco más del 20% de los estudiantes de ambos grupos ya han cursado por lo menos una vez la asignatura de física I. Lo cual es un dato a tomar en cuenta por los docentes para planificar las actividades, porque se pudiera aprovechar la experiencia de estos estudiantes, para ayudar a los compañeros que cursan la asignatura por primera vez.

Tabla 4.2.1. ¿Cuál de los siguientes perfiles se relaciona con tu formación académica en física? (pre-test).

| Grupo | Respuesta | % grupo |
|---------------------|---|--------------|
| Experimental | No cursé física en alguno de los años de bachillerato y estoy cursando Física I por primera vez | 6,7% |
| | Cursé Física los tres años de bachillerato y estoy cursando Física I por primera vez | 66,7% |
| | No cursé Física en alguno de los años de bachillerato y no es la primera vez que curso Física I | 6,7% |
| | Cursé Física los tres años de bachillerato y no es la primera vez que curso Física I | 18,3% |
| | Otro | 1,7% |
| Control | No cursé física en alguno de los años de bachillerato y estoy cursando Física I por primera vez | 5,9% |
| | Cursé Física los tres años de bachillerato y estoy cursando Física I por primera vez | 54,4% |
| | No cursé Física en alguno de los años de bachillerato y no es la primera vez que curso Física I | 13,2% |
| | Cursé Física los tres años de bachillerato y no es la primera vez que curso Física I | 22,1% |
| | Otro | 4,4% |

Por otra parte, en la segunda pregunta se quería conocer si los estudiantes tuvieron alguna formación adicional aparte del bachillerato y de qué tipo fue esa formación. Por

ese motivo se incluyó dentro de esta pregunta, dos programas que ofrece la USB para complementar la formación de los estudiantes.

El primer caso, es el Programa de Igualdad de Oportunidades PIO, que según el Decanato de Extensión USB (2000) tiene como propósito fundamental:

“facilitar a los estudiantes participantes, experiencias claves en el reaprendizaje del conocimiento básico en las áreas de matemática, física, química y lengua, así como también la promoción del desarrollo de habilidades y destrezas intelectuales y afectivas que les permitirán enfrentar con éxito las exigencias académicas propias del proceso de admisión y de las carreras que ofrece la Universidad “Simón Bolívar” y las demás instituciones de Educación Superior”.

El segundo, es el Ciclo de Iniciación Universitaria CIU, cuyo objetivo según el Decanato de Estudios Generales USB (2005) es el de “facilitar, enriquecer y consolidar los conocimientos y la formación integral necesarios para cursar con éxito las Carreras que ofrece la USB”.

De esta forma, en la Tabla 4.2.2, se muestra que un poco más del 50 % de los estudiantes de ambos grupos solo recibió la formación del bachillerato, mientras que el resto cursó diferentes programas de formación. Específicamente, se tiene que, el mayor porcentaje en el grupo experimental fue para el Programa de Igualdad de Oportunidades (PIO), mientras que en el grupo control hubo una distribución más equitativa entre los dos programas que ofrece la Universidad Simón Bolívar (USB) y los otros cursos de nivelación.

Tabla 4.2.2. Formación adicional de los estudiantes antes de ingresar a la universidad.

| Grupo | Respuesta | % grupo |
|---------------------|---|----------------|
| Experimental | Programa de Igualdad de Oportunidades (PIO-USB) | 20,3% |
| | Ciclo de Iniciación Universitaria (CIU-USB) | 3,4% |
| | (PIO-USB) y (CIU-USB) | 0,0% |
| | Otro | 18,6% |
| | Ninguno | 57,6% |
| Control | Programa de Igualdad de Oportunidades (PIO-USB) | 13,1% |
| | Ciclo de Iniciación Universitaria (CIU-USB) | 14,8% |
| | (PIO-USB) y (CIU-USB) | 1,6% |
| | Otro | 19,7% |
| | Ninguno | 50,8% |

En vista de estos resultados, se pudiera pensar que los estudiantes que no cursaron la asignatura de física en alguno de los años de bachillerato, son los que buscaron algún tipo de formación adicional para compensar esta carencia. Sin embargo, en la Figura

4.2.1 se puede observar que, por el contrario, la mayoría de los estudiantes que tuvieron una formación adicional son los que si cursaron los tres años del bachillerato.

Este dato es muy relevante porque se evidencia que solo un poco más de la mitad de los estudiantes que cursaron la asignatura de física I, poseen una base de conocimientos acorde con el nivel mínimo de competencias requeridas al inicio de la asignatura física I.

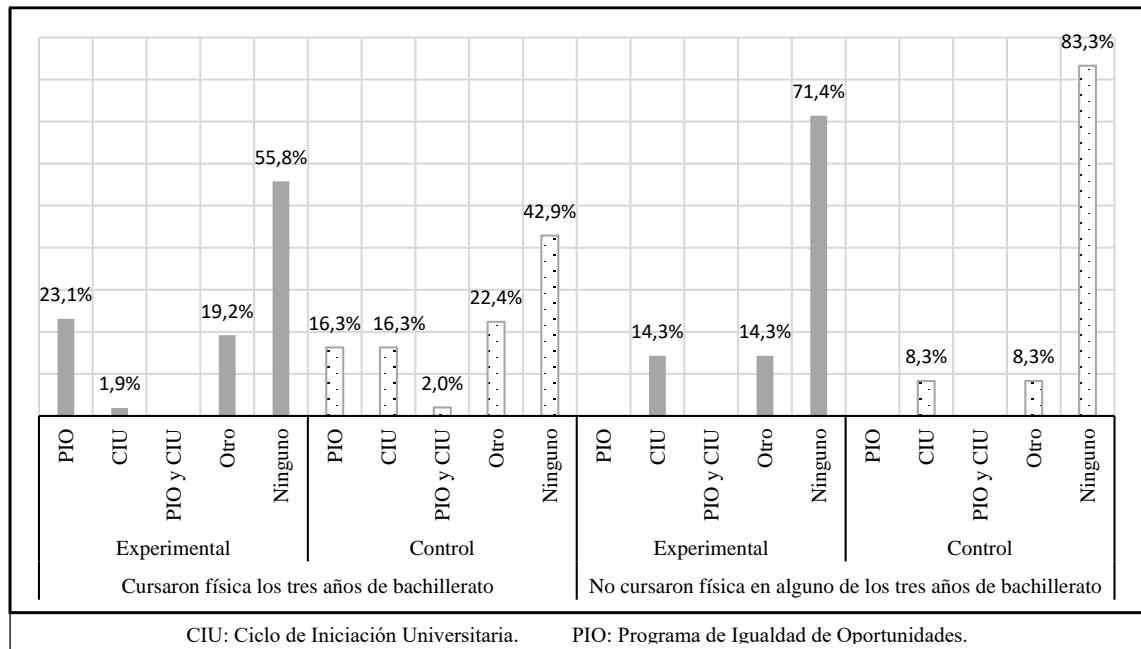


Figura 4.2.1. Relación entre el perfil académico de los estudiantes en bachillerato y su formación adicional.

Por otra parte, en la Figura 4.2.2, se muestra que casi la mitad de los estudiantes de los dos grupos expresó que tuvo un buen rendimiento en todas las asignaturas de física que cursaron, lo cual puede esperarse en estudiantes de carreras asociadas a las ciencias y la tecnología; sin embargo, más de la mitad expresó que tuvo un rendimiento de regular a bajo en estas asignaturas.

Lo anterior se acerca a los datos extraídos de la prueba PISA aplicada en el 2009 a los estudiantes de bachillerato del Estado Miranda en Venezuela (Walker, 2011), en el cual el 57% de los jóvenes que realizaron prueba, demostraron tener un nivel de suficiente para enfrentar situaciones de la vida cotidiana utilizando conocimientos de ciencia y tecnología.

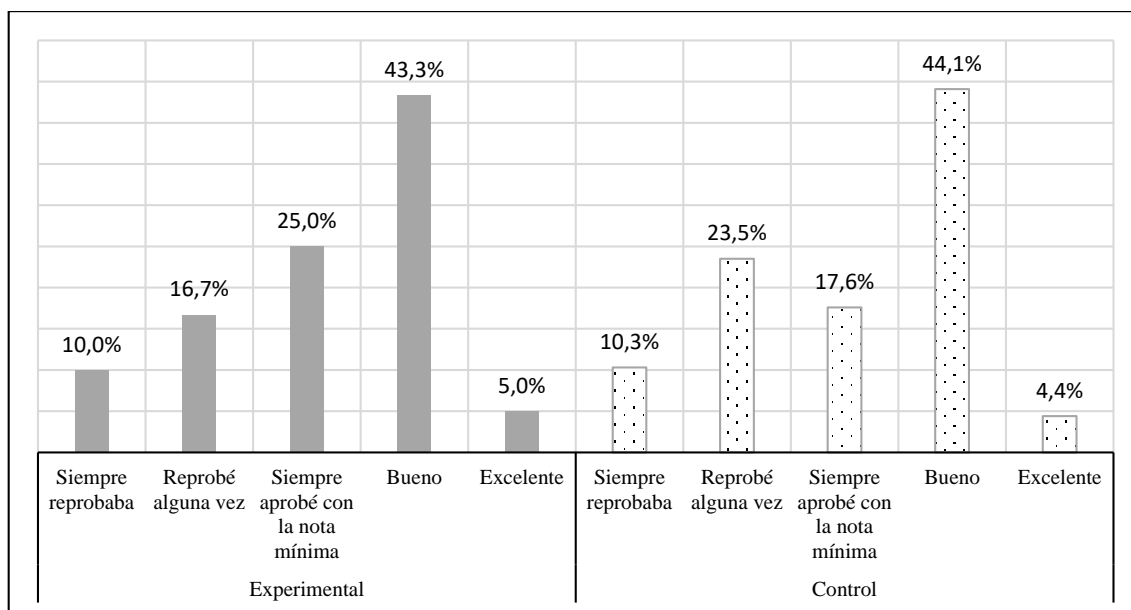


Figura 4.2.2. Rendimiento académico de los estudiantes en bachillerato.

En resumen, se puede decir que el perfil académico de la mayoría, estaba caracterizado por estudiantes que habían cursado los tres años de bachillerato y que tenían unas calificaciones de regulares a buenas. Sin embargo, se pudo constatar que casi la mitad de los estudiantes que están ingresando en la asignatura de física I, se encuentran por debajo de los requisitos mínimos recomendados para cursarla.

4.2.3.2. Estrategias utilizadas por los docentes en las clases de física.

A continuación, se muestran las estrategias que según los estudiantes fueron las más utilizadas por sus docentes durante las clases de física. De manera que, el pre-test estuvo enfocado en el periodo de bachillerato, y el post-test, en la asignatura física I.

En este sentido, se realizó una tabla de distribución de frecuencias para cada test, sin embargo, para facilitar la lectura de estos resultados y su posterior análisis, las estrategias fueron agrupadas en cuatro categorías considerando la revisión teórica realizada, y mostradas en gráficas. De este modo, las categorías fueron: resolución de problemas de libros de texto (en representación de las estrategias tradicionales), actividades experimentales (Laboratorio y demostraciones experimentales), TIC (uso de medios audiovisuales y simulaciones) y trabajo colaborativo (Diseño e implementación de proyectos y trabajo en grupo).

a) Estrategias utilizadas por los docentes en las clases de física de bachillerato.

De este modo, en los resultados del pre-test (ver Figura 4.2.3) se puede observar que la resolución de problemas del libro de texto y el trabajo colaborativo fueron según los estudiantes, las estrategias que más utilizaron sus docentes de física en bachillerato. En contraste, ambos grupos coincidieron que las actividades experimentales o las basadas en las TIC, son utilizadas con poca frecuencia en las clases de física.

Estos resultados evidencian que, en el sistema educativo venezolano aún permanecen algunas prácticas tradicionales de enseñanza de la física. Sin embargo, esto no quiere decir que estrategias como la resolución de problemas no se deban impartir en las aulas de clase, por el contrario, estas son necesarias para la enseñanza de conceptos y habilidades básicas.

Asimismo, estos resultados pudieran ser consecuencia, por un lado, del déficit de recursos en las instituciones educativas para la enseñanza de las asignaturas científicas y, por otra parte, de la poca capacitación de los docentes en el manejo de las TIC. Una posible causa es la señalada por Alfonzo (2017), que expresa que la masificación de la educación en Venezuela “no estuvo acompañada por la disposición proporcional de medios para el aprendizaje”, afectando así su calidad.

b) Estrategias utilizadas por los docentes en las clases de física I.

Por otra parte, en el post-test (ver Figura 4.2.4), el grupo experimental expresó que la estrategia más utilizada en la asignatura de física I fue el trabajo colaborativo. Sin embargo, casi la mitad de los estudiantes expresó que la resolución de problemas de libros de texto y el uso de las TIC ocuparon un alto porcentaje en estas clases.

Estos resultados eran los esperados, pues el centro de la intervención en la que participó el grupo experimental, consistió en el diseño e implementación de un proyecto en grupo. No obstante, para el grupo control fue más frecuente la resolución de problemas de libros de texto, por lo que se puede decir que sus docentes siguieron un enfoque tradicional.

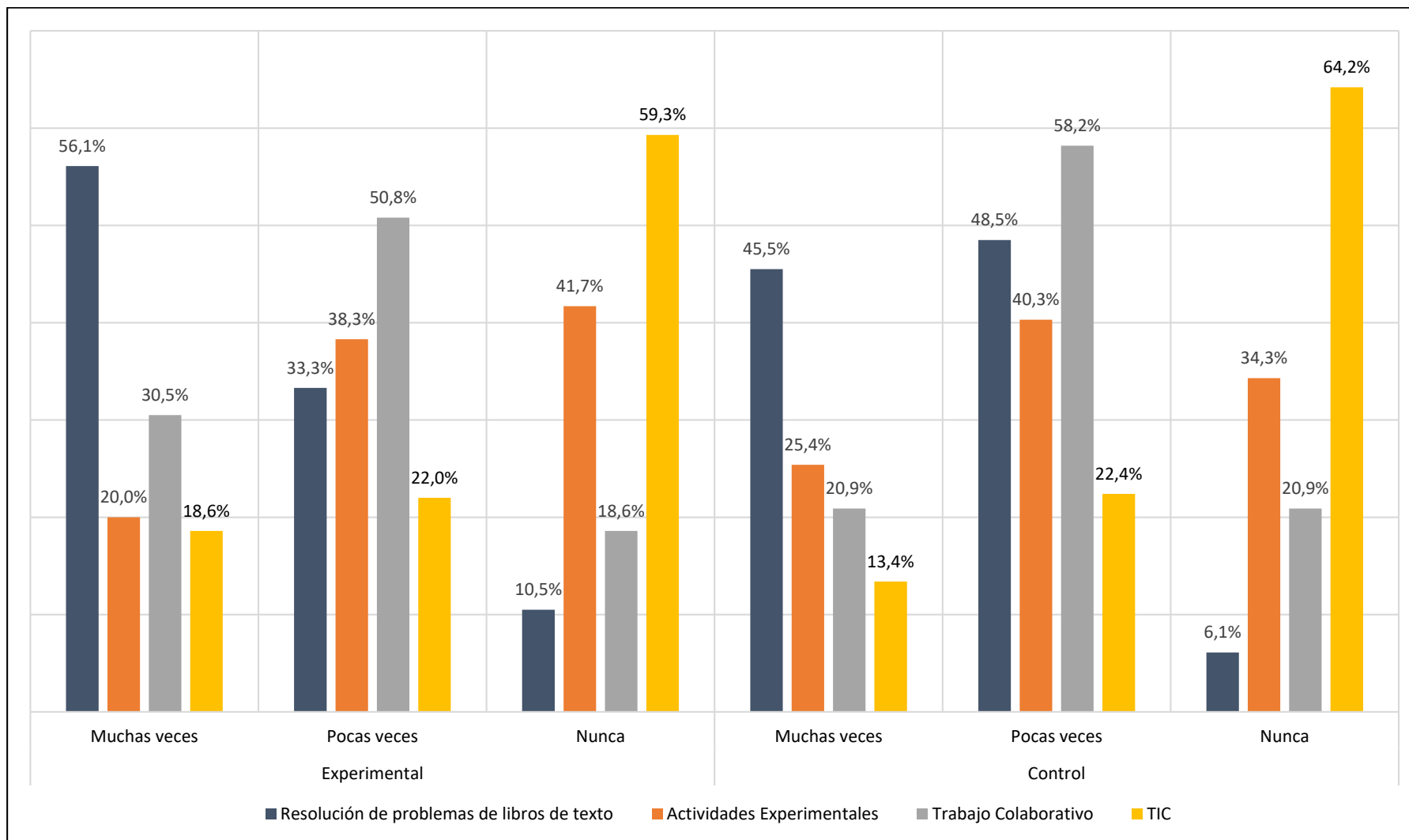


Figura 4.2.3. Estrategias utilizadas por los docentes en las clases de física de bachillerato.

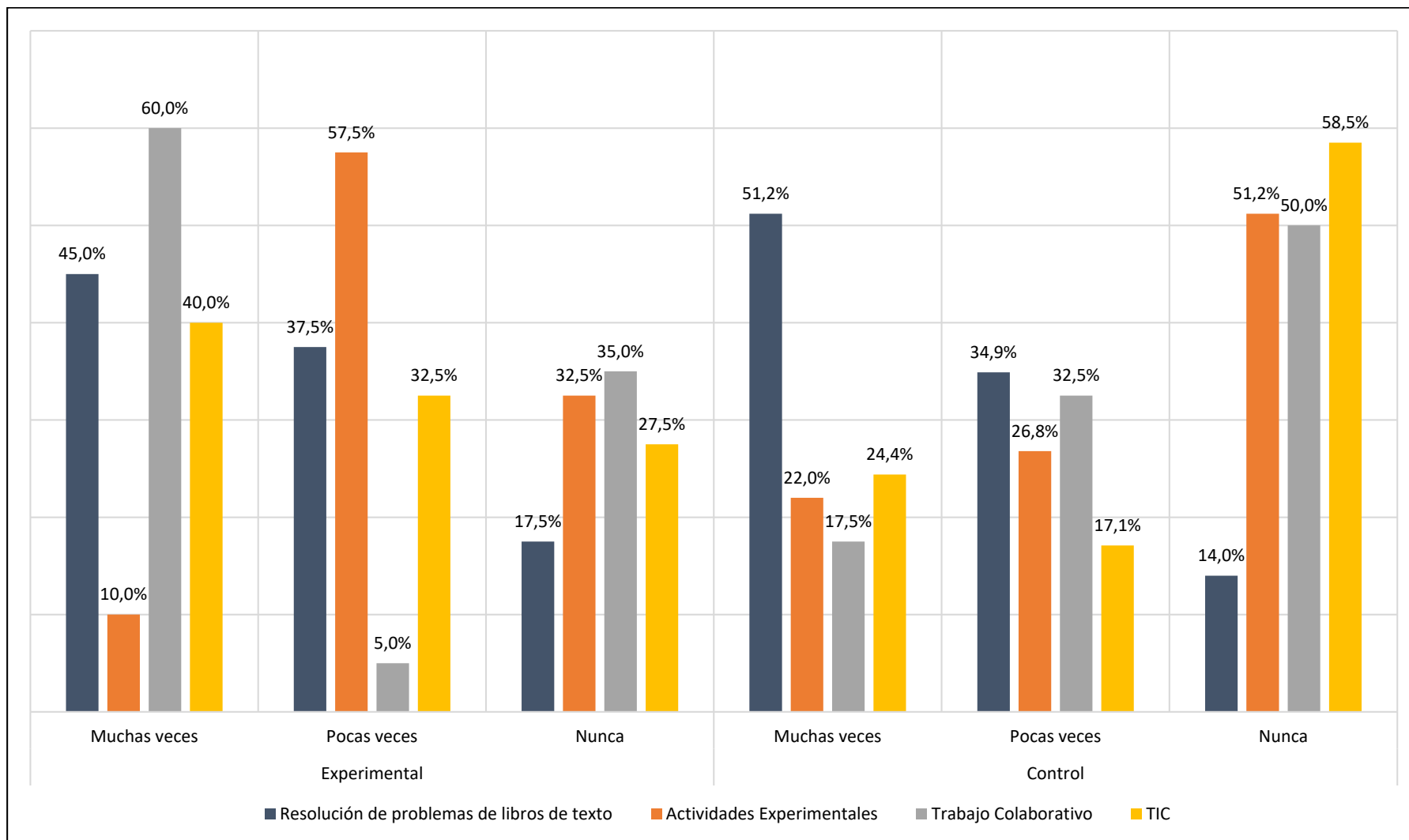


Figura 4.2.4. Estrategias utilizadas por los docentes en las clases de física I.

c). Estrategias que deberían estar presentes en una clase de física de bachillerato.

En el pre-test (ver Tabla 4.2.3), la mayoría de los estudiantes de ambos grupos opinaron que la estrategia que debe estar más presente en las clases de física es la resolución de problemas de libro de texto. Esto indica que los estudiantes pueden estar pensando que mientras más problemas de este tipo sean capaces de resolver, más oportunidades tienen de aprobar la asignatura.

Lo cual es cierto en la medida que les permita a los estudiantes conocer los diferentes casos particulares de aplicación de un modelo físico. Sin embargo, como expresan Zajkov, Gegovska-Zajkova, y Mitrevski (2017), basar el aprendizaje solo en los libros de texto es insuficiente para alcanzar un aprendizaje de calidad, porque en algunos casos los libros pueden contener errores conceptuales.

Asimismo, los estudiantes de los dos grupos también coincidieron que la segunda estrategia más importante dentro de una clase de física es la realización de demostraciones experimentales. De esta forma, se hace evidente la importancia que le daban los estudiantes a las actividades experimentales dentro de su formación.

En cuanto a la tercera opción, los estudiantes del grupo control repitieron en su elección anterior, al elegir a las actividades experimentales. Mientras que los estudiantes del grupo experimental consideraron que el trabajo en grupo es otra estrategia que debe estar presente en las clases de física, lo cual demuestra su interés por la implementación de nuevas estrategias.

Tabla 4.2.3. Estrategias que deberían estar presentes en una clase de física.

| Grupo | Respuesta | 1ª opción | 2ª opción | 3ª opción |
|---------------------|--|--------------|--------------|--------------|
| Experimental | Resolución de problemas de libros de texto | 28,3% | 10,9% | 3,7% |
| | Uso de medios audiovisuales | 11,3% | 14,5% | 18,5% |
| | Uso del laboratorio de física | 15,1% | 12,7% | 13,0% |
| | Uso de simulaciones informáticas | 3,8% | 1,8% | 7,4% |
| | Demostraciones experimentales | 15,1% | 30,9% | 9,3% |
| | Trabajo en grupo | 9,4% | 20,0% | 33,3% |
| | Diseño e implementación de proyectos | 3,8% | 1,8% | 9,3% |
| Control | Resolución de problemas de libros de texto | 35,1% | 15,4% | 9,6% |
| | Uso de medios audiovisuales | 5,3% | 13,5% | 9,6% |
| | Uso del laboratorio de física | 15,8% | 19,2% | 1,9% |
| | Uso de simulaciones informáticas | 3,5% | 1,9% | 9,6% |
| | Demostraciones experimentales | 21,1% | 19,2% | 26,9% |
| | Trabajo en grupo | 7,0% | 13,5% | 13,5% |
| | Diseño e implementación de proyectos | 5,3% | 13,5% | 21,2% |

d) Estrategias que deberían estar presentes en una clase de física I.

En el post-test (ver Tabla 4.2.4), ambos grupos coincidieron que la resolución de problemas debe ser la estrategia más presente en la asignatura de física I. Destacando el aumento significativo de los estudiantes del grupo experimental que seleccionaron esta estrategia.

Lo anterior demuestra que los estudiantes de los dos grupos siguen asociando que, a mayor cantidad de problemas de libro de texto puedan resolver, mayor es la probabilidad de aprobar la asignatura. Esto pudiera estar causado porque el sistema de evaluación en las asignaturas de física sobre todo a nivel universitario, se basa en la realización de exámenes en los que se deben resolver problemas similares a los de los libros de texto.

Como segunda opción, hubo un cambio con respecto al pre-test porque los estudiantes de ambos grupos seleccionaron como una estrategia importante el diseño e implementación de proyectos. Sin embargo, en el grupo experimental esta opción tuvo el mismo porcentaje que las demostraciones experimentales, esto podría estar causado porque el proyecto que desarrollaron estos estudiantes consistía en el desarrollo de un experimento.

Como tercera opción, ambos grupos volvieron a seleccionar el diseño e implementación de proyectos como una estrategia que debe ser incorporada en las clases de física I. A su vez, en el grupo experimental esta estrategia compartió en el mismo porcentaje con las demostraciones experimentales, repitiéndose el caso anterior.

De esta manera, esta selección de estrategias realizada por los estudiantes debe servir para diseñar nuevas formas de evaluación, en las que se consideren otras competencias más allá del aprendizaje de conceptos de forma teórica.

Tabla 4.2.4. Estrategias que deberían estar más presentes en una clase de física I.

| Grupo | Respuesta | 1ª opción | 2ª opción | 3ª opción |
|---------------------|--|--------------|--------------|--------------|
| Experimental | Resolución de problemas de libros de texto | 41,0% | 17,1% | 6,1% |
| | Uso de medios audiovisuales | 15,4% | 11,4% | 9,1% |
| | Uso del laboratorio de física | 17,9% | 14,3% | 12,1% |
| | Uso de simulaciones informáticas | 2,6% | 2,9% | 9,1% |
| | Demostraciones experimentales | 5,1% | 20,0% | 21,2% |
| | Trabajo en grupo | 10,3% | 14,3% | 15,2% |
| | Diseño e implementación de proyectos | 5,1% | 20,0% | 21,2% |
| Control | Resolución de problemas de libros de texto | 20,6% | 10,3% | 11,5% |
| | Uso de medios audiovisuales | 11,8% | 3,4% | 11,5% |
| | Uso del laboratorio de física | 23,5% | 6,9% | 15,4% |
| | Uso de simulaciones informáticas | 2,9% | 3,4% | 11,5% |
| | Demostraciones experimentales | 26,5% | 20,7% | 3,8% |
| | Trabajo en grupo | 2,9% | 20,7% | 19,2% |
| | Diseño e implementación de proyectos | 2,9% | 27,6% | 23,1% |

Como síntesis, se puede decir que la estrategia didáctica más utilizada por los docentes de física, es la resolución de problema de libros de texto. Esto puede estar causado porque este tipo de estrategias no necesita más recursos que la pizarra y el libro de texto.

Sin embargo, el inconveniente se presenta cuando estos problemas son resueltos en el aula a manera de ejemplo, esperando que luego, el estudiante realice la transferencia del “método” utilizado por el docente para resolver otros problemas. Esto lo han evidenciado investigadores como Guisasola, Zubimendi, Franco, y Ceberio (2010), los cuales coinciden en que el aprendizaje memorístico de la física hace al estudiante apto para resolver gran cantidad de problemas similares a los explicados en clase, pero que luego, no es capaz de resolver problemas en contextos reales.

4.2.3.3. Técnicas de aprendizaje utilizadas por los estudiantes para preparar las clases de física.

A continuación, se presentan las preguntas asociadas con las técnicas de aprendizaje que utilizaron los estudiantes durante la asignatura de física en el bachillerato y en la universidad. Específicamente, se analizarán los aspectos relacionados con las horas dedicadas, los lugares, los recursos y las personas que les sirvieron de apoyo.

a) Horas dedicadas en la semana por los estudiantes a estudiar física.

En el pre-test (ver Figura 4.2.5), la mayoría de los estudiantes de ambos grupos expresó que dedicaba menos de dos horas a estudiar física a la semana. Esta situación cambió en el post-test, puesto que, el porcentaje más alto de los estudiantes de los dos grupos expresaron haber dedicado por lo menos 3 horas a preparar las clases de física I.

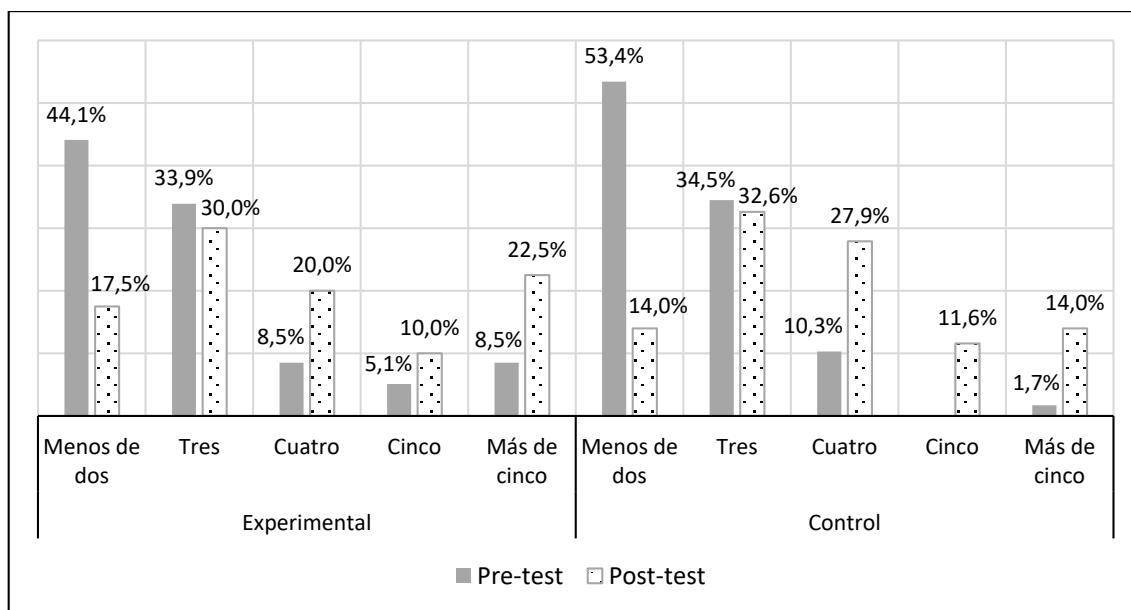


Figura 4.2.5. Horas dedicadas en la semana por los estudiantes a estudiar física.

Esta diferencia puede reflejar un incremento en el interés de los estudiantes por la asignatura de física I, con respecto al tiempo que le dedicaban en el bachillerato. Sin embargo, esto también puede estar asociado al incremento de la dificultad propio de esta asignatura a nivel universitario, ya que el estudiante debe estudiar más para alcanzar la nota mínima aprobatoria.

b) Lugar preferido por los estudiantes para estudiar física.

En el pre-test (ver Figura 4.2.6), la mayoría de los estudiantes de ambos grupos expresó que prefieren estudiar en su casa. Sin embargo, un porcentaje considerable mostró su preferencia por estudiar en la biblioteca de la universidad.

Por otra parte, en el post-test (ver Figura 4.2.6), en ambos grupos hubo un aumento en el número de estudiantes que prefirió estudiar en casa. Aunque la diferencia más significativa se observó en la cantidad de estudiantes del grupo experimental que cambiaron su lugar de preferencia hacia la biblioteca de la universidad.

Este último dato, se puede entender si se toma en cuenta que los estudiantes realizaban un proyecto en grupo. Por lo que la biblioteca de la universidad les proporcionaba el espacio idóneo para tener un punto de reunión de fácil acceso para todos.

Por el contrario, los estudiantes del grupo control aumentaron su preferencia por utilizar su casa para preparar la asignatura. Lo cual es consistente con la estrategia más utilizada durante sus clases de física I, como lo fue la resolución de problemas de libros de texto, ya que es algo que pueden hacer los estudiantes en cualquier lugar.

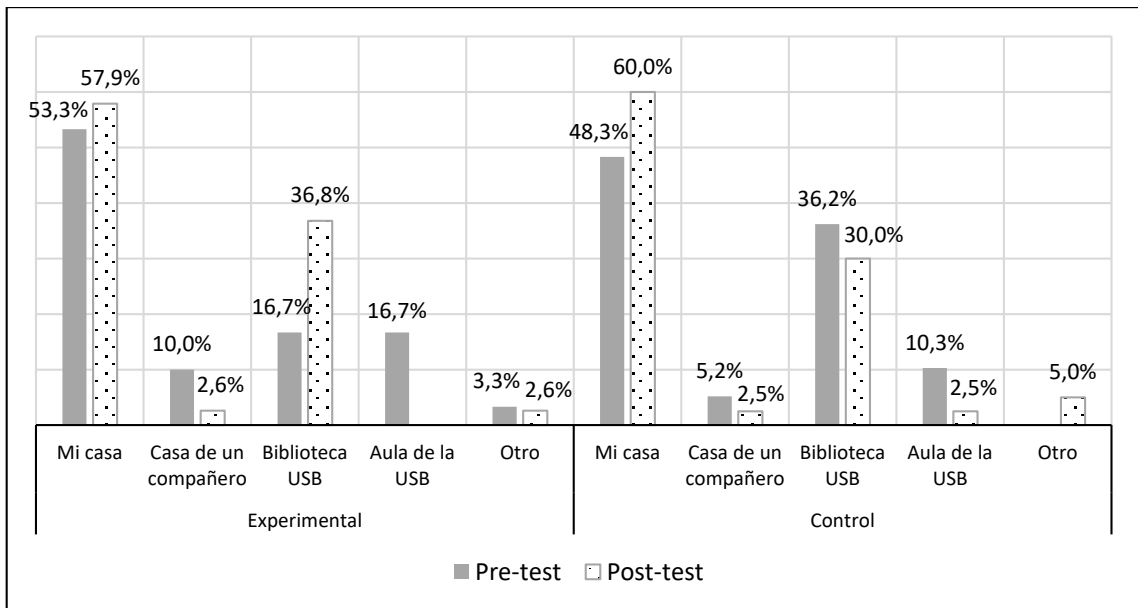


Figura 4.2.6. Lugar preferido por los estudiantes para estudiar física.

c) Recurso más utilizado por los estudiantes para estudiar física.

En el pre-test (ver Figura 4.2.7), los dos grupos expresaron que el recurso que más utilizaban eran los apuntes de sus cuadernos. Esto puede estar causado porque en el bachillerato los docentes les proporcionaran toda la información necesaria para estudiar la asignatura.

Por otra parte, en el post-test (ver Figura 4.2.7), los estudiantes del grupo experimental expresaron que el recurso que más utilizaron durante la asignatura física I fueron los libros de texto. Esto pudo estar causado porque estos estudiantes debían recopilar información de diferentes fuentes para la realización del proyecto.

Mientras que en el grupo control aumentó la preferencia por utilizar sus apuntes para estudiar física. Lo cual puede estar causado porque en sus apuntes se encontraban los problemas resueltos en clase, y que les servían de modelo para resolver otros.

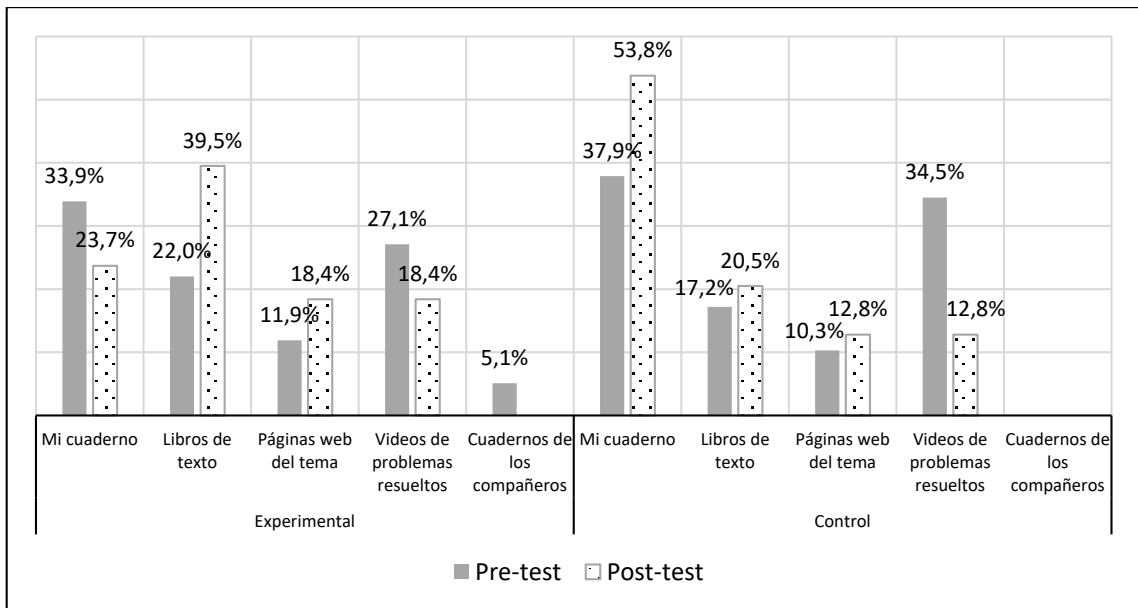


Figura 4.2.7. Recurso más utilizado por los estudiantes para estudiar física.

d) Personas de apoyo a los estudiantes para el aprendizaje de la física.

En esta pregunta del pre-test (ver Figura 4.2.8), se puede observar que el mayor porcentaje de los estudiantes del grupo experimental preferían estudiar solos, seguido por la opción de estudiar con un compañero. Además, un 25 % de los estudiantes expresó que posee un grupo de estudio habitual para preparar las clases de física.

Por otra parte, las dos opciones que más seleccionaron los estudiantes del grupo control fueron las de estudiar con un compañero y con su grupo. Por consiguiente, se puede decir que la mayoría de los estudiantes del grupo control preferían contar con la ayuda de uno o más compañeros para preparar las clases de física en bachillerato.

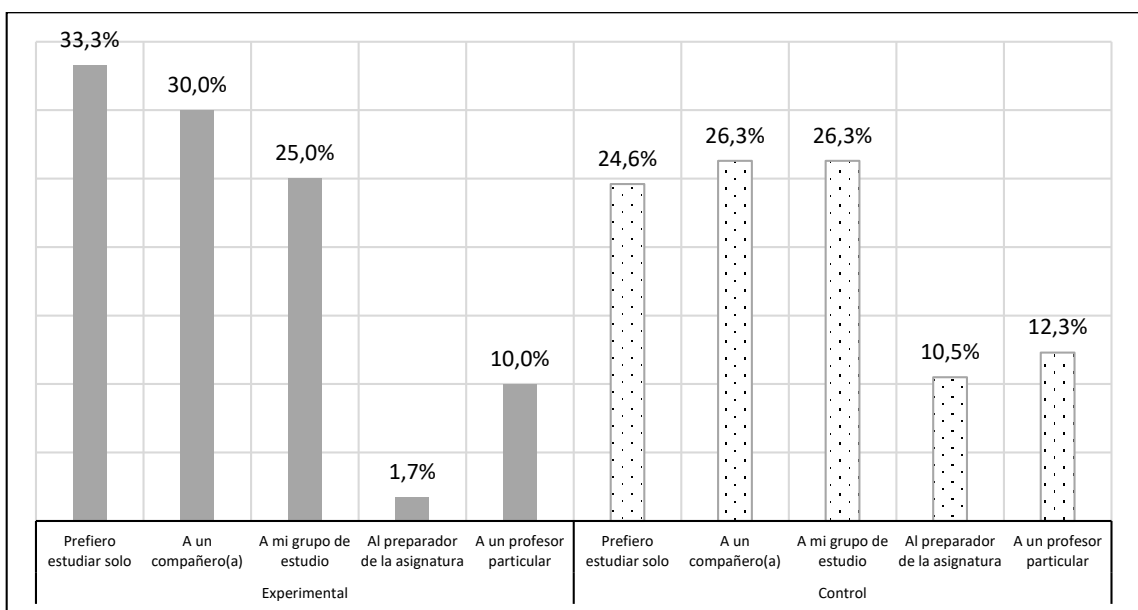


Figura 4.2.8. Personas que apoyaron el aprendizaje de los estudiantes durante el bachillerato.

e) Influencia de las personas de apoyo en el aprendizaje de la física de los estudiantes.

En los resultados del post-test, que se encuentran en la Figura 4.2.9, se puede observar que el 36,8 % de los estudiantes del grupo experimental, afirmó haber aprendido más estudiando solo, seguido, por un 28,9 % que expresan que aprendieron más estudiando con un compañero y un 26,3 % que con su grupo de estudio.

Para analizar esta situación, se debe tomar en cuenta que estos estudiantes trabajaron en equipo durante la asignatura física I. Por lo que, los resultados podrían sugerir que cerca del 40 % de los estudiantes del grupo experimental no tuvo una buena experiencia trabajando con su equipo.

Por otra parte, el porcentaje más alto en el grupo control se corresponde con los estudiantes que expresan haber aprendido más con su grupo de estudio. Esto puede estar causado porque muchos de estos estudiantes ya estaban acostumbrados a estudiar en grupo para resolver problemas de física o matemáticas, lo que les facilitó su aprendizaje.

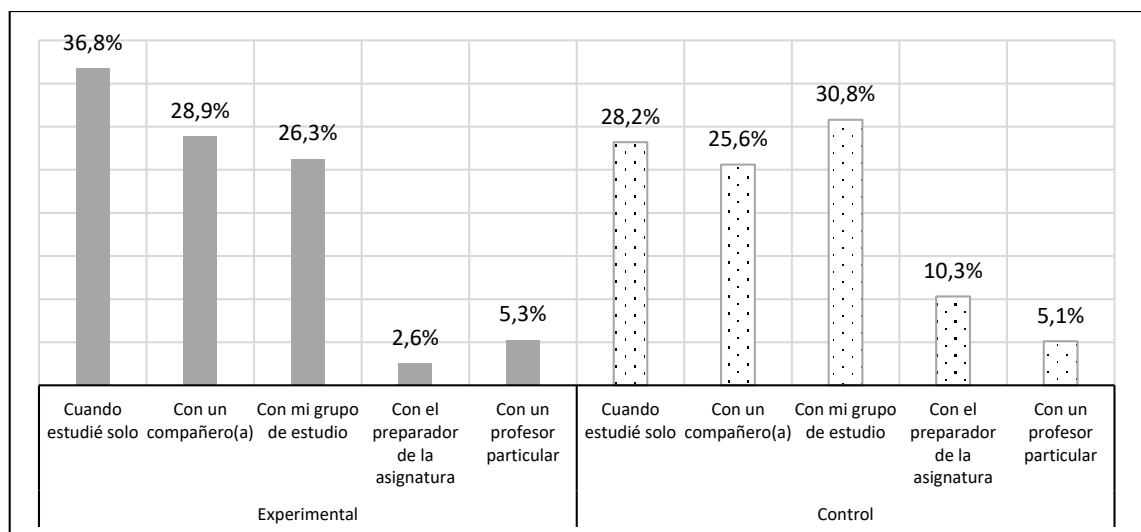


Figura 4.2.9. Influencia de las personas de apoyo en el aprendizaje de los estudiantes.

En general, se puede decir que las técnicas utilizadas por los estudiantes para preparar las clases de física son acordes con la enseñanza tradicional. Puesto que, los estudiantes dedican pocas horas a repasar los problemas que el profesor resolvió en clase, y luego, con la ayuda de un compañero o de su grupo de estudio, se reúnen para tratar de resolver la mayor cantidad de problemas posibles.

Particularmente, en el caso del grupo experimental se esperaba un mayor cambio en cuanto a la preferencia de estudiar en grupo después de haber realizado el proyecto. Es

por esto que se debe prestar más atención a la realización de actividades dirigidas a que los estudiantes puedan adquirir estrategias para aprender a aprender juntos.

4.2.3.4. Visión de los estudiantes acerca de la asignatura de física.

A continuación, se muestran las respuestas de los estudiantes en cuanto a su visión acerca de la asignatura de física tanto en el bachillerato como en la universidad. Asimismo, se analizarán estas respuestas en función del rol que debe desempeñar el estudiante dentro de una clase de física, la relación de esta asignatura con su carrera y los elementos que pudiera aportar el estudiante para mejorarla.

a) Rol que debe desempeñar el estudiante dentro de una clase de física.

En la Tabla 4.2.5, se observa como en el pre-test aproximadamente la mitad de los estudiantes de ambos grupos expresó que el rol que debe desempeñar el estudiante dentro de una clase de física es la de interactuar con demostraciones experimentales o simulaciones. Esto demuestra que los estudiantes observan la necesidad de incorporar nuevas estrategias a las clases de física.

En cambio, en el post-test aproximadamente la mitad de los estudiantes de ambos grupos expresaron que el rol del estudiante debe ser el de trabajar en grupos resolviendo los problemas propuestos por el docente. Esto evidencia la importancia que le dan los estudiantes a la colaboración en las tareas de resolución de problemas.

Tabla 4.2.5. Rol que debe desempeñar el estudiante dentro de una clase de física.

| Grupo | Respuesta | Pre-test | Post-test |
|---------------------|--|--------------|--------------|
| Experimental | Recibir información del docente | 25,0% | 18,4% |
| | Trabajar en grupos resolviendo problemas propuestos por el docente | 16,7% | 50,0% |
| | Interactuar con demostraciones o simulaciones | 48,3% | 15,8% |
| | Diseñar en grupos proyectos o propuestas | 5,0% | 2,6% |
| | Resolver problemas de libros de texto en forma individual | 5,0% | 13,2% |
| Control | Recibir información del docente | 15,5% | 17,9% |
| | Trabajar en grupos resolviendo problemas propuestos por el docente | 20,7% | 59,0% |
| | Interactuar con demostraciones o simulaciones | 51,7% | 15,4% |
| | Diseñar en grupos proyectos o propuestas | 6,9% | 0,0% |
| | Resolver problemas de libros de texto en forma individual | 5,2% | 7,7% |

b) Relación entre la asignatura de física y la carrera universitaria.

En el pre-test (ver Tabla 4.2.6), un poco más del 70 % de los estudiantes de ambos grupos expresó que la asignatura de física se relaciona totalmente con su carrera. En caso del post-test, este número aumentó un poco hasta llegar al alrededor del 80%, lo que quiere decir que los estudiantes están muy convencidos de que la asignatura de física es fundamental en su formación profesional.

Tabla 4.2.6. Relación entre la asignatura de física y la carrera universitaria.

| Grupo | Respuesta | Pre-test | Post-test |
|---------------------|---------------------------------------|--------------|--------------|
| Experimental | En nada | 1,7% | 2,6% |
| | Un poco | 8,3% | 10,5% |
| | Podría ser una asignatura electiva | 1,7% | 0,0% |
| | Igual que otra asignatura obligatoria | 10,0% | 5,3% |
| | Totalmente | 78,3% | 81,6% |
| Control | En nada | 0,0% | 0,0% |
| | Un poco | 10,3% | 12,8% |
| | Podría ser una asignatura electiva | 5,2% | 0,0% |
| | Igual que otra asignatura obligatoria | 10,3% | 7,7% |
| | Totalmente | 74,1% | 79,5% |

c) Elementos que pudieran mejorar la asignatura de física I.

Esta sección responde a la pregunta realizada a los estudiantes sobre ¿Qué reflexión pudieras hacer para mejorar la asignatura física I?, la cual tenía como propósito conocer los elementos que los estudiantes consideran importantes para ser agregados o mejorados dentro de la asignatura de física I. En este sentido, se construyó una nube con las palabras que más se repetían dentro de las respuestas de los estudiantes para observar con mayor claridad las propuestas de los estudiantes.

De este modo, en la Figura 4.2.10, se observa que para el grupo experimental se deben aumentar las actividades de resolución de problemas de libros de texto. Esto podría indicar que la cantidad de problemas realizados en las clases no fue suficiente para ellos.

En segundo lugar, se encuentra que para estos estudiantes son importantes las actividades experimentales, tanto las realizadas en el laboratorio como las demostraciones en el aula. Además, algunos mencionaron la necesidad de que las sesiones tutoría permanezcan como parte de la asignatura, lo que demuestra que la aplicación del MoPICFi pudo influir en su visión sobre la asignatura de Física I.



Figura 4.2.10. Palabras que más se repiten en las respuestas del grupo experimental.

Algo semejante ocurrió con el grupo control (ver Figura 4.2.11), en el cual los estudiantes expresaron la necesidad de incorporar más problemas para su resolución en clase. También, mostraron su interés por las actividades experimentales y el uso de medios audiovisuales.

Adicionalmente, mucho de ellos mencionaron la necesidad de incrementar la interacción entre el docente y el estudiante, es decir, que en las clases de física se aumente la participación de los estudiantes. Esta demanda por parte de los estudiantes pudo estar causada por haber participado en clases bajo un enfoque tradicional.



Figura 4.2.11. Palabras que más se repiten en las respuestas del grupo control.

4.2.4. Conclusiones.

En primer lugar, se puede decir que el perfil académico de la mayoría de los estudiantes que ingresan a la asignatura de física I está acorde con el nivel de dificultad exigido en la misma. Sin embargo, debe llamar la atención el creciente número de estudiantes que ingresa a la universidad sin las competencias mínimas para cursar con éxito carreras relacionadas con las ciencias básicas.

En segundo lugar, en este estudio se hicieron evidentes las limitaciones de la enseñanza tradicional, puesto que, se basa en prácticamente en la transferencia de información y en el aprendizaje memorístico de fórmulas y métodos para la resolución de un determinado tipo de problemas. Por lo tanto, se deben incrementar las estrategias que aborden la resolución de problemas contextualizados en los que el estudiante participe directamente en actividades experimentales y sea apoyado por las tecnologías de información y comunicación.

Por otra parte, se pudo observar que la implementación del MoPICFi pudo producir un cambio de las técnicas utilizadas por los estudiantes del grupo experimental para el aprendizaje de la asignatura de física I. Puesto que, durante la intervención estos estudiantes dedicaron más horas, utilizaron diferentes recursos materiales y se apoyaron en otras personas para mejorar su aprendizaje de la física.

Por último, es importante que el estudiante sea consciente de la importancia de la asignatura de física para sus carreras, ya que de allí obtendrán la motivación para buscar las técnicas y medios necesarios para su aprendizaje. Por consiguiente, el docente debe mostrar en sus clases, las aplicaciones que tienen los modelos físicos en los contextos profesionales a los que se enfrentará el estudiante en su futuro.

4.3. Estudio sobre la comprensión conceptual de la física.

4.3.1. Introducción.

En general, el propósito de cualquier estrategia que se implementa en el aula es que los estudiantes puedan llegar a la comprensión de los conocimientos asociados a una disciplina. Por lo que un modelo pedagógico será efectivo en la medida que permita a los estudiantes acercar sus concepciones a los conceptos aceptados por la comunidad científica.

En este sentido, en el presente estudio se encontrarán los resultados y los análisis dirigidos a determinar el nivel de comprensión conceptual alcanzado por los estudiantes. De esta manera, los participantes en este estudio fueron estudiantes de tecnología industrial inscritos en la asignatura de física I y que estuvieron presentes durante todo el proceso (pre-test, intervención y post-test).

Asimismo, para recolectar los datos se aplicó una prueba de evaluación en donde se abarcaban los temas cinemática, dinámica y trabajo y energía, pertenecientes al programa de la asignatura física I. Posteriormente, estos resultados fueron procesados y analizados con la ayuda del software estadístico SPSS.

Aspectos relevantes:

- Comprensión conceptual.
- Concepciones de los estudiantes.

4.3.2. Metodología.

4.3.2.1. Preguntas de investigación.

- ¿El diseño y la implementación de un modelo pedagógico que promueva la indagación colaborativa de la física mejorará cuantitativamente el nivel de comprensión conceptual de los estudiantes en los temas de cinemática, dinámica y trabajo y energía?
- ¿El diseño y la implementación de un modelo pedagógico que promueva la indagación colaborativa de la física mejorará la comprensión conceptual de los estudiantes en los temas de cinemática, dinámica y trabajo y energía?

4.3.2.2. Objetivos.

- Evaluar cuantitativamente el nivel de comprensión conceptual de los estudiantes sobre los conceptos relacionados con los temas de cinemática, dinámica y trabajo y energía, antes y después de la implementación del MoPICFi.
- Caracterizar y comparar, antes y después de la implementación del MoPICFi, la comprensión conceptual de los estudiantes frente a situaciones-problema relacionadas con los temas de cinemática, dinámica y trabajo y energía.

4.3.2.3. Participantes.

Para este estudio se conformaron dos grupos, un grupo experimental con 34 estudiantes y el grupo control con 39 estudiantes. Todos los estudiantes pertenecían a las carreras de tecnología industrial y se encontraban cursando la asignatura de física I para el momento de la intervención.

4.3.2.4. Procedimiento.

En este sentido, a partir del procedimiento general de la investigación, el cual constaba de tres fases: pre-test, intervención y post-test. Para tal fin, se diseñó una prueba de evaluación que estaba constituida por 27 preguntas con múltiples opciones, en el que cada respuesta correcta equivaldría a un punto, por lo que la máxima puntuación que se podía obtener en esta prueba era de 27 puntos.

De esta forma, esta prueba estaba dividida de forma equitativa entre los temas cinemática (9), dinámica (9), trabajo y energía (9), con preguntas que se tomaron directamente o fueron adaptaciones de los libros de texto utilizados como referencia en la asignatura, tales como: Cromer (1986); Resnick, Halliday, y Krane (1990); Sears, Zemansky, Young, y Freedman (2003); Serway (1997); Tipler y Mosca (2005).

Es así como, las primeras 9 preguntas de la prueba estuvieron relacionadas con el tema de cinemática, el cual va desde el movimiento en una dimensión (horizontal y vertical), hasta el movimiento en dos dimensiones. De manera que en este segmento se analizarán las concepciones de los estudiantes sobre los conceptos de posición, velocidad, aceleración, tiempo y como se presentan en diferentes situaciones.

El segundo bloque de 9 preguntas estuvo dirigido en conocer las concepciones que tenían los estudiantes sobre los conceptos de dinámica, tales como masa, fuerza aplicada, fuerza de fricción, coeficiente de fricción (estática y cinética), tensión, acción y reacción. Las últimas de 9 preguntas estuvieron dirigidas en conocer las concepciones que tenían

los estudiantes sobre el trabajo y la energía mecánica, específicamente, sobre los conceptos de trabajo mecánico, energía cinética y energía potencial (elástica y gravitatoria).

Cabe destacar que al inicio de la prueba se les advirtió a los estudiantes que había dos condiciones iniciales comunes para todas las preguntas, la primera, que “no consideraran la resistencia del aire” y la segunda, que “no había fricción entre las superficies” a menos que se les indicara lo contrario en alguna pregunta. Esto es importante, pues esto cambiaba considerablemente la situación planteada en cada pregunta y por consiguiente la respuesta seleccionada por el estudiante.

En cuanto los resultados del pre-test y del post-test, primero se presentarán los resultados y se analizará de forma cuantitativa el nivel de comprensión conceptual de los estudiantes. Específicamente, este análisis consistirá en una comparación a nivel estadístico de las variables, el cual se realizará con el paquete informático SPSS 24[®], asumiendo como variable independiente la implementación del MoPICFi y como variable dependiente la comprensión conceptual de los estudiantes relacionado con los conceptos de física.

Finalmente, se realizará un análisis cualitativo de las concepciones de los estudiantes antes y después de la intervención para así establecer su nivel de comprensión conceptual por cada tema (cinemática, dinámica y trabajo y energía). De este modo, para conocer estas concepciones, se analizaron las opciones seleccionadas por los estudiantes en cada pregunta y se contrastaron con el campo conceptual de referencia.

4.3.3. Resultados y discusión.

4.3.3.1. Confiabilidad.

Para medir la confiabilidad de los resultados de la prueba de evaluación se aplicó la prueba alfa de Cronbach tanto para el pre-test como para el post-test, resultando en un 0,466 y en un 0,788 respectivamente. De este modo, tomando en cuenta estos resultados, se analizó cada ítem y se determinó que se tenían que descartar tres preguntas (una de cada tema), porque le restaban confiabilidad al instrumento de evaluación.

Esto pudo estar causado por la forma en que estaban planteados los problemas, lo que pudiera haber generado confusión entre los estudiantes. En consecuencia, se volvió a calcular el alfa de Cronbach para las 24 preguntas restantes (ver anexo 2), obteniendo

un 0,513 para el pre-test y un 0,812 para el post-test, lo cual arroja un valor de confiabilidad aceptable para el pre-test y bueno en el caso del post-test.

4.3.3.2. Resultados y análisis cuantitativo de la comprensión conceptual de los estudiantes en el pre-test y en el post-test.

En este apartado se mostrarán los resultados de la prueba de evaluación antes y después de la implementación del MoPICFi. En este sentido, para realizar el análisis cuantitativo de los datos, se estableció la siguiente hipótesis:

- H0: No hay diferencias significativas entre la distribución de los resultados de ambos grupos.
- H1: Si hay diferencias significativas entre la distribución de los resultados de ambos grupos.

Como se puede observar en la Figura 4.3.1, en el pre-test ambos grupos tuvieron un desempeño casi similar. Mientras que en el post-test los estudiantes del grupo experimental aumentaron su media en un 76,2 % y los del grupo control en un 62,3 %.

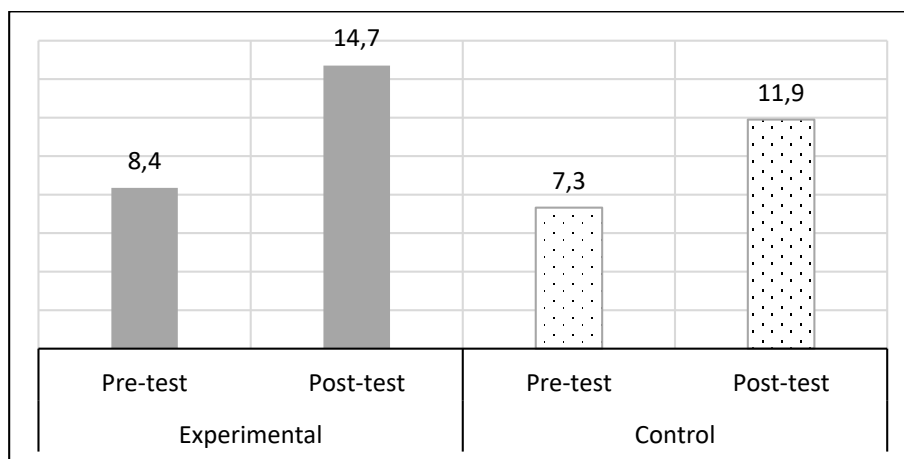


Figura 4.3.1. Medias de los resultados obtenidos por los estudiantes en el pre-test y en el post-test.

Considerando lo anterior, para determinar si estas diferencias son significativas es necesario realizar una serie de pruebas estadísticas. En este sentido, se aplicó la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov (ver Tabla 4.3.7) con el propósito de establecer el tipo de datos que se tiene (paramétricos o no paramétricos) y así poder establecer la prueba estadística más adecuada.

Tabla 4.3.7. Pruebas de normalidad.

| Evaluación | Grupo | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|------------|--------------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Pre-test | Experimental | ,111 | 34 | ,200* | ,963 | 34 | ,300 |
| | Control | ,135 | 39 | ,071 | ,958 | 39 | ,155 |
| Post-test | Experimental | ,113 | 34 | ,200* | ,968 | 34 | ,417 |
| | Control | ,137 | 39 | ,062 | ,964 | 39 | ,251 |

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Como se puede observar en la Tabla 4.3.8, tanto el pre-test como el post-test tienen una distribución normal, porque en ambas ($p > .05$). Por lo tanto, se aplicó a los datos una prueba t-student para muestras independientes, la cual arrojó los siguientes resultados:

Tabla 4.3.8. Prueba t-student para muestras independientes.

| | | Prueba de Levene para la igualdad de varianzas | | Prueba T para la igualdad de medias | | | | | | |
|-----------|-------------------------------------|--|------|-------------------------------------|--------|------------------|----------------------|-----------------------------|---|----------|
| | | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Error típ. de la diferencia | 95% Intervalo de confianza para la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| Pre-test | Se han asumido varianzas iguales | ,011 | ,917 | 1,374 | 71 | ,174 | 1,020 | ,742 | -,460 | 2,500 |
| | No se han asumido varianzas iguales | | | 1,375 | 69,878 | ,174 | 1,020 | ,742 | -,459 | 2,499 |
| Post-test | Se han asumido varianzas iguales | 1,623 | ,207 | 2,634 | 71 | ,010 | 2,808 | 1,066 | ,682 | 4,935 |
| | No se han asumido varianzas iguales | | | 2,663 | 70,969 | ,010 | 2,808 | 1,055 | ,705 | 4,911 |

En cuanto al pre-test, se pudo observar que el grupo experimental se mostró ligeramente mejor que el grupo control, sin embargo, la diferencia entre las medias no fue significativa ($t_{(71)} = 1.374$, $p = .174$) cumpliéndose la hipótesis H0. En cuanto al post-test, los resultados del grupo experimental fueron significativamente mayores comparados con los del grupo control ($t_{(71)} = 2.634$, $p = .010$) (se acepta la H1), lo que permite afirmar que el modelo pedagógico implementado, fue efectivo para que los estudiantes alcanzaran la comprensión conceptual.

Entre los aspectos de la implementación que pudieron influir en la comprensión conceptual de los estudiantes, se encuentra en primer lugar, el establecimiento de un campo conceptual de referencia para la asignatura. Esto permitió diseñar las ayudas más adecuadas en función de cada tema estudiado y el contexto de aplicación (Kim y Hannafin, 2011b).

De este modo, las clases teóricas se basaron principalmente en la resolución colaborativa de problemas, demostraciones, experimentos de aula y simulaciones informáticas. En este sentido, las preguntas (ayudas metacognitivas) fueron el principal soporte en este contexto, sobre todo las preguntas abiertas, las cuales permiten promover los procesos reflexivos del estudiante para encontrar junto con los compañeros los caminos para solucionar los problemas (Wegerif, 2010).

En segundo lugar, las actividades experimentales en el aula pudieron contribuir a que los estudiantes pudieran analizar los modelos físicos desde diferentes puntos de vista (Şimşek y Kabapinar, 2010). De este modo, el estudiante puede observar de forma directa como se aplica el modelo físico en un contexto real (Knaggs y Schneider, 2012).

Por último, la utilización de simulaciones informáticas pudo apoyar la comprensión de modelos físicos, ya que, el análisis de pequeñas situaciones a través de las simulaciones puede ayudar a los estudiantes a centrarse en los aspectos importantes del tema que se esté trabajando en ese momento (Vreman-de Olde y de Jong, 2006).

En los próximos apartados realizaremos un análisis más detallado de las concepciones que han construido los estudiantes tras su participación en las sesiones de aprendizaje que ha utilizado nuestro modelo pedagógico MoPICFi. Este análisis nos permitirá conocer mejor los procesos de aprendizaje de los conceptos físicos involucrados en este estudio.

4.3.3.3. Resultados y análisis cualitativo de la comprensión conceptual de los estudiantes en los temas de cinemática, dinámica y trabajo y energía.

Para estudiar en detalle los conceptos que los estudiantes pudieron alcanzar comprender, primero se realizará un análisis de los resultados agrupados por temas. De este modo, en la figura 4.3.2, se puede observar que hubo dos temas en los cuales hubo diferencia entre los grupos, mientras que en el tema de dinámica ambos grupos mostraron un comportamiento similar.

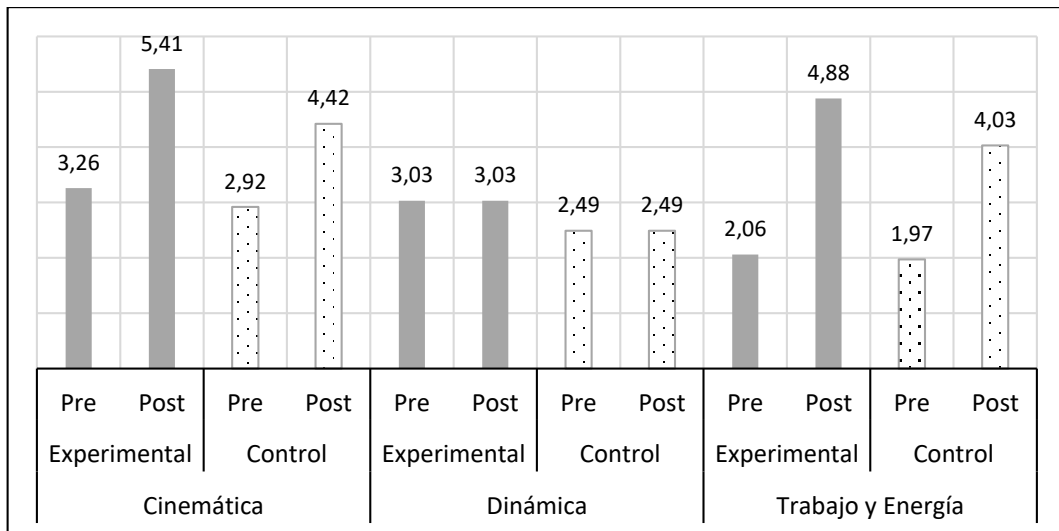


Figura 4.3.2. Medias de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes en el pre-test y en el post clasificadas por temas.

Tomando en cuenta estos resultados y para determinar si estos son significativos para este estudio, se realizó la prueba estadística ANOVA, cuyos resultados confirman que, en el pre-test no hubo diferencia significativa en ninguno de los tres temas (Cinemática: $F_{(1,71)} = .770$, $p = .383$; Dinámica: $F_{(1,71)} = 2.946$, $p = .090$; Trabajo y Energía: $F_{(1,70)} = .078$, $p = .781$). Mientras que en el post-test, en los temas de cinemática ($F_{(1,70)} = 5.148$, $p = .026$) y trabajo y energía ($F_{(1,71)} = 4.216$, $p = .044$), la diferencia entre el grupo control y el experimental si fueron significativas, pero en el tema de dinámica la medias permanecieron igual que en el pre-test, por lo que no hubo diferencia alguna entre los grupos ($F_{(1,71)} = 2.946$, $p = .090$).

En consecuencia, se realizará un análisis por tema a partir de las opciones seleccionadas por los estudiantes en cada pregunta, con el propósito de conocer sus concepciones y compararlas con el campo conceptual de referencia y así determinar si la implementación del MoPICFi ayudó a los estudiantes a aproximarse a los conceptos aceptados por la comunidad científica.

a) Análisis de las preguntas relacionadas con el tema de cinemática.

En este tema a los estudiantes se les preguntaba acerca de conceptos como posición, velocidad y aceleración, los cuales son necesarios para comprender un gran número de principios y leyes de la mecánica. Asimismo, debían demostrar conocimientos en matemáticas como la resolución de ecuaciones y en vectores.

Teniendo en cuenta esto, en la figura 4.3.2 se puede observar que después de la intervención los estudiantes del grupo experimental mejoraron su media en este tema en un 40 %, mientras que los estudiantes del grupo control lo hicieron en un 34 %. Por consiguiente, se puede decir que los estudiantes del grupo experimental tuvieron un mejor desempeño en el tema de cinemática, luego de la implementación del MoPICFi.

Sin embargo, aún permanecieron en ellos algunas concepciones alejadas de los conceptos aceptados por la ciencia, promovidas en parte por la poca contextualización de muchos problemas que se resuelven sobre este tema en las clases teóricas. Al respecto, Gustafsson, Jonsson, y Enghag (2015), expresan que la resolución de problemas contextualizados en equipo, les permite a los estudiantes contrastar sus experiencias cotidianas con el problema planteado a través de discusiones con los compañeros, lo que los ayuda a comprender los modelos físicos.

Lo anterior queda demostrado en la pregunta 8, ya que la situación planteada en esta, fue similar a la del reto que los estudiantes resolvieron siguiendo el MoPICFi y cuyos resultados (ver Figura 4.3.12), son los que muestran las diferencias más significativas entre el grupo experimental y el control de toda la prueba.

De esta forma, para profundizar en las concepciones que poseen los estudiantes y valorar su distancia con respecto a los conceptos aceptados por la comunidad científica acerca del tema de cinemática, a continuación, se procederá a analizar las respuestas de los estudiantes en las ocho preguntas acerca de este tema.

Pregunta 1: *Se tienen dos maratonistas, cuando dan la señal de salida, el corredor A inicia su carrera a 2 m/s y puede acelerar a 0,2 m/s², el corredor B inicia su carrera a 5 m/s y la mantiene constante durante toda la competencia ¿Quién estará adelante transcurridos 15 segundos?*

Esta pregunta estaba relacionada con el movimiento en una dimensión, específicamente, se comparaban dos tipos de movimientos, el rectilíneo uniforme (MRU) y el uniformemente variado (MUV). De esta forma, la respuesta correcta en este caso es que “el corredor B” estará adelante transcurrido los 15 segundos.

Para llegar a esta respuesta, los estudiantes debían considerar la aceleración del “corredor B” y realizar unos cálculos sencillos para el nivel matemático exigido en la asignatura física I. Sin embargo, una concepción común en los estudiantes es que utilizan la ecuación del MRU para resolver este tipo de problemas, lo cual coincide con

Wilhelm, Burde, y Lück (2015), los cuales expresan que un error frecuente en los estudiantes es que no diferencian entre velocidad y aceleración.

Tomando en cuenta esto, en el pre-test (ver Figura 4.3.3) la mayoría de estudiantes del grupo experimental seleccionaron la opción correcta, pero en el grupo control la mayoría optó por respuestas erróneas. Mientras que en el post-test, se mostró una mejora en los resultados del grupo experimental, aunque el cambio más significativo lo tuvo el grupo control con un aumento del 28,4 %, en los estudiantes que seleccionaron la opción correcta.

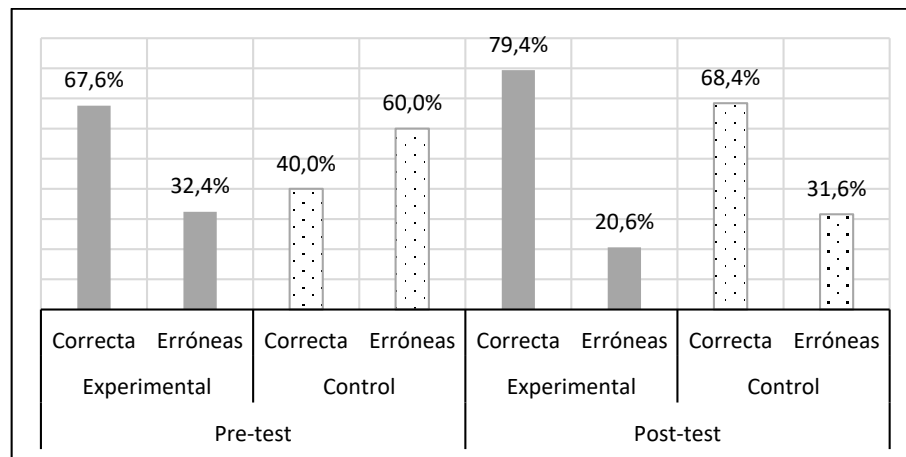


Figura 4.3.3. Resultados de la pregunta 1.

Pregunta 2: *Si la aceleración de una partícula es cero.*

A partir de la situación planteada en esta pregunta la concepción más común que se tiene es que “la partícula está en reposo”. Sin embargo, también es correcto pensar que “la velocidad de la partícula es constante”, lo que quiere decir que la opción correcta era que “las respuestas a y b son posibles”.

De este modo, en el pre-test (ver Figura 4.3.4) la mayoría de los estudiantes de ambos grupos seleccionaron opciones erróneas. Mientras que en el post-test, la mayoría de los estudiantes del grupo experimental seleccionaron la opción correcta y al contrario que la mayoría del grupo control.

Después de estos resultados hay que recordar que entre las respuestas había dos opciones que eran parcialmente correctas, por lo que, en algunos casos estas concepciones pudieran servir para responder a determinadas situaciones. Lo cual demuestra por qué los estudiantes permanecieron con sus concepciones aun después de estudiar este concepto en clase.

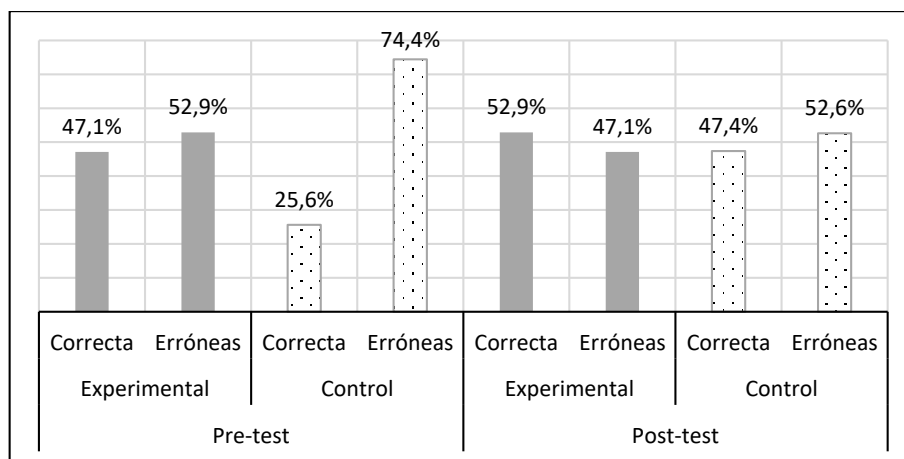


Figura 4.3.4. Resultados de la pregunta 2.

Pregunta 3: *A partir de la siguiente gráfica, diga cual afirmación es correcta.*

Aquí es importante tener clara la relación entre las variables que intervienen en el Movimiento Uniformemente Variado (MUV) para poder determinar la relación entre estas. En la gráfica de esta situación, la línea recta representaba a un movimiento con aceleración constante.

De este modo, en el pre-test (ver Figura 4.3.5), la respuesta más seleccionada en ambos grupos fue que “la aceleración aumenta”, lo cual es erróneo e revela la dificultad que tenían los estudiantes para identificar la relación entre la velocidad y el tiempo en una gráfica.

Por otra parte, en el post-test, la mayoría de los estudiantes del grupo experimental pudo identificar correctamente el tipo de movimiento mostrado en la gráfica; a pesar de esto, casi la mitad de este grupo y la mayoría del grupo control, siguió asociando lo observado en la gráfica con el aumento de la aceleración.

Esto puede estar causado por el poco énfasis que se hace en clase en la representación gráfica de los distintos movimientos relacionados con la cinemática, especialmente los movimientos con aceleración constante o variable. Además, para Planinic, Ivanjek, Susac, y Milin-Sipus (2013), la dificultad que tienen los estudiantes para interpretar gráficas puede estar causada por un bajo nivel en matemáticas.

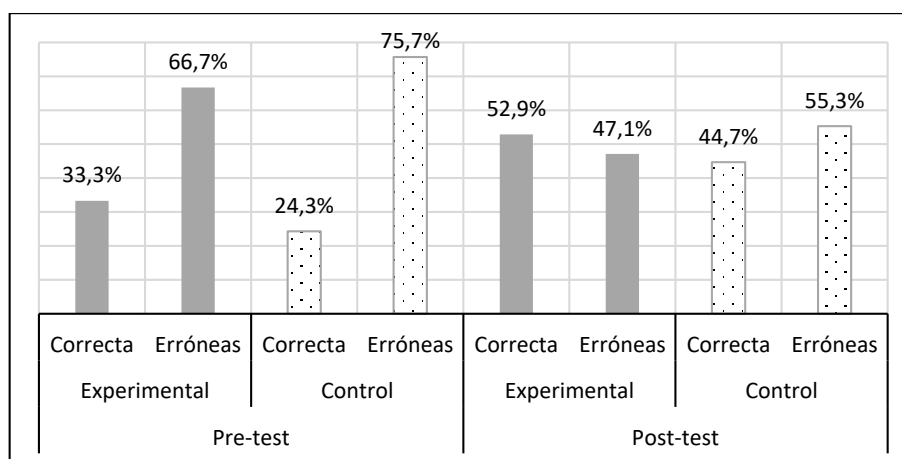


Figura 4.3.5. Resultados de la pregunta 3.

Pregunta 4: *Cuando se lanza un objeto verticalmente hacia arriba con una cierta velocidad, después de subir y bajar. Llegará al mismo punto de lanzamiento.*

En esta pregunta se describe el movimiento de un objeto que se lanza verticalmente hacia arriba en el vacío y se quiere saber con qué velocidad regresará al punto desde que se lanzó. De esta manera, la concepción aceptada como correcta era que “un objeto que lanzado verticalmente hacia arriba volverá al punto de lanzamiento con la misma velocidad”.

Por otra parte, se tiene una de las concepciones erróneas más comunes para esta situación, la cual es que “un objeto lanzado verticalmente hacia arriba volverá al punto de lanzamiento con una mayor velocidad”. Esto puede estar causado por dos conceptos como la gravedad y la resistencia del aire.

En el primer caso, el estudiante podría estar pensando que la aceleración de gravedad “afecta” de forma diferente al objeto cuando está subiendo que cuando está bajando, lo cual es incorrecto porque la gravedad en este tipo de situaciones se considera una constante. Al respecto, Bar, Brosh, y Sneider (2016), expresan que un error muy común que tienen los estudiantes es pensar que la gravedad solo afecta a los objetos cuando caen porque esta actúa en la misma dirección del movimiento.

En el segundo caso, el estudiante puede pensar que la resistencia del aire “influye” de forma diferente al objeto cuando está subiendo que cuando está bajando, algo incorrecto para la situación planteada, pues se les indicó que consideran que el movimiento ocurre en el vacío.

Tomando en cuenta esto, en el pre-test (ver Figura 4.3.6), se observa que la mayoría de los estudiantes de los dos grupos seleccionaron opciones con concepciones erróneas. Mientras que en el post-test se observó que ambos grupos seleccionaron la opción

correcta, destacando que los estudiantes del grupo experimental mostraron un cambio más significativo.

Una posible causa de este cambio tan significativo en el grupo experimental, puede estar relacionado con el proyecto que realizaron. Puesto que, entre los conceptos involucrados en el experimento se encontraban la gravedad y la resistencia del aire.

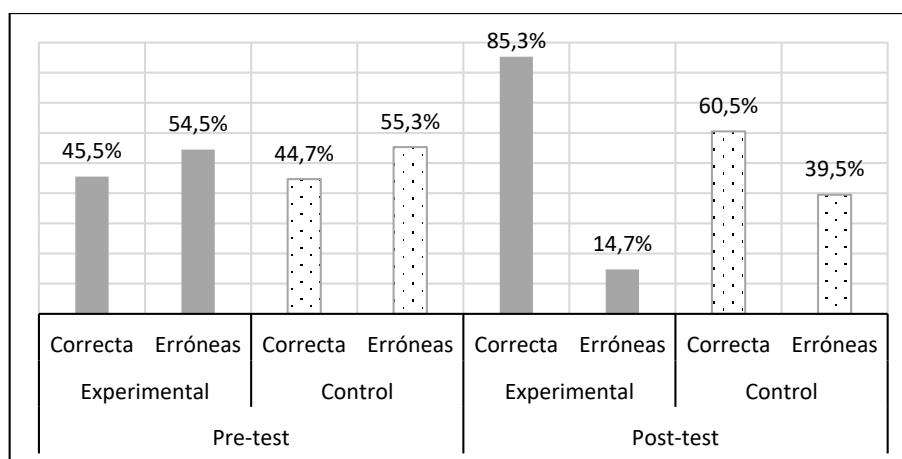


Figura 4.3.6. Respuestas de la pregunta 4.

Pregunta 5: *Se lanza una pelota verticalmente hacia arriba. ¿Cómo son la velocidad y la aceleración en el punto más alto de su movimiento?*

En esta pregunta también se presenta la situación de una pelota que es lanzada verticalmente hacia arriba y se quería conocer que pensaban los estudiantes que ocurría con la velocidad y la aceleración en el punto más alto de la trayectoria. Es así como la respuesta considerada correcta era que en el punto más alto de la trayectoria “la velocidad es cero y la aceleración es igual a $-g$ ”.

Sin embargo, es muy común encontrar en los estudiantes la concepción que “en el punto más alto del movimiento, la velocidad y la aceleración son cero”. Esta concepción podría estar originada por la idea que “cuando un objeto está detenido es porque sobre él no actúa ninguna fuerza” (Bar et al., 2016).

Por otra parte, para hallar la respuesta correcta en la situación planteada en esta pregunta, los estudiantes debían considerar a la velocidad y a la aceleración como vectores. De este modo, esta pregunta permitió conocer un poco más el manejo matemático de los estudiantes.

Teniendo en cuenta esto, en el pre-test (ver Figura 4.3.7), las opciones que más seleccionaron los estudiantes de ambos grupos fueron las relacionadas con las concepciones erróneas mencionadas anteriormente. En cambio, en el post-test, hubo una notable diferencia entre los resultados de cada grupo, ya que, los estudiantes del grupo

control se mantuvieron casi en la misma proporción que en el pre-test y, por el contrario, en el grupo experimental se duplicó el número de estudiantes que seleccionaron la opción correcta.

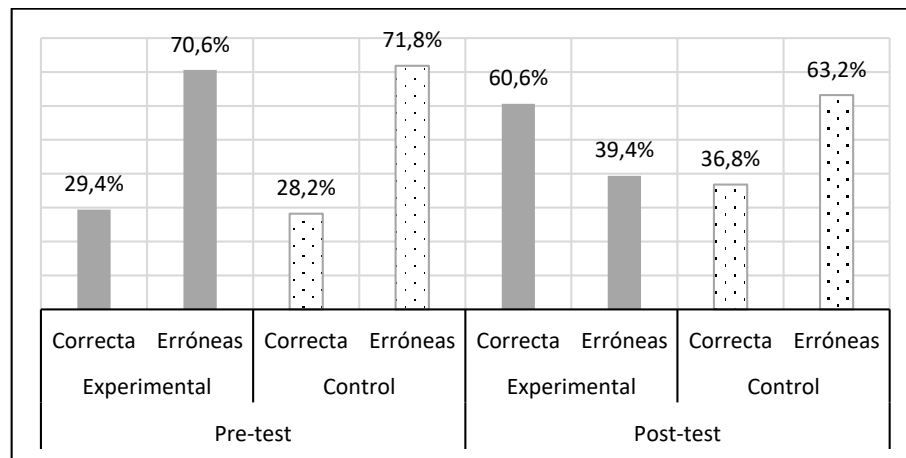


Figura 4.3.7. Respuestas de la pregunta 5.

Pregunta 6: *Un proyectil se mueve en una trayectoria parabólica bajo la acción de la fuerza de gravedad. ¿En qué punto el vector aceleración “a” es perpendicular al vector velocidad “v”?*

Esta pregunta comparte con la anterior el propósito de conocer si los estudiantes podían identificar la “influencia” del vector aceleración dentro del sistema, con la diferencia que en este caso era un movimiento en dos dimensiones. De esta forma, la concepción correcta es que “en el punto más alto de la trayectoria es donde los vectores velocidad y aceleración serán perpendiculares”.

Con respecto a las concepciones erróneas en esta situación, se puede decir que están estrechamente asociadas con un bajo nivel de conocimiento que posean los estudiantes sobre los vectores y su aplicación en problemas de cinemática.

En este sentido, en la Figura 4.3.8, se muestra que ambos grupos mostraron casi el mismo desempeño tanto en el pre-test como en el post-test, en cuanto a que en las dos pruebas la mayoría seleccionó la respuesta correcta. Destacando a los estudiantes del grupo control con un cambio más significativo, que pudiera estar causado por el énfasis que le haya dado el docente a la resolución de problemas de cinemática con vectores.

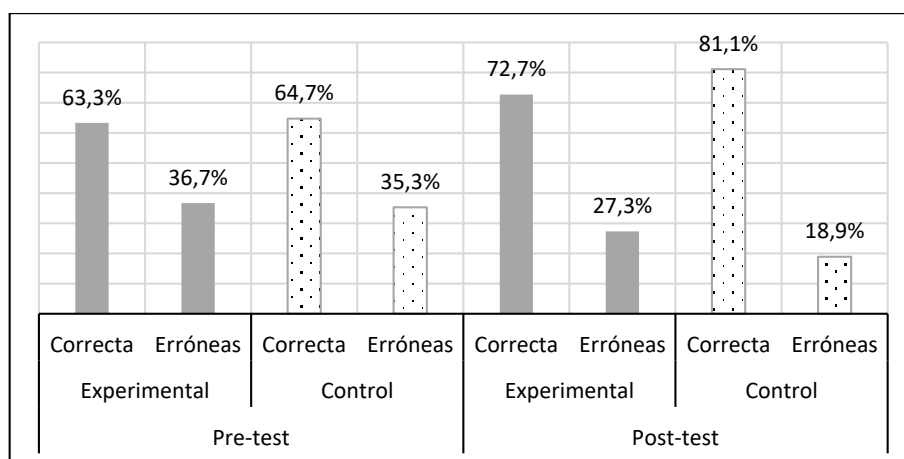


Figura 4.3.8. Respuestas de la pregunta 6.

Pregunta 7: *Desde una plataforma a cierta altura del suelo se pateo horizontalmente un balón de fútbol y simultáneamente desde la misma plataforma se deja caer libremente otro balón. ¿Cuál toca el piso primero?*

El propósito de esta pregunta era conocer si los estudiantes podían identificar los movimientos que componen el movimiento en dos dimensiones, los cuales son básicamente el movimiento rectilíneo uniforme en el eje horizontal y un movimiento variado con aceleración constante en el eje vertical. Por lo que, la concepción correcta es pensar que los dos balones “llegan al mismo tiempo” al suelo.

A partir de lo anterior, se puede observar que en el pre-test (ver Figura 4.3.9) la mayoría del grupo experimental y casi un tercio del grupo control, tenían la concepción que “un objeto que se deja caer llega más rápido al suelo que uno lanzado horizontalmente”. Además, en el post-test, un porcentaje considerable de estudiantes de ambos grupos mantuvieron su concepción original, aunque se notó un mayor cambio en el grupo experimental hacia la opción considerada correcta.

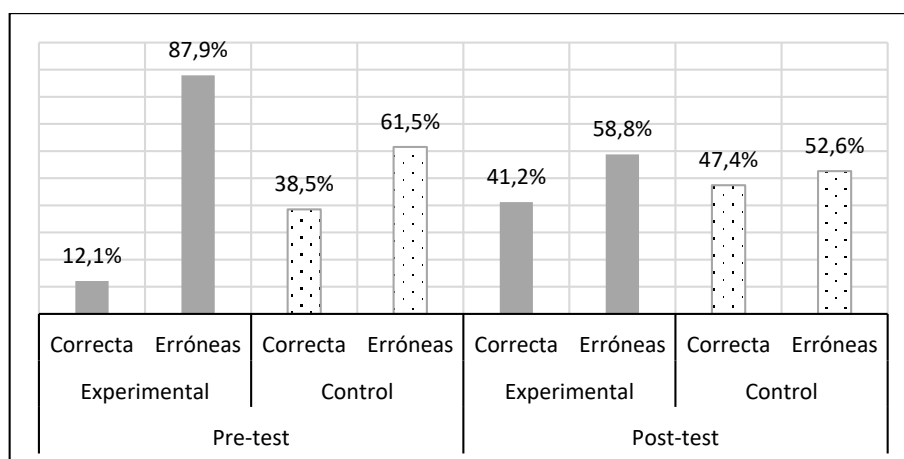


Figura 4.3.9. Respuestas de la pregunta 7.

Pregunta 8: *El ángulo de la velocidad de lanzamiento para el cual un proyectil recorre una distancia horizontal máxima es.*

En esta pregunta, la concepción aceptada como correcta es que “la distancia máxima horizontal se alcanza cuando el proyectil es lanzado con un ángulo de 45°”. Por otra parte, la concepción más común entre los estudiantes es que “a mayor ángulo mayor es la distancia horizontal alcanzada”.

Considerando lo anterior, en el pre-test (ver Figura 4.3.10) alrededor del 45 % de los estudiantes de ambos grupos seleccionó la opción correcta. Mientras que en el post-test, la opción correcta fue seleccionada por el 57,9 % de los estudiantes del grupo control y el 97,1 % del grupo experimental.

De acuerdo con estas cifras, se puede decir que casi la totalidad del grupo experimental tuvo un cambio significativo en la concepción relacionada con esta situación, lo que pudo estar causado por la estrecha relación entre esta pregunta y el proyecto que desarrollaron durante la implementación del MoPICFi. Al respecto, los resultados del estudio de Wee, Chew, Goh, Tan, y Lee (2012), reflejan que el uso del análisis de videos sobre el lanzamiento de proyectiles, es una forma efectiva para que los estudiantes comprendan este fenómeno físico en un contexto real.

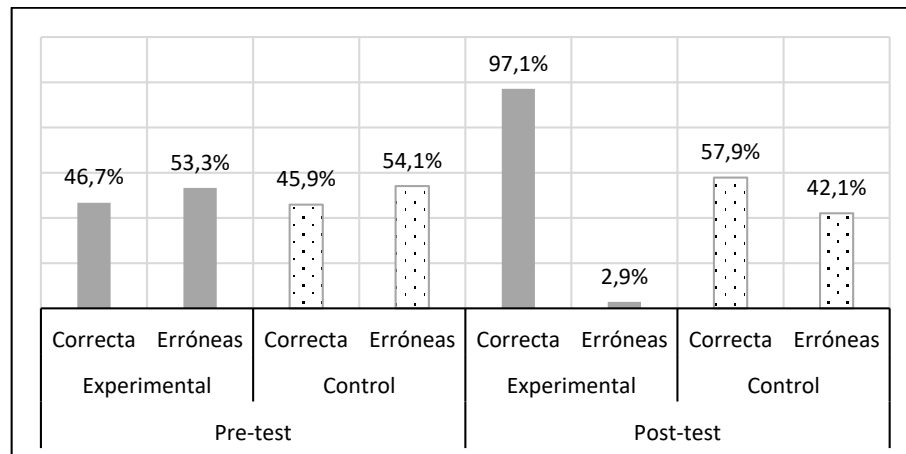


Figura 4.3.10. Respuestas de la pregunta 8.

b) Análisis de las preguntas relacionadas con el tema de dinámica.

En las 8 preguntas relacionadas con la dinámica, los estudiantes debían expresar sus conocimientos acerca de conceptos como la masa y la fuerza. Además, debían demostrar habilidades para el cálculo matemático, tales como las operaciones con vectores.

Con respecto a los resultados mostrados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se puede decir que el desempeño de los dos grupos fue similar en el pre-test y en el post-test. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Ogan-Bekiroğlu y

Arslan (2014), los cuales encontraron que luego del proceso de indagación no hubo diferencias significativas en los resultados de sus estudiantes en el tema de dinámica.

En el caso de la presente investigación, se puede decir que la mayor dificultad que tuvieron los estudiantes fue al enfrentarse a situaciones que demandaban algunas competencias matemáticas, las cuales contrastan significativamente con las concepciones que utilizan para enfrentar situaciones de su vida cotidiana. Una posible explicación podría estar relacionada con los resultados del estudio de Barniol y Zavala (2014), los cuales encontraron que, en problemas relacionados con el tema de dinámica, la interpretación física y las matemáticas están tan estrechamente relacionadas que los estudiantes no se benefician de ninguna interpretación física adicional.

Por consiguiente, la enseñanza de este tema debe incluir ayudas pedagógicas para comprender los modelos físicos, así como para mejorar el razonamiento matemático de los estudiantes. De este modo, para determinar las concepciones de los estudiantes acerca del tema de dinámica y así diseñar las ayudas pedagógicas más adecuadas, a continuación, se presentan las 8 preguntas relacionadas con este tema.

Pregunta 9: *Imagine que un objeto se envía al espacio exterior, lejos de cualquier galaxia, estrella u otro objeto estelar. ¿Qué podemos decir de su masa y su peso?*

En esta pregunta se buscaba conocer si los estudiantes podían diferenciar los conceptos de peso y masa. Por lo que la respuesta correcta coincidía con la concepción “un objeto que es enviado lejos de cualquier influencia gravitacional cambiará su peso, pero no su masa”, ya que se considera que el peso depende de los cuerpos con los que interactúe el objeto, mientras que la masa es una propiedad intrínseca de cada cuerpo.

Dicho esto, se tiene que tanto en el pre-test como en el post-test (ver Figura 4.3.11), se observó una tendencia clara de la mayoría de los estudiantes de ambos grupos a seleccionar la opción considerada correcta, destacando que el mayor incremento lo tuvo el grupo control con un 14 % sobre el 6,5 % del experimental. Por lo tanto, se puede decir que la mayoría de los estudiantes comprendían las diferencias entre los conceptos de masa y peso.

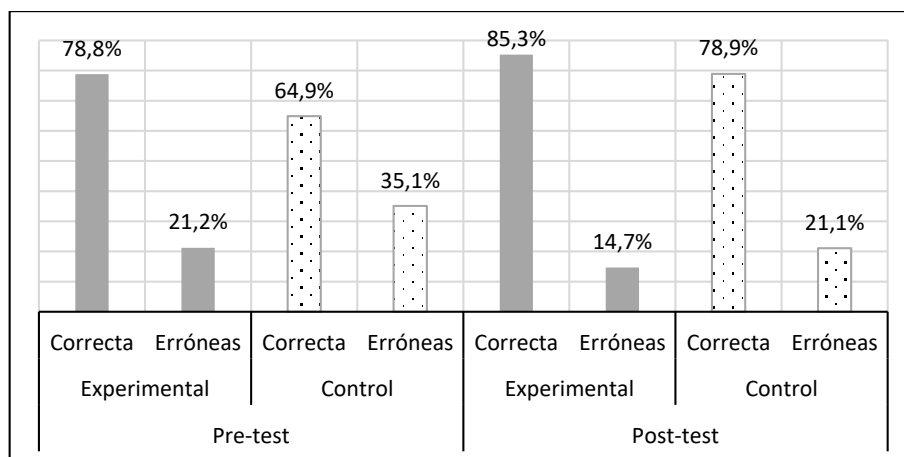


Figura 4.3.11. Respuestas de la pregunta 9.

Pregunta 10: *Un semáforo con masa m pende de dos cables ligeros, uno a cada lado. Los cables forman un ángulo de 45° respecto a la horizontal. ¿Qué tensión hay en cada cable?*

En esta pregunta, los estudiantes tenían que demostrar conocimientos acerca de la masa y la fuerza en una situación de equilibrio para el cual tenían realizar un “diagrama de cuerpo libre” y a partir de allí obtener las ecuaciones necesarias para la solución del problema. Es así como los estudiantes llegarían a la conclusión de que la respuesta correcta era “ $mg/\sqrt{2}$ ”.

De esta forma, tanto en el pre-test como en el post-test (ver Figura 4.3.12), la mayoría de los estudiantes de los dos grupos seleccionaron opciones erróneas, siendo “ $mg/2$ ” la opción que más seleccionaron. Esto quiere decir que los estudiantes pudieran haber pensado que “al tener dos cuerdas iguales formando ángulos iguales, entonces entre ellas se dividirán la fuerza necesaria para sostener al objeto”.

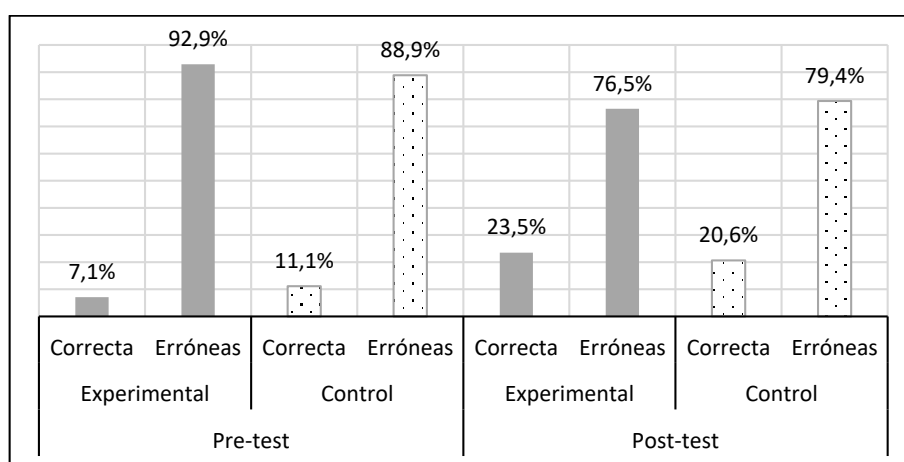


Figura 4.3.12. Respuestas de la pregunta 10.

Pregunta 11: *Un jugador de béisbol golpea la pelota con un bate. Si la fuerza con que éste golpea la pelota se considera como la fuerza de acción, ¿Cuál es la fuerza de reacción?*

El propósito de esta pregunta era conocer las concepciones de los estudiantes sobre la tercera ley de Newton, comúnmente llamada ley de acción y reacción. Específicamente, los estudiantes debían identificar el par acción-reacción a partir de la situación planteada.

Al respecto, tanto en el pre-test como en el post-test (ver Figura 4.3.13), se pudo observar que la mayoría de los estudiantes de ambos grupos seleccionaron la opción “la fuerza que la pelota ejerce sobre el bate”. Lo cual es correcto, demostrando que para esta situación sus concepciones se acercan a los conceptos que se encuentran en el campo conceptual.

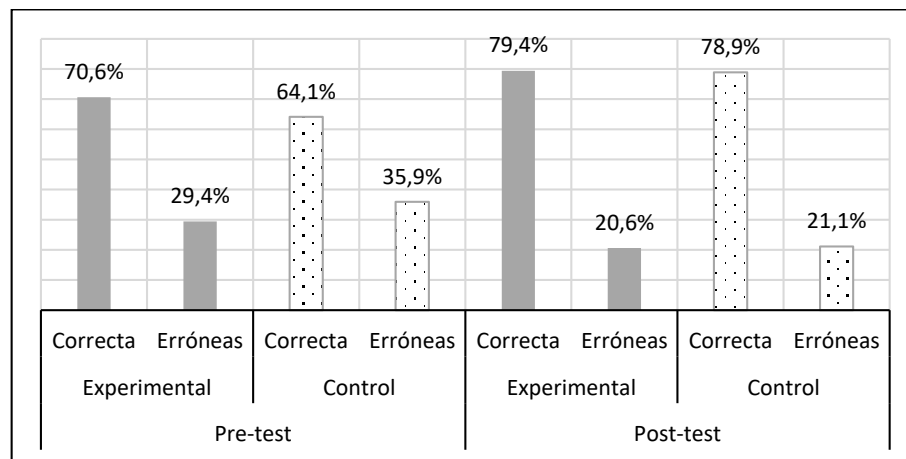


Figura 4.3.13. Resultados de la pregunta 11.

Pregunta 12: *Ana y Carlos se encuentran patinando sobre una pista de hielo. En un momento dado se colocan frente a frente, tal como se muestra en la figura. De esta manera ambos extienden sus brazos y Carlos empuja las manos de Ana. ¿Cuál de las siguientes opciones describe adecuadamente esta interacción?*

Esta pregunta guarda relación con la anterior en cuanto a que está relacionada con un par acción-reacción, pero en este caso, el concepto subyacente es que tanto la fuerza de acción como la de reacción son de igual magnitud. Dicho esto, se tiene la opción que representa la concepción correcta es que “Ana ejerce una fuerza de igual magnitud sobre Carlos, que la fuerza que Carlos ejerce sobre Ana”,

De este modo, en el pre-test (ver Figura 4.3.14), tanto el grupo experimental como el control presentaron un mayor porcentaje de respuestas erróneas. Siendo la opción más seleccionada la que dice que “Ana ejerce una fuerza menor sobre Carlos, que la fuerza

que Carlos ejerce sobre Ana”, por lo que se pudiera inferir que los estudiantes tienen concepción de que “Ana por tener menos masa ejercerá menos fuerza que Carlos”.

Por otra parte, en el post-test se observó que la mayoría del grupo control seleccionó opciones erróneas, a pesar de haber mejorado sus resultados anteriores. Sin embargo, la mayoría del grupo experimental seleccionó la opción considerada correcta, mostrando un cambio significativo en sus concepciones sobre este tipo de situaciones.

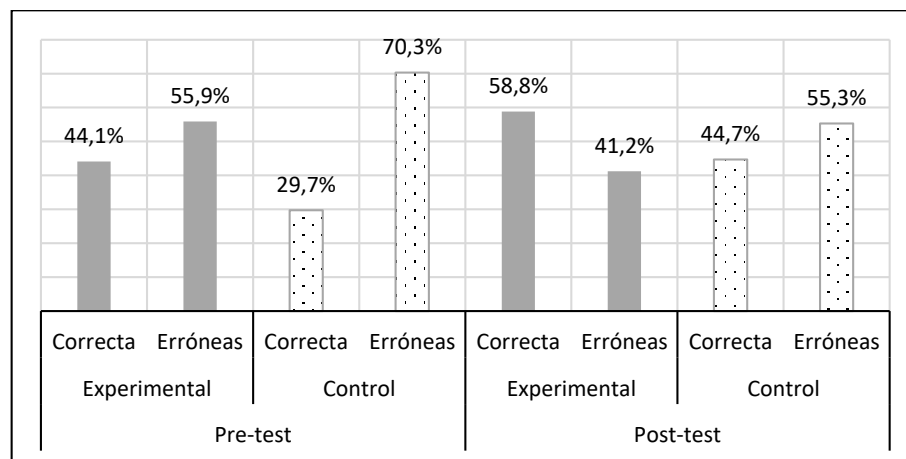


Figura 4.3.14. Respuestas de la pregunta 12.

Pregunta 13: *Si se toma como referencia el punto ubicado entre Ana y Carlos, tal como se muestra en la figura anterior. ¿Cuál de las siguientes opciones describe adecuadamente lo que ocurre después de la situación ilustrada?*

La situación planteada en esta pregunta ocurre después de la interacción que ocurre en la pregunta anterior y está relacionada con la magnitud de la fuerza que ejerce cada patinador. De este modo, la opción considerada correcta será que “Carlos se moverá hacia la derecha y Ana hacia la izquierda del punto de referencia situado en medio de ambos”.

De esta manera, en la Figura 4.3.15 se puede observar que tanto en el pre-test como en el post-test, la mayoría de los estudiantes seleccionó la opción correcta. Sin embargo, muchos estudiantes que seleccionaron opciones erróneas en la pregunta anterior también lo hicieron esta.

Es así como la opción más seleccionada por estos estudiantes en esta pregunta fue que “Carlos permanece inmóvil y Ana se mueve hacia la izquierda del punto”. Lo cual reafirma que en esos estudiantes aún permanece la concepción que “la diferencia entre las masas hace que las fuerzas de acción y reacción tengan diferente magnitud”.

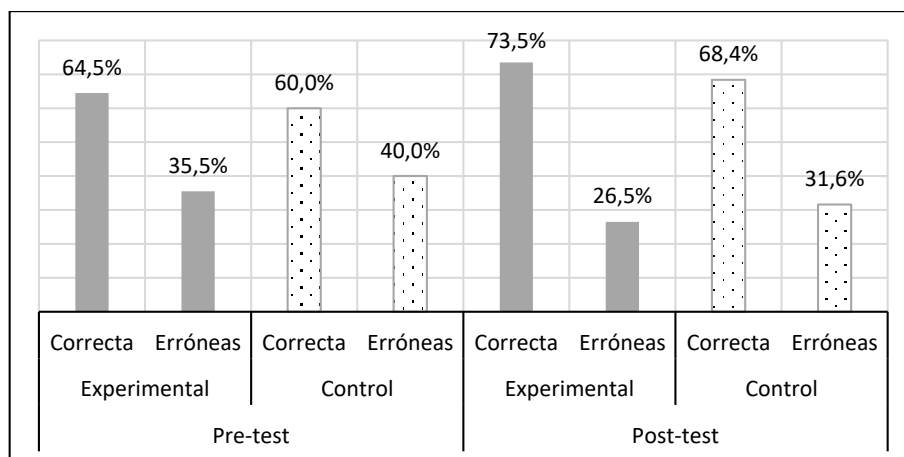


Figura 4.3.15. Respuestas de la pregunta 13.

Pregunta 14: *La fuerza neta que actúa sobre un objeto en movimiento bruscamente se hace cero. En consecuencia, el objeto.*

El propósito de esta pregunta era los estudiantes expresaran sus concepciones acerca de la fuerza neta aplicada sobre de un objeto en movimiento. Por lo tanto, considerando que al inicio de esta prueba se aclaró que no se tomara en cuenta la fricción entre las superficies, la opción considerada correcta es que “continúa a velocidad constante”.

Una vez aclarado esto, se puede observar en la Figura 4.3.16, que en el pre-test la mayoría de los estudiantes de ambos grupo seleccionó opciones erróneas. Sin embargo, en el post-test la mayoría de los estudiantes del grupo experimental mostró un cambio en su concepción original al cambiar su selección a la opción correcta, en contraste con los del grupo control en los que la mayoría seleccionó opciones erróneas.

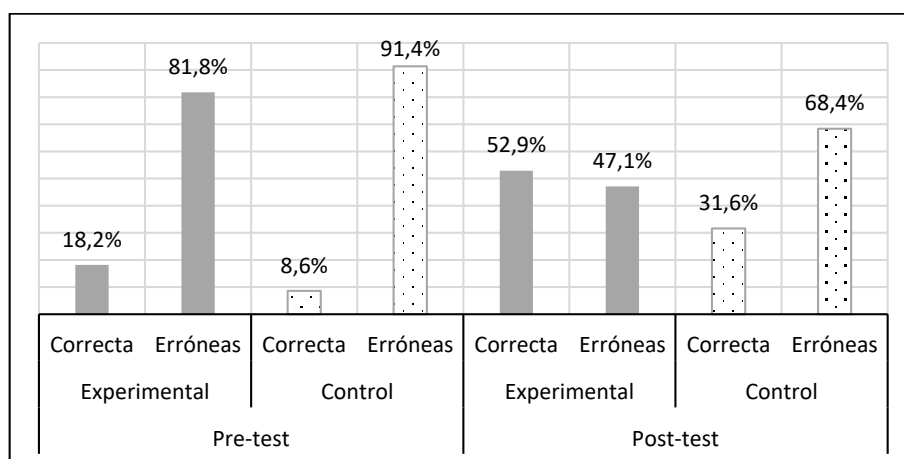


Figura 4.3.16. Resultados de la pregunta 14.

Pregunta 15: *Un bloque de masa m descansa sobre un plano inclinado que forma un ángulo θ con la horizontal. el coeficiente de fricción estática entre el bloque y el plano es.*

El propósito con esta pregunta era indagar cual era el conocimiento de los estudiantes acerca de la determinación del coeficiente de fricción estática entre dos superficies. De esta forma, la opción correcta es que “el coeficiente de fricción estática es igual a la tangente del ángulo de inclinación del plano ($\mu_e = tg\theta$)”.

En este sentido, en el pre-test (ver Figura 4.3.17), se observó en ambos grupos poca claridad en la determinación de este coeficiente, siendo una posible causa el desconocimiento en la elaboración de un diagrama de cuerpo libre y de los procedimientos matemáticos asociados a esta situación.

Por otra parte, en el post-test se observó en el grupo experimental un pequeño incremento en el número de estudiantes que seleccionaron la opción correcta. Sin embargo, en el grupo control creció el porcentaje entre estos estudiantes que seleccionaron opciones erróneas.

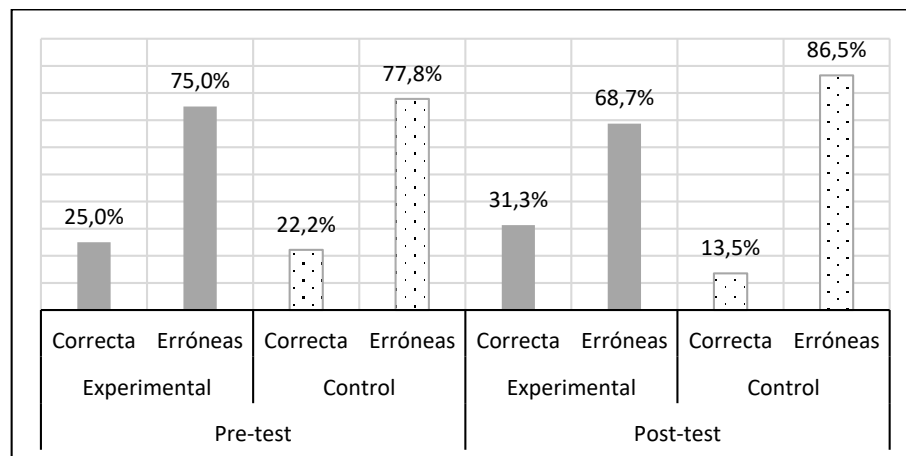


Figura 4.3.17. Resultados de la pregunta 15.

Pregunta 16: *Un bloque de masa m se desliza a velocidad constante hacia abajo por un plano inclinado que forma un ángulo θ con la horizontal. Con respecto al coeficiente de fricción cinética, se verifica que.*

Esta pregunta guarda una estrecha relación con la anterior en cuanto a que plantea prácticamente la misma situación, con la diferencia que el objeto se desliza a velocidad constante por la superficie. Así pues, los estudiantes también debían conocer cómo hacer un diagrama de cuerpo libre y realizar algunos cálculos matemáticos para determinar la respuesta correcta.

Tomando en cuenta esto, la concepción subyacente es que “el objeto se desliza a velocidad constante debido al equilibrio entre la fuerza de fricción y la componente horizontal del peso”. Por lo tanto, la opción correcta es que el coeficiente de fricción cinético es ($\mu_c = tg\theta$).

En este sentido, se puede observar en la Figura 4.3.18, que en el pre-test la mayoría de los estudiantes de ambos grupos seleccionaron opción erróneas y que en el post-test, aumentó la cantidad de estudiantes de ambos grupos que seleccionó la opción correcta, destacando que el grupo experimental ese aumento fue mayor que en el grupo control.

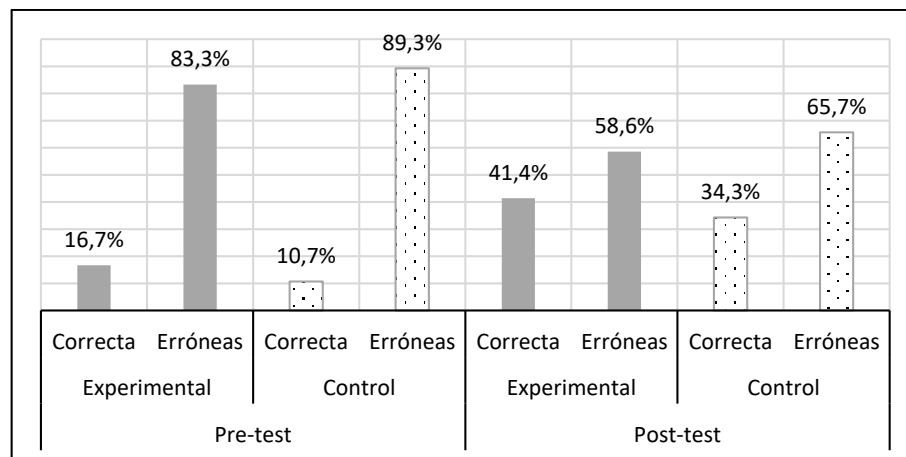


Figura 4.3.18. Resultados de la pregunta 16.

c) Análisis de las preguntas relacionadas con el tema de trabajo y energía.

En estas últimas 8 preguntas, se abordan los conceptos relacionados con el trabajo y la energía mecánica, tales como energía cinética, energía potencial (gravitatoria y elástica) y trabajo mecánico. Como resultado (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), se obtuvo que el grupo experimental tuvo una mejora del 58 % y el control lo hizo en un 51 %, por lo que se puede decir que en este tema fue donde cada grupo tuvo las mejoras más significativas.

Esto pudo estar originado porque entre las ayudas pedagógicas diseñadas para la implementación del MoPICFi en este tema, se encuentran las simulaciones informáticas y la resolución de problemas de forma colaborativa. Al respecto, en el caso de estudio realizado por Diaz y Pandiella (2016), sus estudiantes pudieron acercar sus representaciones mentales a los modelos físicos en el tema de energía a partir de su interacción con simulaciones informáticas.

Pregunta 17: *Un bloque de masa m comprime un resorte hasta una distancia x y luego se deja en libertad. El resorte proyecta el bloque a lo largo de una superficie horizontal sin rozamiento con una velocidad V . El mismo resorte proyecta un segundo bloque de masa $4m$ con una velocidad $3V$. ¿A qué distancia se comprimió el resorte en este último caso?*

El propósito de esta pregunta era indagar si los estudiantes mostraban concepciones relacionadas con la conservación de la energía mecánica, específicamente, a través de la transformación de la energía potencial elástica en energía cinética. Tomando en cuenta esto, la opción considerada correcta para esta situación es $6v\sqrt{\frac{m}{k}}$.

De esta forma, se puede observar en la Figura 4.3.19 que, en el pre-test la mayoría de los estudiantes de los dos grupos seleccionaron opciones erróneas, destacando el alto porcentaje obtenido por el grupo experimental con más del 80 %. Asimismo, en el post-test, la mayoría de los estudiantes de ambos grupos seleccionaron opciones erróneas, sin embargo, se releva el aumento en el porcentaje de estudiantes del grupo experimental que seleccionó la opción correcta.

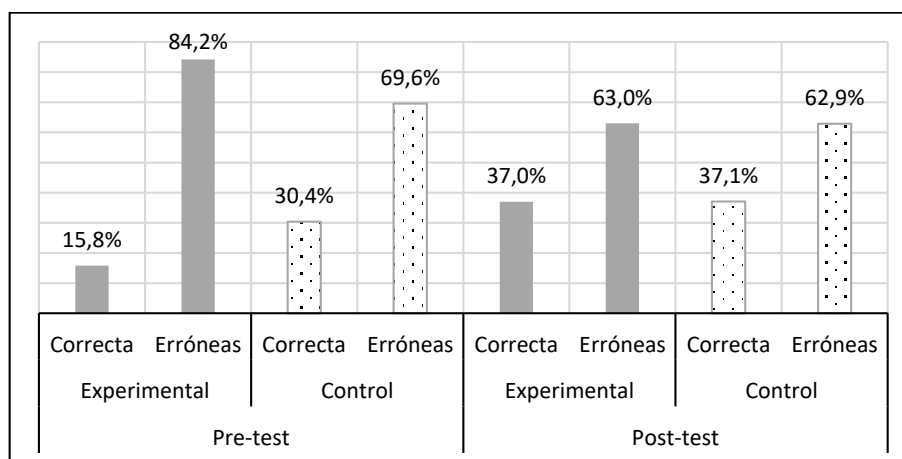


Figura 4.3.19. Resultados de la pregunta 17.

Pregunta 18: *Si se duplica la velocidad, la energía cinética.*

En esta pregunta, se buscaba conocer las concepciones de los estudiantes sobre las variables relacionadas con la energía cinética. En este sentido, la opción correcta es que velocidad “se cuadruplica”, ya que la energía cinética es directamente proporcional al cuadrado de la velocidad.

De esta forma, en el pre-test (ver Figura 4.3.20), la mayoría de estudiantes de los dos grupos seleccionaron opciones erróneas, destacando nuevamente el alto porcentaje del grupo experimental. En este caso, los estudiantes podrían estar pensando en una relación

directa entre la velocidad de la partícula y la cantidad de energía cinética, ya que seleccionaron la opción “se duplica”, esta concepción errónea fue encontrada también en un estudio realizado por Yurnetti (2017).

En el post-test, los resultados tuvieron un cambio positivo, pues la mayoría de los estudiantes de ambos grupos seleccionaron la opción correcta, destacando que el mayor porcentaje lo obtuvieron los estudiantes del grupo experimental.

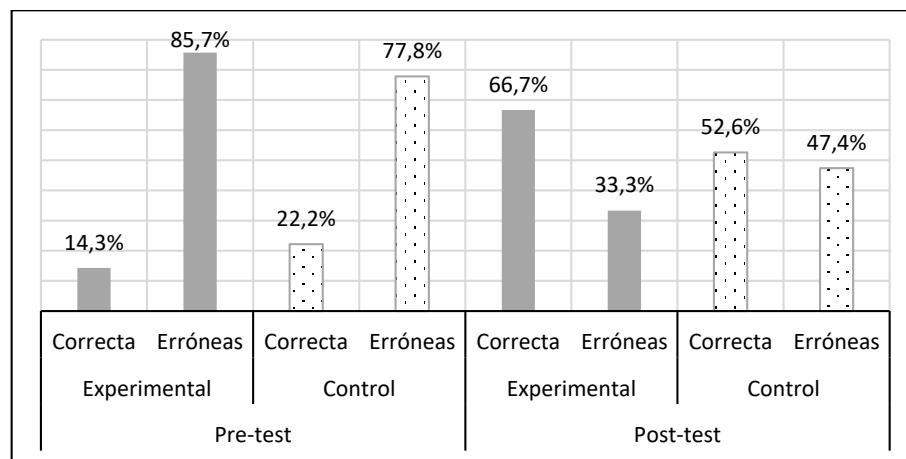


Figura 4.3.20. Resultados de la pregunta 18.

Pregunta 19: *Si se duplica la altura, la energía potencial gravitatoria.*

El propósito de esta pregunta era conocer las concepciones de los estudiantes acerca de las variables relacionadas con la energía potencial gravitatoria, como son la masa, la aceleración de gravedad y la altura. Es así como la opción que más se corresponde con la situación planteada es que “se duplica”.

De este modo, en el pre-test (ver Figura 4.3.21), se observó que la mayoría de los estudiantes de ambos grupos seleccionaron opciones erróneas. Mientras que en el post-test, la mayoría seleccionó la opción correcta, siendo el grupo experimental el que más aumentó en esta opción.

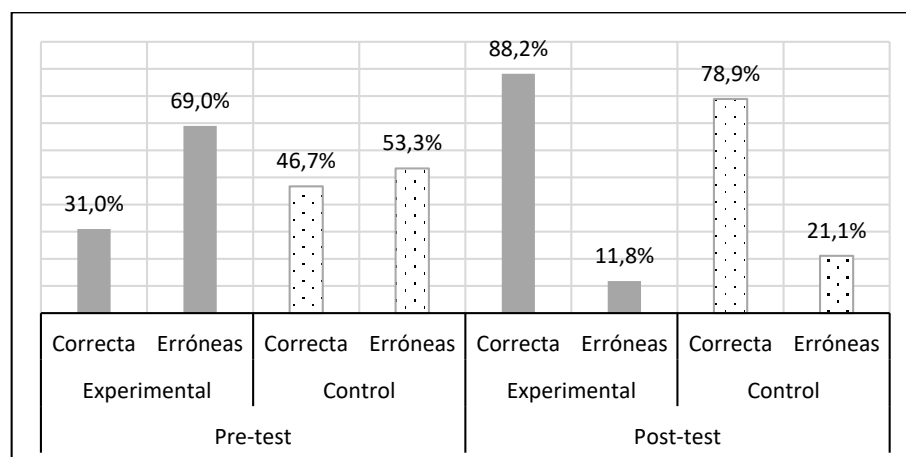


Figura 4.3.21. Resultados de la pregunta 19.

Pregunta 20: *¿Para cuál de los siguientes ángulos entre la fuerza aplicada a un cuerpo y su desplazamiento, el trabajo de la fuerza es negativo?*

El propósito de esta pregunta era conocer las concepciones de los estudiantes para resolver una situación relacionada con el trabajo mecánico realizado por una fuerza aplicada, específicamente, se quería indagar bajo qué condiciones este trabajo pudiera ser negativo. Por lo que conociendo las variables relacionadas con el trabajo mecánico y sobre vectores los estudiantes podían determinar que el ángulo correcto es “180°”.

Al respecto, en el pre-test (ver Figura 4.3.22), la mayoría de los estudiantes de los dos grupos seleccionaron opciones erróneas. Sin embargo, en el post-test ambos grupos mostraron un cambio significativo ya que la mayoría de los estudiantes seleccionó la opción correcta.

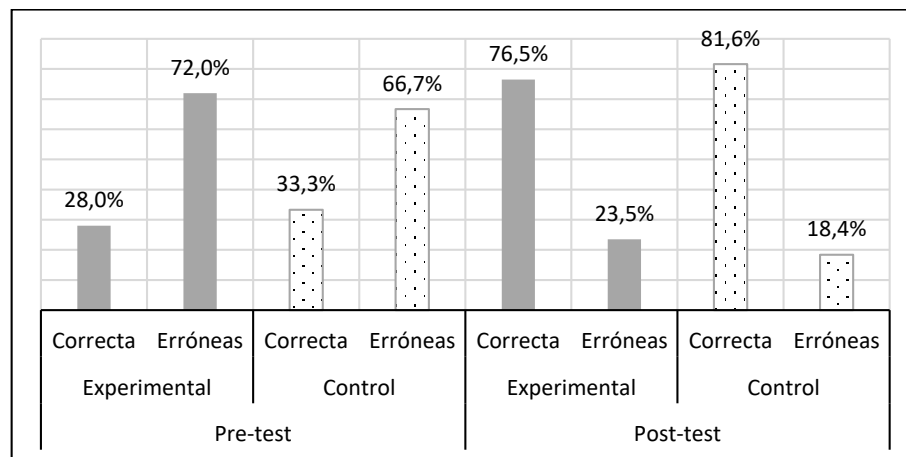


Figura 4.3.22. Resultados de la pregunta 20.

Pregunta 21: *Una esfera se suelta desde una altura H sobre una rampa con cierta fricción, al final se encuentra un resorte, el cual es comprimido totalmente por la esfera, luego de esto.*

Esta pregunta plantea una situación en donde no se conserva la energía mecánica debido al trabajo realizado por la superficie a través de la fuerza de fricción. En este sentido, la falta de datos numéricos solo permitía realizar una afirmación correcta, la cual era que “la esfera regresa y alcanza una altura inferior a la inicial”.

De esta forma, en el pre-test (ver Figura 4.3.23), se puede observar que solo los estudiantes del grupo experimental seleccionaron la opción correcta. Mientras que en el post-test ambos grupos lo hicieron, destacando la cantidad de estudiantes del grupo

experimental que cambiaron su selección hacia la respuesta correcta, la cual fue casi el doble que la del otro grupo.

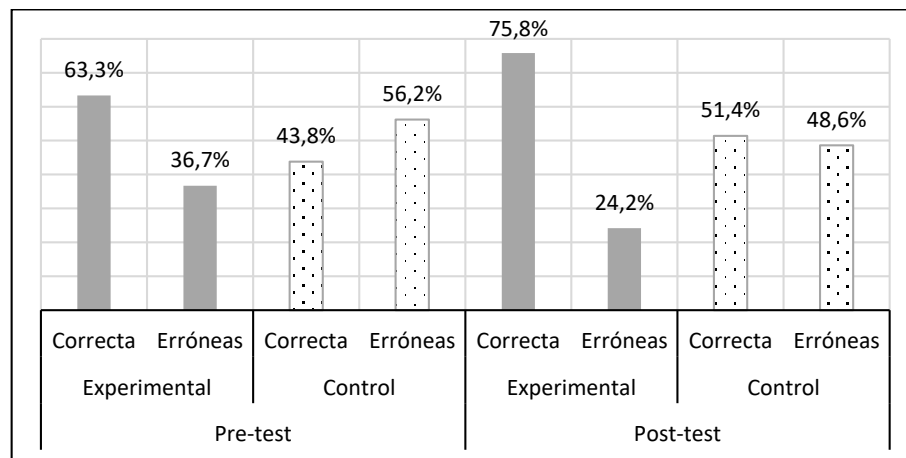


Figura 4.3.23. Resultados de la pregunta 21.

Pregunta 22: *¿En cuál de las siguientes imágenes la fuerza aplicada realiza trabajo?*

El propósito de esta pregunta es similar al de la pregunta 20, sin embargo, en esta se dan otras condiciones e incluso la ayuda visual para conocer las concepciones de los estudiantes. En este caso, la opción que respondería correctamente con la situación planteada es “+F +d Paralelas entre sí”.

De este modo, tanto en el pre-test como en el post-test (ver Figura 4.3.24), la mayoría de los estudiantes de ambos grupos seleccionó la opción correcta. Destacando, el alto porcentaje de estudiantes que seleccionaron la opción correcta sobre todo en el pre-test, lo que pudiera indicar que la ayuda visual facilitó a los estudiantes entender el propósito de la situación planteada.

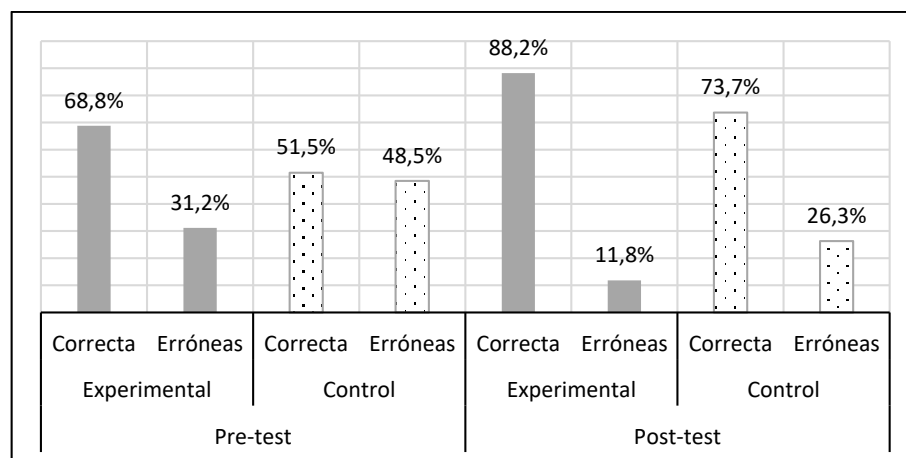


Figura 4.3.24. Resultados de la pregunta 22.

Pregunta 23: *Dos exploradores, S y J deciden ascender a la cumbre de una montaña, S escoge el camino más corto por la pendiente más abrupta, mientras que J, que pesa lo mismo que S, sigue un camino más largo, de pendiente suave. Al llegar a la cima comienzan a discutir sobre cuál de los dos ganó más energía potencial. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta?*

El concepto subyacente en esta pregunta es que en caso de que se conserve la energía mecánica, la energía potencial gravitatoria no depende de la trayectoria, por lo tanto, como los escaladores parten del mismo lugar y alcanzan la misma altura, entonces la opción correcta es “S gana la misma energía potencial que J”.

En este sentido, una concepción errónea muy común en los estudiantes en este tipo de situaciones, es pensar que la cantidad de energía potencial está relacionada con la distancia recorrida. Esto se pudo evidenciar al ser la opción más seleccionada por ambos grupos tanto en el pre-test como en el post-test (ver Figura 4.3.25).

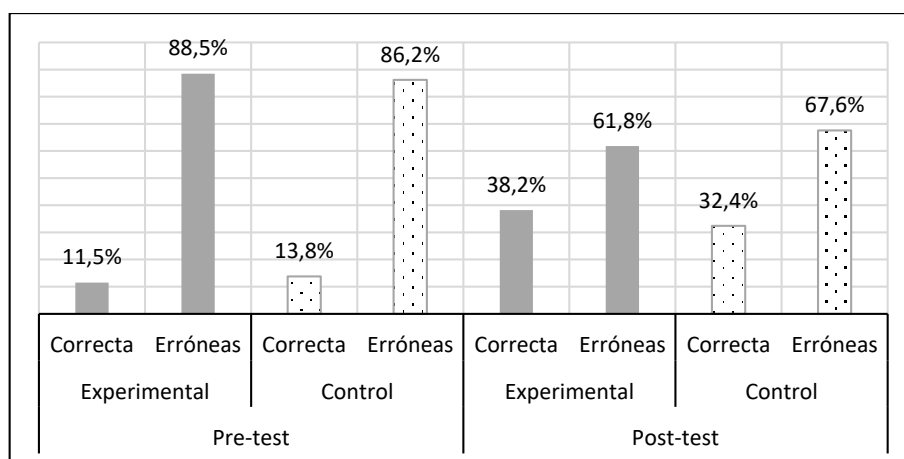


Figura 4.3.25. Resultados de la pregunta 23.

Pregunta 24: *¿Qué trabajo se necesita para alargar un resorte 2 cm a partir de su posición natural en comparación con el necesario para alargarlo 1 cm, también desde su posición natural?*

Esta podría considerarse como una de las preguntas con mayor grado de dificultad en esta prueba, debido a que hay que tomar en cuenta la relación entre las variables asociadas al trabajo mecánico y a la fuerza de un resorte. De esta forma, considerando que la energía potencial elástica es directamente proporcional al cuadrado de la distancia que se estira

o se contrae el resorte, la respuesta correcta era que “se realiza cuatro veces más trabajo para alargarlo 2 cm”.

Al respecto, en la Figura 4.3.26 se puede observar que en los dos test, un alto porcentaje de los estudiantes de ambos grupos seleccionaron respuestas erróneas. Lo cual demuestra que muchos de los estudiantes permanecieron con concepciones más cercanas al sentido común que a los conceptos físicos, a pesar de que este sistema fue estudiando en clase.

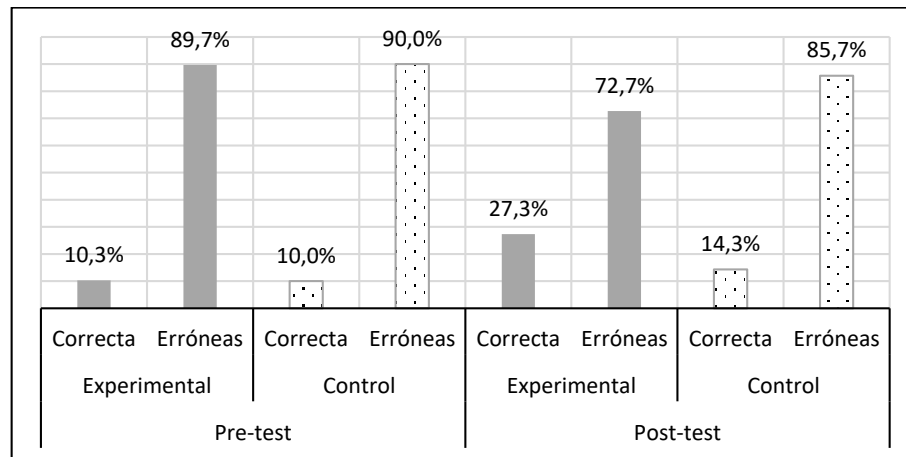


Figura 4.3.26. Resultados de la pregunta 24.

4.3.4. Conclusiones.

En primer lugar, los resultados muestran que los estudiantes que participaron en la implementación del MoPICFi evidenciaron una mejora significativa con respecto al grupo control en cuanto a su desempeño general en la prueba de evaluación. Por consiguiente, se puede afirmar que la aplicación de este modelo pedagógico ayudó a los estudiantes mejorar su rendimiento académico en la asignatura de física I.

En este sentido, Saab, van Joolingen, y van Hout-Wolters (2012), expresan que los ambientes de aprendizaje basados en la indagación colaborativa pueden mejorar el rendimiento de los estudiantes y su nivel de aprendizaje de conceptos de física. Además, investigaciones como las de Hockicko (2011), y Spodniaková-Pfefferová (2015), permiten afirmar que el uso de las TIC como ayuda pedagógica durante la implementación del MoPICFi contribuyó en la mejora en el desempeño de los estudiantes del grupo experimental.

En segundo lugar, se puede decir que la implementación del MoPICFi mejoró la comprensión conceptual de los estudiantes del grupo experimental en un nivel suficiente para resolver problemas en contextos reales. Tal es el caso de los conceptos relacionados

con cinemática y trabajo y energía, puesto que, fueron los temas en los que los estudiantes tuvieron el mejor desempeño.

Sin embargo, se evidenció en los estudiantes la persistencia de algunas concepciones alejadas de los modelos físicos aceptados por la comunidad científica, sobre todo en el tema de dinámica, en el que no hubo una diferencia significativa entre los resultados del pre-test y del post-test. Al respecto, Handhika, Cari, Soeparmi, y Sunarno (2016), expresan que la integración del lenguaje de las matemáticas y la física es absolutamente necesaria para reducir las concepciones erróneas en este tema.

Por otra parte, cuando se realizó el análisis por cada pregunta, se identificó que en el pre-test las selecciones de las respuestas de los estudiantes de ambos grupos, se distribuían entre las opciones de la pregunta. Por ejemplo, si la pregunta tenía 5 opciones de respuesta, se encontró que el porcentaje de respuestas de los estudiantes se distribuía casi uniformemente entre esas cinco opciones.

Esta dispersión evidencia la variedad de concepciones que se pueden tener acerca de un concepto físico, a pesar de que los estudiantes cursaran la asignatura de física en bachillerato. Esto pudiera sugerir que los problemas resueltos en esas clases, no promovieron en los estudiantes la comprensión de los conceptos físicos relacionados con los temas de cinemática, dinámica y trabajo y energía.

Mientras que, en el caso del post-test, se pudo observar que, en casi todas las preguntas, las respuestas de los estudiantes (sobre todo del grupo experimental) se agrupaban en dos opciones incluyendo la opción considerada correcta. Esto pudo estar causado por un reacomodo en los esquemas mentales de los estudiantes después de la intervención, lo que pudo acercar sus concepciones a los conceptos dentro del campo conceptual de referencia.

En consecuencia, a partir de estos resultados se puede tener una visión más clara acerca de las actividades que se deben diseñar dentro del MoPICFi para que los estudiantes puedan alcanzar la comprensión conceptual de la física. En este sentido, se sugiere que se aumenten las ayudas pedagógicas dentro de las actividades de resolución de problemas, haciendo énfasis en la resolución de situaciones reales en donde se realicen tareas relacionadas con la profesión en la que aspiran graduarse los estudiantes.

4.4. Estudio sobre el desarrollo de habilidades científicas.

4.4.1. Introducción.

El presente estudio se enfocó en analizar cómo los estudiantes adquieren y desarrollan habilidades relacionadas con el proceso de indagación. De este modo, primero se describirá el instrumento aplicado, así como las categorías utilizadas para clasificar las respuestas de los estudiantes.

Posteriormente, se presentan y analizan los resultados generales del estudio a través de una comparación entre las medias obtenidas por cada grupo en cada test. Además, se realizará un análisis por cada fase del proceso de indagación tomando en cuenta los argumentos de los estudiantes tanto del grupo experimental como del control.

Aspectos relevantes:

- Fases del proceso de indagación.
- Habilidades científicas.

4.4.2. Metodología.

4.4.2.1. Pregunta de investigación.

- ¿El diseño y la implementación de un modelo pedagógico que promueva la indagación colaborativa de la física mejorará cuantitativamente el nivel de las habilidades científicas desarrolladas por los estudiantes?
- ¿El diseño y la implementación de un modelo pedagógico que promueva la indagación colaborativa de la física mejorará el desarrollo de habilidades científicas en cada fase del proceso de indagación?

4.4.2.2. Objetivo.

- Evaluar cuantitativamente el nivel de desarrollo de habilidades científicas de los estudiantes, antes y después de la implementación del MoPICFi.
- Caracterizar y comparar, antes y después de la implementación del MoPICFi, las habilidades científicas desarrolladas por los estudiantes en cada fase del proceso de indagación.

4.4.2.3. Participantes.

Considerando que el número de estudiantes fue disminuyendo durante el curso, en este estudio se consideraron solo a los estudiantes que estuvieron presentes tanto en el pre-test y en el post-test. Por lo tanto, se analizarán las respuestas de 61 estudiantes, 38 pertenecientes al grupo experimental y 23 del grupo de control.

4.4.2.4. Procedimiento.

Al respecto, se diseñó una prueba de evaluación que se aplicó al inicio (pre-test) y al final (post-test) de la intervención, la cual estaba constituida por 10 preguntas abiertas relacionadas con las fases del proceso de indagación (ver anexo 3). Al respecto, Harlen (2013), expresa que las preguntas abiertas permiten a los docentes obtener mayor información sobre lo que los estudiantes piensan y observan.

Asimismo, para el diseño de esta prueba se tomó en cuenta el cuestionario creado por Andrés, Pesa, y Meneses (2006), con el propósito de conocer las concepciones de los estudiantes acerca de la actividad experimental en la física. De esta manera, en esta prueba de evaluación se planteaba una situación en la que se describía un experimento de laboratorio realizado por unos estudiantes y en el que se mostraban los datos que recolectaron.

De este modo, las primeras tres preguntas estaban relacionadas con la fase *establecer el problema*. Específicamente, en la primera se quería conocer si los estudiantes podían inferir el propósito del experimento, a partir de los datos mostrados.

En la segunda pregunta, la intención era conocer si los estudiantes podían identificar los modelos y conceptos físicos relacionados con el experimento. En la tercera, los estudiantes debían proponer una hipótesis acorde con el modelo físico y con el experimento planteado en el enunciado.

La cuarta y la quinta pregunta, estaban relacionadas con la fase de *diseñar el experimento*. Por lo tanto, en estas se pretendía que los estudiantes pudieran identificar las variables involucradas y explicaran como estas influyen en el experimento.

La sexta y la séptima pregunta, pertenecen a la fase de *procesar datos*, de forma que, los estudiantes debían describir el procedimiento más adecuado para analizar los datos que se encontraban en el enunciado. Además, debían determinar cuál era la expresión matemática del modelo físico subyacente y que relacionaba las variables involucradas.

Las últimas tres preguntas corresponden con la fase de *extraer conclusiones* por lo que se les pedía a los estudiantes que realizaran una conclusión del experimento y

propusieran una forma para la divulgación de los resultados obtenidos. Además, debían proponer otra forma de realizar el experimento y conectar el fenómeno estudiado con aplicaciones de su vida cotidiana.

Cabe destacar que en este test no hubo preguntas relacionadas con la fase *recolectar datos* ni con la fase *divulgar la investigación* para disminuir el tiempo y los recursos necesarios para evaluarlas en la misma prueba de evaluación.

Por otra parte, para poder procesar los datos de forma cuantitativa, se establecieron una serie de criterios (ver anexo 7) para categorizar las respuestas de los estudiantes, tomando en cuenta la clasificación de las habilidades científicas descritas en el MoPICFi. De este modo, se creó una escala del 4 al 0, donde el 4 correspondía con un nivel de habilidad avanzado, 3 integrado, 2 intermedio, 1 rudimentario y el cero a las respuestas incorrectas o sin responder.

Conforme a la escala anterior, primero se realizará un análisis cuantitativo para comparar los resultados del pre-test y del post-test tanto del grupo experimental como del control, tanto de los resultados generales, así como por cada fase del proceso de indagación. Por otra parte, se realizará un análisis cualitativo de las respuestas de los estudiantes con el propósito de establecer una conexión entre los argumentos de los estudiantes y el nivel de desarrollo de las habilidades científicas.

4.4.3. Resultados y discusión.

4.4.3.1. Confiabilidad.

En primer lugar, para evaluar la confiabilidad de las categorías utilizadas para clasificar las respuestas de los estudiantes se aplicó índice el *Kappa de Cohen* (ver Tabla 4.4.1). Como resultado se tuvieron que realizar tres modificaciones a las categorías hasta alcanzar un número aceptable de confiabilidad, que en este caso corresponde según Landis y Koch (1977) a un nivel sustancial de concordancia entre los evaluadores.

Tabla 4.4.1. Resultados del Kappa de Cohen.

| Versión | <i>Kappa de Cohen</i> |
|----------------|------------------------------|
| Primera | .104 |
| Segunda | .434 |
| Tercera | .616 |
| Cuarta | .720 |

4.4.3.2. Análisis cuantitativo de las habilidades científicas desarrolladas por los estudiantes en el pre-test y en el post-test.

En este apartado se mostrarán los resultados de la prueba para conocer las habilidades científicas de los estudiantes, antes y después de la implementación del MoPICFi. En este sentido, para realizar el análisis cuantitativo de los datos, se estableció la siguiente hipótesis:

- H0: No hay diferencias significativas entre la distribución de los resultados de ambos grupos.
- H1: Si hay diferencias significativas entre la distribución de los resultados de ambos grupos.

De este modo, para comenzar el análisis cuantitativo de los datos, se realizó una comparación entre las medias obtenidas por los estudiantes en ambos test (ver Figura 4.4.1). De esta forma, se puede observar como en el post-test el grupo experimental tuvo un incremento del 53,7% con respecto a la media obtenida por ellos en el pre-test, mientras que el grupo control su media se incrementó en un 34,0%.

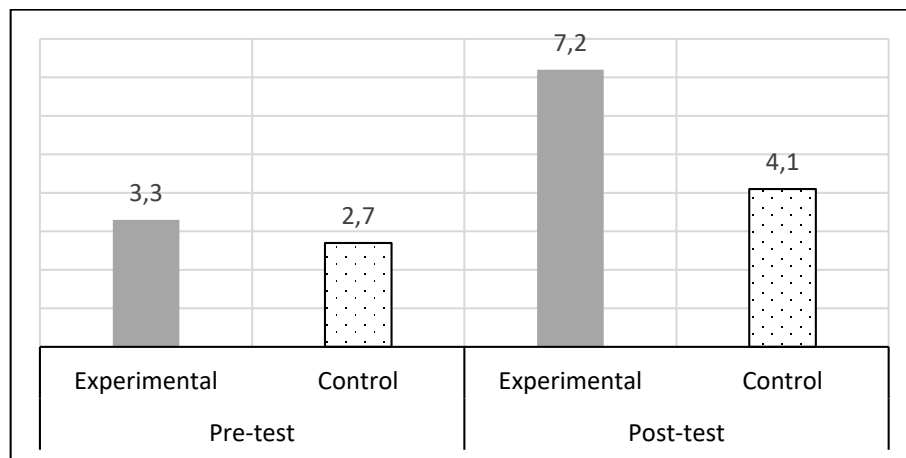


Figura 4.4.1. Comparación entre las medias de los resultados del pre-test y del post-test.

Posteriormente, antes de seleccionar las pruebas estadísticas que más se ajustan con los datos obtenidos, se realizó la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para determinar si estos son paramétricos o no. De esta forma, como se puede observar en la Tabla 4.4.2, los datos del pre-test no corresponden con una distribución normal porque en ambos grupos ($p = .012$, $p = .003$), mientras que los datos del post-test si forman una distribución normal ($p = .200$, $p = .0177$).

Tabla 4.4.2. Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov.

| | Grupo | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|------------------|--------------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Pre-test | Experimental | ,164 | 38 | ,012 | ,889 | 23 | ,001 |
| | Control | ,230 | 23 | ,003 | ,856 | 23 | ,003 |
| Post-test | Experimental | ,107 | 38 | ,200* | ,958 | 23 | ,158 |
| | Control | ,153 | 23 | ,177 | ,937 | 23 | ,154 |

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Por consiguiente, tomando en cuenta los resultados de la prueba de normalidad y el tamaño de las muestras, los datos serán tratados como no paramétricos. Es así como se seleccionó la prueba U de *Mann-Whitney* para muestras independientes, que según, Guisande, Vaamonde, y Barreiro (2013) es adecuada para comparar la tendencia central de dos muestras, partiendo de la hipótesis nula de que en ambos grupos la distribución es la misma a pesar de que tengan diferentes tamaños.

De esta forma, los resultados del pre-test arrojaron un ($U = 407.5$, $p = .657$), cumpliéndose así la hipótesis nula H_0 . Por otra parte, para los datos del post-test se obtuvo como resultado un ($U = 224.5$, $p = .001$), por lo que se rechaza la hipótesis nula y se asume la hipótesis H_1 , es decir, que si hubo una diferencia significativa entre los resultados del grupo experimental con respecto a los del grupo control.

Por consiguiente, se puede decir que los estudiantes del grupo experimental desarrollaron un mayor nivel de habilidades científicas que el grupo control. Al respecto, estudios previos han mostrado que cuando los estudiantes participan en procesos de enseñanza-aprendizaje de indagación guiada, estos adquieren una mayor autonomía (Callison y Baker (2014); McComas (2014); Whitworth, Maeng, y Bell (2013)) por lo que desarrollan más habilidades científicas. Específicamente, en la presente investigación este proceso de indagación estuvo estrechamente relacionado con dos aspectos principales, los cuales son: el trabajo colaborativo y las TIC.

En primer lugar, consideramos que el proceso de indagación es más efectivo cuando se realiza trabajando en pequeños grupos, ya que, el trabajo colaborativo potencia la construcción de conocimiento, de forma similar a los científicos en la actualidad (Wentzel y Watkins, 2011). Además, mejora el nivel de argumentación de los estudiantes al compartir sus experiencias y contrastarlas con las de sus compañeros (Schwarz, De Groot, Mavrikis, y Dragon, 2015).

En segundo lugar, consideramos que el uso de las TIC durante las sesiones de tutoría, a través de la grabación y posterior utilización del programa de video análisis Tracker

para recolectar y procesar los datos, mejoran las competencias de los estudiantes para comprender los modelos físicos (Hockicko, 2011), y aumenta su motivación (Klein, Gröber, Kuhn, y Müller, 2014). Por otra parte, esta herramienta facilita a los estudiantes la medición de fenómenos con movimientos de partículas (Chávez y Andrés, 2013), como el trabajado por los estudiantes en las sesiones de tutoría.

En conclusión, es evidente que la implementación del MoPICFi ha generado un entorno de aprendizaje adecuado para el desarrollo de las habilidades científicas en el contexto de la asignatura Física I. Por lo tanto, en el siguiente apartado, se realizará un análisis centrado en el nivel de las habilidades científicas desarrolladas por los estudiantes en cada fase del proceso de indagación, con el propósito de evaluar la efectividad del MoPICFi.

4.4.3.3. Análisis cualitativo de las habilidades científicas en cada fase del proceso de indagación.

Para facilitar el análisis de las respuestas obtenidas en la prueba de evaluación, se procedió a analizar las habilidades científicas desarrolladas por los estudiantes antes y después de la intervención en función de cada fase del proceso de indagación. Para tal fin, se realizó una categorización a partir de la clasificación de las habilidades científicas establecidas en el MoPICFi.

a) Análisis de la fase establecer el problema.

En las preguntas del pre-test, relacionadas con la fase *establecer el problema* (ver Figura 4.4.2), se observó que un alto porcentaje de los estudiantes de ambos grupos no respondieron, lo hicieron de forma incorrecta o incompleta. Específicamente, el grupo experimental tuvo un 68,4 % y el control 73,9 % de estudiantes en esta categoría.

Una de las posibles explicaciones a este resultado es que los estudiantes desconocieran los conceptos relacionados con el movimiento armónico simple, porque en el bachillerato este tema se encuentra al final de la asignatura y algunas veces los docentes no tienen el tiempo suficiente para explicarlo. Asimismo, la poca realización de actividades experimentales en el bachillerato pudo causar la dificultad que tuvieron los estudiantes para formular una hipótesis adecuada para el experimento planteado.

Por otra parte, en el caso del post-test, hubo una mayor diferencia entre los grupos, como se observa en la Figura 4.4.2, el grupo experimental mejoró su nivel de habilidades

en la fase de establecer el problema (+10,5 % rudimentarias y +7,9 % intermedias). En cambio, el grupo control desarrolló en menor medida estas habilidades científicas (-4,4 % rudimentarias y +4,3 % intermedias), además este grupo continuó teniendo un mayor número de “respuestas incorrectas o no responde” (73,9 %) a diferencia del grupo experimental.

Lo anterior se debe principalmente a los resultados extraídos de la pregunta 3 de la prueba de evaluación, en la que los estudiantes debían formular una hipótesis adecuada para el experimento planteado. Esto coincide, con los resultados del estudio de Sarasola, Rojas, y Okariz (2015), ya que sus estudiantes pudieron comprender el concepto de hipótesis y su importancia después del proceso de indagación.

Esto demuestra la importancia que tiene la formulación de la hipótesis en el desarrollo de la fase de establecer el problema en el proceso de indagación. Al respecto, Guisasaola, Ceberio, Almodí, y Zubimendi (2011), expresan que son las hipótesis las que focalizan y orientan el proceso de resolución de problemas.

En lo que respecta a la presente investigación, se puede decir que la implementación del modelo pedagógico ayudó a que los estudiantes desarrollaran habilidades para formular hipótesis porque en la sesión de tutoría correspondiente a la fase de establecer el problema, el objetivo principal es la formulación de una hipótesis. Asimismo, en la sesión de tutoría de presentación del diseño del experimento se realizó una revisión de la hipótesis formulada para que tuviera correspondencia con las variables identificadas y el montaje del experimento propuesto por los estudiantes.

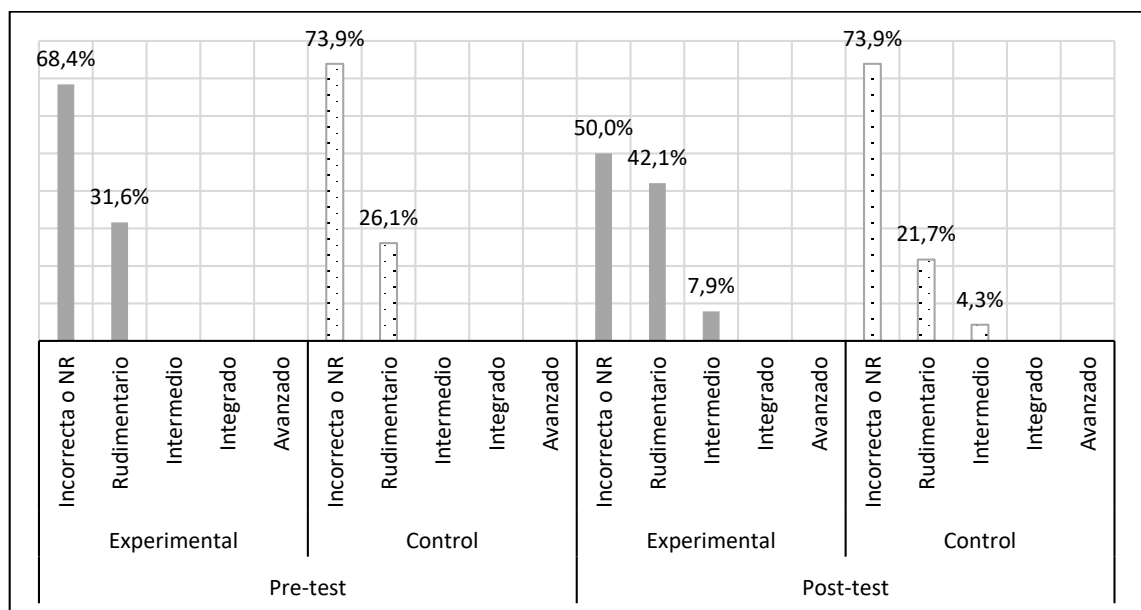


Figura 4.4.2. Nivel de desarrollo de las habilidades científicas en la fase establecer el problema.

De este modo, para ilustrar mejor la mejoría del grupo experimental, en la Tabla 4.4.3 se presenta el caso de tres estudiantes cuyas respuestas muestran diferencias significativas entre el pre-test y el post-test. En este sentido, se observó como ellos en el pre-test no redactaron ninguna hipótesis o lo hicieron de forma incorrecta y como en el pos-test, sus hipótesis cumplían con los elementos requeridos en cuanto a la forma de redacción y el dominio del contenido.

Particularmente, el caso del estudiante “B” es un claro ejemplo del avance que mostraron estos estudiantes, porque al inicio este estudiante no pudo formular ninguna hipótesis. Mientras que después de la intervención pudo explicar cómo la variable independiente afectaba a la variable dependiente, mencionando además la constante de elasticidad del resorte.

Tabla 4.4.3. Ejemplos de respuestas a la pregunta 3, de tres estudiantes del grupo experimental.

| Estudiante | Evaluación | Respuesta |
|------------|------------|--|
| A | Pre-test | “La masa que se le ponga a un resorte no afecta el número de oscilaciones que se tenga” |
| | Post-test | “Mientras más ligera sea la masa más rápido será su período y menos se estirará el resorte, su trabajo será menor” |
| B | Pre-test | “No se” |
| | Post-test | “Para el mismo k y distinta masa, cambia el periodo y el tiempo” |
| C | Pre-test | “No se” |
| | Post-test | “El tiempo de oscilación depende de la masa mientras mayor sea la masa, mayor va a ser el tiempo de oscilación” |

b) Análisis de la fase diseño del experimento.

En la fase de *diseño del experimento* (ver Figura 4.4.3), se observó que en el pre-test los estudiantes tenían una gran dificultad para identificar las variables relacionadas con el experimento, ya que un 73,9% de los estudiantes del grupo control, y un 65,8% del experimental no contestaron o respondieron de forma incorrecta las preguntas de esta fase. Sin embargo, en el post-test los resultados mostraron que los estudiantes del grupo experimental pudieron alcanzar un mayor nivel de habilidades científicas, mostrando un incremento del 7,9 % en las rudimentarias y +10,6 % en las intermedias; mientras que los estudiantes del grupo control su incremento fue del 13,1 % en las rudimentarias y +4,4 % en las intermedias.

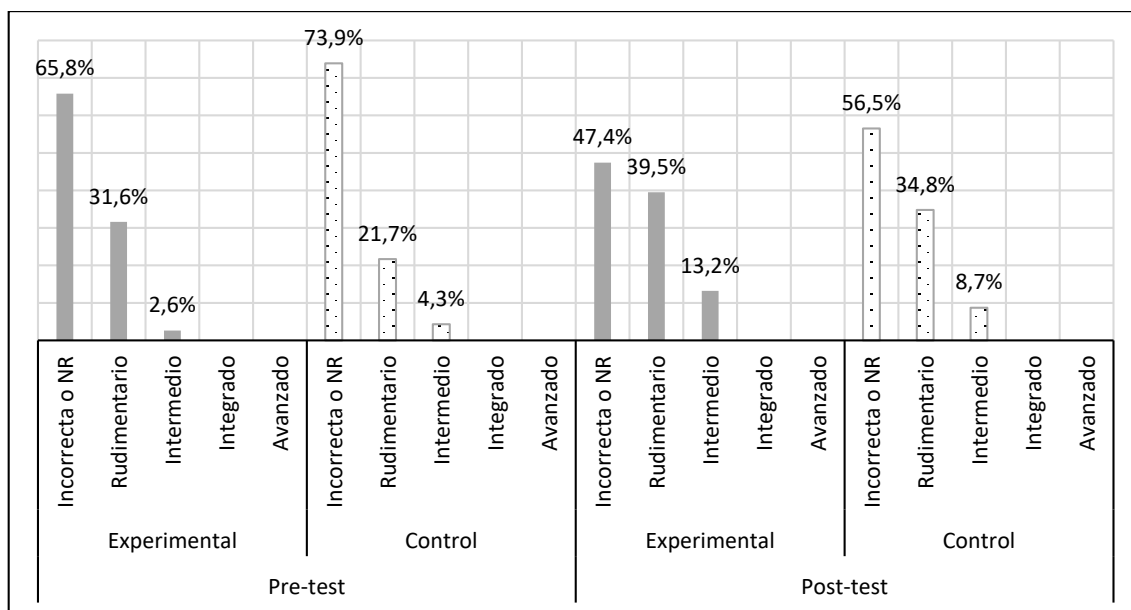


Figura 4.4.3. Nivel de desarrollo de las habilidades científicas en la fase de diseño del experimento.

Específicamente, en la pregunta 4 donde los estudiantes debían identificar las variables del experimento planteado, los estudiantes del grupo experimental mostraron una mejora mayor que los resultados mostrados anteriormente. Este resultado coincide con los obtenidos en el trabajo de Unal y Ozdemir (2013), en el que también señalaron la dificultad que presentaron sus estudiantes al comienzo de la intervención para identificar las variables y como posteriormente fueron mejorando en este aspecto a través de la indagación.

Un ejemplo de la mejora mostrada por los estudiantes en la pregunta 4 se evidencia en la Tabla 4.4.4, en la cual se presentan las respuestas de dos estudiantes del grupo experimental cuyas respuestas pasaron de ser incorrectas a poder identificar todas las variables correctamente. Entre estos dos, se puede destacar al estudiante “E”, el cual en el pre-test no escribió ninguna variable correctamente y después de haber participado en la intervención pudo identificar todas las variables en el orden correcto.

Tabla 4.4.4. Ejemplos de respuestas a la pregunta 4, de estudiantes del grupo experimental.

| Estudiante | Evaluación | Respuesta |
|------------|------------|---|
| D | Pre-test | “VI: Masa, VD: Longitud, VC: Tiempo” |
| | Post-test | “VI: Masas, VD: Tiempo, VC: Oscilaciones, punto de partida” |
| E | Pre-test | “VI: Grosor del resorte, VD: Longitud del resorte, VC: Masa sobre el resorte” |
| | Post-test | “VI: Masas, VD: Tiempo, VC: Oscilaciones, punto de partida” |

Una situación similar se presentó en la resolución de la pregunta 5 de la prueba en la que los estudiantes debían explicar cómo las variables a controlar influyen en el

desarrollo del experimento. De este modo, en el pre-test casi la totalidad de los estudiantes de ambos grupos no pudieron identificar cuáles eran las variables que influían en el experimento.

En este sentido, Harlen (2013), expresa que un estudiante puede planificar una investigación cuando tiene cierto grado de conocimiento sobre las variables a controlar, pero que no sería capaz de hacerlo si desconoce el tema que se va a investigar. En este caso, se podría inferir que la mayoría de los estudiantes tuvo dificultades en este aspecto, porque como se dijo anteriormente, los conceptos relacionados con este experimento no siempre son estudiados en el bachillerato.

Por el contrario, en el post-test casi la mitad de los estudiantes del grupo experimental pudo identificar las variables a controlar dentro del experimento. Mientras que en el grupo control solo un diez por ciento pudo hacerlo, lo cual demuestra una diferencia significativa entre ambos grupos.

Un ejemplo del progreso del grupo experimental en la fase de diseño del experimento se presenta en la Tabla 4.4.5, en la que se muestran las respuestas de dos estudiantes que en el pre-test no identificaban las variables que influían en el experimento y como en el post-test pudieron incluso explicar cómo podría ser esa influencia.

Así, por ejemplo, se puede leer como el estudiante “F” en el pre-test responde con una variable incorrecta ya que no se corresponde con este experimento. En cambio, en el post-test este estudiante pudo alcanzar un nivel de habilidades integradas ya que fue capaz de explicar la influencia de las variables del experimento planteado, al mencionar la importancia de la precisión de los instrumentos "El tiempo al medirlo no sea el más preciso" y es consciente de los posibles errores en el proceso de medición "Que al contar las oscilaciones se pase una por alto”.

Tabla 4.4.5. Ejemplos de respuestas a la pregunta 5, de estudiantes del grupo experimental.

| Estudiante | Evaluación | Respuesta |
|------------|------------|--|
| F | Pre-test | “Como ya mencioné antes, la gravedad influye en el experimento” |
| | Post-test | “El tiempo al medirlo no sea el más preciso. Que al contar las oscilaciones se pase una por alto” |
| G | Pre-test | “El peso, la gravedad” |
| | Post-test | “El control de la fricción del aire, el aparato con que se vaya a medir y los programas que se vayan a usar” |

c) Análisis de la fase procesar datos.

Por otra parte, en la fase de *procesar datos* (ver Figura 4.4.4), todos los estudiantes mostraron un gran desconocimiento en cuanto a las técnicas de procesamiento de datos

antes de la intervención. Esto coincide con Romero y Quesada (2014), quienes expresan que en general, los estudiantes no están familiarizados con las formas de representación de datos y encuentra dificultad para interpretar gráficos.

Esto puede estar causado porque en las prácticas de laboratorio tradicionales se les indica a los estudiantes cuales son las variables y como deben procesarlas. Al respecto, Demircioglu y Ucar (2015), expresan que de esta forma los estudiantes no tienen oportunidad para analizar y explorar cual es el procedimiento más adecuado para procesar los datos recolectados.

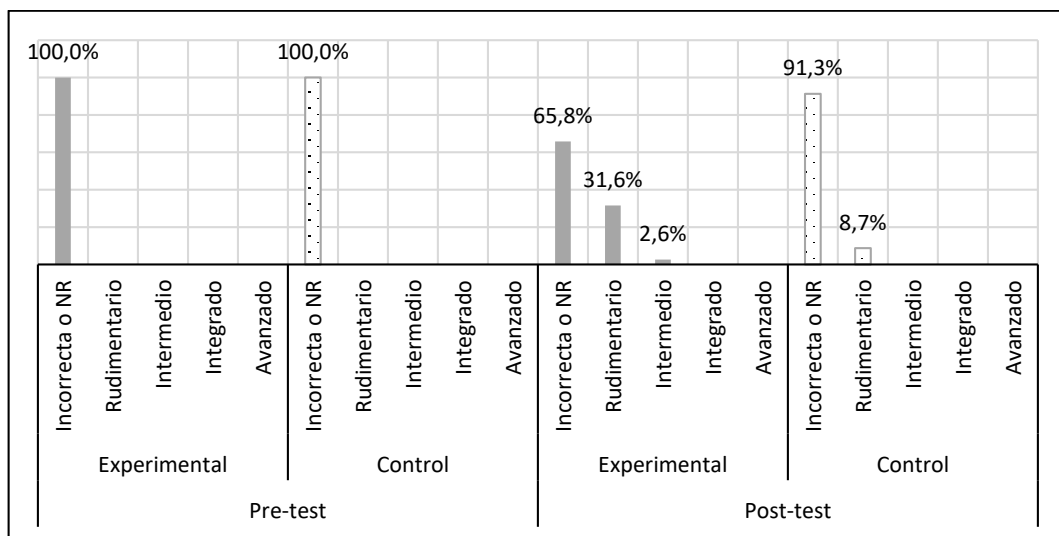


Figura 4.4.4. Nivel de desarrollo de las habilidades científicas en la fase de procesamiento de los datos.

No obstante, en los resultados del post-test (ver Figura 4.4.4), se pudo observar que cerca de un tercio (31,6%) de los estudiantes del grupo experimental mencionó la realización de gráficos o la utilización de programas informáticos como una herramienta válida para el procesamiento de los datos del experimento. Mientras que en el grupo control esta mejoría se apreció en menos del diez por ciento de los estudiantes.

Este progreso del grupo experimental pudo estar causado por la utilización de un programa informático para la recolección y el procesamiento de los datos. Al respecto, Abeleira, Vásquez, y Peña (2017), expresan que una herramienta como Tracker facilita la realización de representaciones gráficas y aplicación de las matemáticas a problemas reales.

En el caso específico de la pregunta 6, se les pidió a los estudiantes proponer un procedimiento adecuado para procesar los datos del experimento. Como resultado se obtuvo que, en el pre-test, casi la totalidad de los estudiantes de ambos grupos no planteó ningún procedimiento para el análisis de los datos.

Por el contrario, en el post-test casi la mitad de los estudiantes del grupo experimental sugirió algún método para procesar los resultados del experimento, mientras que ninguno de los estudiantes del grupo control pudo hacerlo. Una muestra de esto, se presenta en la Tabla 4.4.6 donde se exponen las respuestas de tres estudiantes del grupo experimental, los cuales al inicio tenían respuestas incorrectas, y al final pudieron mencionar la realización de una gráfica para procesar los datos.

Adicionalmente, las respuestas del estudiante “J” muestran como en el pre-test él expresó no saber la respuesta y como en el post-test no solo mencionó la realización de una gráfica, sino que también mencionó al software Tracker como una herramienta válida para la recolección y el procesamiento de los datos. Esto podría indicar que la utilización de este software durante la intervención, permitió a los estudiantes comprender la importancia de la representación gráfica en el procesamiento de los datos.

Tabla 4.4.6. Ejemplos de respuestas a la pregunta 6, de estudiantes del grupo experimental.

| Estudiante | Evaluación | Respuesta |
|-------------------|-------------------|--|
| H | Pre-test | “Se escogen las masas y se colocan en el extremo de los resortes una vez, se estiran y se dejan soltar en su punto máximo, para dejarlas oscilar tomando el tiempo en que tardan las distintas masas para retomar su posición inicial” |
| | Post-test | “Con los datos suministrados podemos realizar una gráfica del tiempo en función de la longitud tomando en cuenta el punto de partida para observar mejor los resultados” |
| I | Pre-test | “Verificar” |
| | Post-test | “La comparación de datos. Realizaría una gráfica de la fuerza aplicada en función del tiempo de oscilación y su coeficiente de determinación me indicaría la precisión de las medidas” |
| J | Pre-test | “No se” |
| | Post-test | “Se tomarían medidas de diferentes masas, sus tiempos y periodos usando el programa Tracker y analizar sus gráficas.” |

Algo semejante ocurrió cuando se les pidió a los estudiantes escribir la expresión matemática correspondiente con el modelo físico del experimento. De esta forma, en el pre-test la totalidad de los estudiantes del grupo control y casi todos los estudiantes del grupo experimental no pudieron encontrar una expresión matemática que se ajustara con el modelo físico relacionado con este experimento.

Esta situación concuerda con los resultados de Beatriz y Sottile (2014), los cuales encontraron que los estudiantes presentaron dificultades para procesar los datos obtenidos en los experimentos a través de la construcción de gráficas, por lo que no lograron relacionar los conceptos físicos con las expresiones matemáticas que permitían comprobar la hipótesis planteada.

Ahora bien, en el post-test los estudiantes del grupo experimental mostraron un cambio significativo, ya que casi la mitad propuso ecuaciones que se acercan al modelo físico del experimento, aunque en el grupo control solo dos estudiantes pudieron hacerlo. En este aspecto, Sarasola et al. (2015), expresan que después de la intervención, sus estudiantes eran conscientes de la importancia que tiene el análisis de las gráficas para procesar datos de un experimento, pero que aún tenían dificultad para comprender las matemáticas involucradas en este proceso.

d) Análisis de la fase extraer conclusiones.

En cuanto a la fase de *extraer conclusiones* (ver Figura 4.4.5), los estudiantes mostraron un bajo nivel de habilidades científicas tanto en el pre-test como en el post-test. Por tanto, se evidenció la dificultad que tuvieron los estudiantes para relacionar el modelo teórico subyacente, la hipótesis planteada y los resultados del experimento.

Esto coincide con los resultados obtenidos por otros investigadores como Özdemir y Işık (2015), quienes expresan que las habilidades relacionadas con la interpretación de los datos, hacer predicciones y sacar conclusiones, no mejoraron lo suficiente durante la instrucción con respecto a las otras. Asimismo, en los estudios realizados por Sarasola, Rojas, y Okariz (2015), y por Ferrés, Marbà, y Sanmartí (2015), se encontró que las dificultades en la aplicación de las fases del proceso de indagación aumentan en las etapas finales de este proceso.

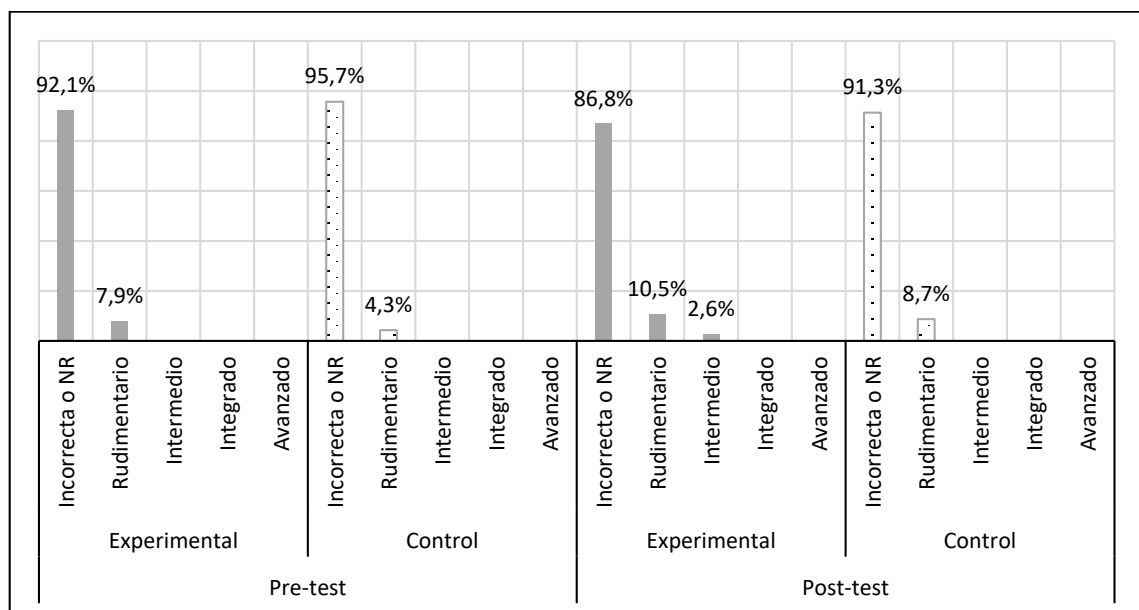


Figura 4.4.5. Nivel de desarrollo de las habilidades científicas en la fase de extraer conclusiones.

Sin embargo, en la presente investigación los resultados del post-test de algunos estudiantes del grupo experimental, demuestran que la realización de un proyecto experimental siguiendo el MoPICFi puede ser positivo para la adquisición de las habilidades relacionadas con estas fases.

Al respecto, en la Tabla 4.4.7 se muestran las respuestas de un estudiante del grupo experimental que mostró un cambio significativo en la forma de argumentar sus respuestas. De este modo, se puede observar como mejoró su nivel de argumentación a través del aumento en el uso de vocabulario técnico y la coherencia de su explicación, con respecto a la hipótesis planteada y los conceptos teóricos subyacentes en el experimento.

Tabla 4.4.7. Respuestas de un estudiante a las preguntas relacionadas con la fase de extraer conclusiones.

| Pregunta | Evaluación | Respuesta |
|-----------------|-------------------|--|
| 8 | Pre-test | “Se demostró a través de este experimento la cantidad de tiempo total en oscilar y retornar su posición inicial” |
| | Post-test | “Mediante los resultados obtenidos, podemos concluir que el tiempo que tarda en completar las 10 oscilaciones dependerá de los centímetros recorridos por las distintas masas” |
| 9 | Pre-test | “Demostraría los resultados diferentes en tablas al igual que este ejemplo y con explicaciones detalladas” |
| | Post-test | “Se podría plantear un experimento que demuestre el recorrido de un cuerpo a lo largo del eje x conectado a un resorte el cual se extiende una cantidad x de centímetros” |
| 10 | Pre-test | “Amortiguadores de un carro” |
| | Post-test | “Una balanza por ejemplo representa este modelo físico” |

4.4.4. Conclusiones.

En primer lugar, se observa claramente en los resultados del pre-test de ambos grupos, que los estudiantes llegan a la universidad con una gran carencia en cuanto al proceso de indagación. Sobre todo, en las fases que requieren que el estudiante posea cierta habilidad para relacionar los conocimientos teóricos con las evidencias derivadas del experimento (procesar datos y extraer conclusiones).

Esto puede estar causado, por la poca dotación o la ausencia de recursos en los laboratorios de física en muchas instituciones de educación secundaria y bachillerato (Alfonzo, 2017), lo que hace que los docentes pierdan el interés por la realización de experimentos. Esta situación podría subsanarse con una capacitación dirigida a los docentes en el diseño e implementación de proyectos con materiales de bajo costo o donde se incorporen herramientas tecnológicas.

Asimismo, los resultados del grupo control muestran la poca atención que se le da tradicionalmente al proceso de indagación en las clases de teoría de física I. En consecuencia, los estudiantes pueden aprobar esta asignatura con la capacidad de realizar con cierto dominio una variedad de problemas de los libros de texto, pero con poca habilidad para resolver problemas más cercanos a la vida cotidiana.

Por otra parte, los resultados del post-test del grupo experimental permiten ser optimistas en cuanto a la implementación del MoPICFi, ya que se pudo evidenciar como la mayoría de los estudiantes mejoró en aspectos como la redacción de hipótesis y la identificación de variables. Al respecto, Özdemir y Işık (2015), expresan que las formas de investigación y descubrimiento que los científicos adoptan para estudiar la naturaleza y los problemas, proporcionan a los estudiantes pistas para superar las limitaciones de la enseñanza y los materiales tradicionales de la ciencia.

Sin embargo, en la fase de extraer conclusiones del proceso de indagación, los estudiantes se les dificultó encontrar algún experimento análogo al presentado en la prueba de evaluación, así como redactar una conclusión adecuada. Por consiguiente, se debe prestar más atención durante la implementación del MoPICFi a esta fase, ya que es aquí donde los estudiantes realizan la conexión definitiva entre la teoría, la práctica y las situaciones de su vida cotidiana.

4.5. Estudio sobre las estrategias para aprender a aprender juntos y las habilidades científicas utilizadas por los estudiantes durante la resolución de un problema de física.

4.5.1. Introducción.

Según la UNESCO (2015) en los últimos años la investigación científica se ha enfocado en la resolución de problemas en procura de un desarrollo sostenible. Esto se debe al incremento de los efectos del cambio climático en el mundo, lo que afecta cada vez más las economías de los países y en consecuencia la calidad de vida de las personas.

En este sentido, desde la enseñanza de las ciencias se deben hacer esfuerzos para que en las aulas se resuelvan problemas que pongan a los estudiantes frente a situaciones reales. Asimismo, es importante que este proceso se realice en equipo porque de esta forma los estudiantes aprenderán habilidades sociales necesarias para la implementación de las soluciones encontradas.

Por tal motivo el propósito de este estudio es analizar como los estudiantes trabajan en equipo para resolver problemas de física derivados de situaciones reales, antes y después de la implementación del MoPICFi dentro de la asignatura de física I en la USB.

Aspectos relevantes:

- Resolución colaborativa de problemas.
- Aplicación de las habilidades científicas en la resolución de problemas.
- Experiencias de los estudiantes después de la implementación del MoPICFi.

4.5.2. Metodología.

4.5.2.1. Pregunta de investigación.

- ¿El diseño y la implementación de un modelo pedagógico que promueva la indagación colaborativa de la física mejorará cuantitativamente el rendimiento de los estudiantes en la resolución de problemas en equipo?
- ¿El diseño y la implementación de un modelo pedagógico que promueva la indagación colaborativa de la física a través de la aplicación de estrategias para aprender a aprender con otras personas mejorará el uso de las habilidades científicas durante la resolución de problemas en equipo?

- ¿El diseño y la implementación de un modelo pedagógico que promueva la indagación colaborativa de la física modificará la percepción que tienen los estudiantes sobre las estrategias de aprender a aprender con otras personas?

4.5.2.2. Objetivo.

Caracterizar y comparar, antes y después de la implementación del MoPICFi en las tres variables dependientes siguientes: a) rendimiento; b) habilidades científicas y c) estrategias para aprender a aprender con otras personas, utilizadas por los estudiantes en la resolución de problemas de física en equipo.

4.5.2.3. Participantes.

En este estudio participaron 53 estudiantes los cuales integraron equipos conformados por 4 o 5 estudiantes por cada uno. Además, se consideró solo aquellos equipos en los que la mayoría de los estudiantes participaron tanto en el pre-test como en el post-test, por lo que solo se analizaron los resultados obtenidos por 6 equipos del grupo experimental y 6 equipos del grupo control.

4.5.2.4. Procedimiento.

Todos los estudiantes debían resolver un problema de física en equipo antes (pre-test) y después (post-test) de la implementación del MoPICFi. Específicamente, en el pre-test (ver anexo 4.1), los estudiantes tenían que resolver un problema relacionado con cinemática tomado del libro de Tipler y Mosca (2005), y el post-test (ver anexo 4.2), estaba relacionado con los temas de dinámica y trabajo y energía tomado del libro de Sears, Zemansky, Young, y Freedman (2003).

En este sentido, el pre-test estaba diseñado para conocer la forma en que los estudiantes resolvían los problemas en el bachillerato, y el post-test estaba diseñado para resolverlo después de cursar la asignatura de física I. Sin embargo, se puede decir que los modelos físicos y los cálculos matemáticos necesarios para resolver ambos problemas, eran de un nivel de dificultad similar para cada grupo de estudio.

Por lo tanto, se determinaron las mismas categorías para evaluar las respuestas de los estudiantes en los dos test (ver anexo 4.3), a partir de las habilidades científicas mostradas en la figura 3.7 del capítulo de metodología. Específicamente, las categorías se derivan de las fases de procesar datos (representación gráfica y razonamiento matemático) y extraer conclusiones (argumentación), por lo que se estableció una escala de 0 a 4 puntos para cada una (Puntuación máxima del problema: 12 puntos).

Por otra parte, al finalizar el test cada estudiante tenía que responder un cuestionario con seis preguntas relacionadas con las estrategias de aprender a aprender juntas utilizadas en el proceso de resolución del problema (ver anexo 4.4). Es así como, las primeras dos preguntas estaban dirigidas a conocer las percepciones de los estudiantes sobre el trabajo en equipo.

La tercera, estaba relacionada con el tipo de liderazgo que hubo en el equipo mientras resolvían el problema. Específicamente, si hubo un líder que guiaba en todo momento o si este rol fue variando de persona en persona en distintos momentos.

El propósito de la cuarta pregunta estaba relacionado con el compromiso mutuo, ya que se quería conocer si los aportes de cada uno de los miembros fueron productivos para resolver el problema. En cuanto a la quinta pregunta, la estrategia subyacente era la reflexión grupal y como ésta afectaba a la toma de decisiones para la resolución del problema.

Por último, con la sexta pregunta se trataba de explorar como valoraba cada estudiante el haber trabajado en equipo. Específicamente, si el haber trabajado en equipo les facilitó la resolución del problema o no.

4.5.3. Resultados y discusión.

4.5.3.1. Confiabilidad.

En primer lugar, hay que decir que la confiabilidad de la escala de evaluación de cada categoría fue determinada utilizando la prueba Kappa de Cohen (ver Tabla 4.5.1). De esta forma, según Landis y Koch (1977), se puede decir que en todas las categorías los valores se corresponden con un nivel sustancial de concordancia entre los evaluadores.

Tabla 4.5.1. Resultados del Kappa de Cohen para la escala de evaluación de cada categoría.

| Fase | Categoría | Kappa de Cohen | |
|----------------------|-------------------------|----------------|-------------|
| | | Pre-test | Post-test |
| Procesar datos | Representación gráfica | .917 | .920 |
| | Razonamiento matemático | .830 | .793 |
| Extraer conclusiones | Argumentación | .646 | .858 |
| Total | | .706 | .711 |

4.5.3.2. Resultados y análisis del rendimiento de los estudiantes en la resolución del problema en equipo (pre-test y post-test).

En este apartado se mostrarán los resultados del problema resuelto por los estudiantes en equipo, antes y después de la implementación del MoPICFi. En este sentido, para realizar el análisis cuantitativo de los datos, se estableció la siguiente hipótesis:

- H0: No hay diferencias significativas entre la distribución de los resultados de ambos grupos.
- H1: Si hay diferencias significativas entre la distribución de los resultados de ambos grupos.

En cuanto al desempeño de los estudiantes, en la Figura 4.5.1, se pueden observar las medias de los resultados obtenidos por los equipos según el grupo al que pertenecen. De este modo, se tiene que tanto en el pre-test como en el post-test el grupo experimental tuvo una media superior a la del grupo control.

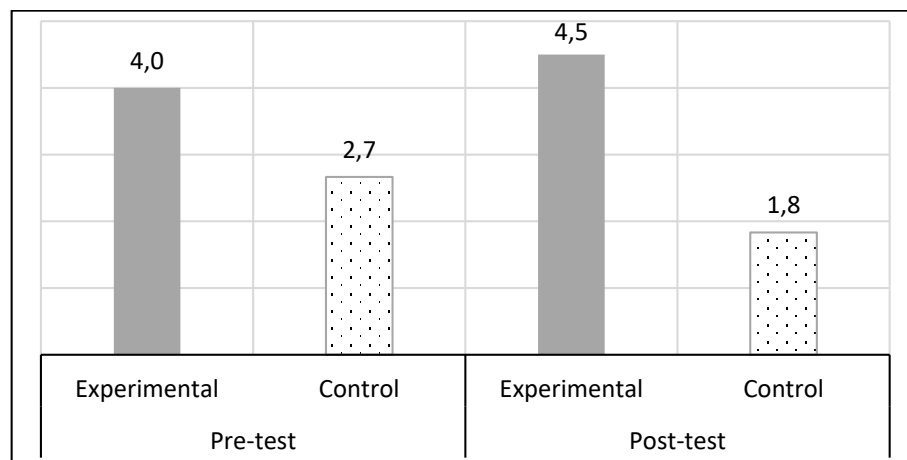


Figura 4.5.1. Medias obtenidas por los equipos en la resolución del problema antes y respuestas de la implementación del MoPICFi.

Sin embargo, para comprobar si estas diferencias fueron significativas y considerando que el tamaño de la muestra era pequeño, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney. Al respecto, DePoy y Gitlin (2016), expresan que esta prueba es similar a la prueba t ya que evalúa las diferencias entre dos grupos, pero que se utiliza en los casos que las variables son ordinales, los datos no tienen una distribución normal o la muestra es pequeña.

De este modo los resultados del pre-test arrojaron un ($U = 11.5$, $p = .284$), cumpliéndose la H_0 , lo que indica que no hubo diferencias significativas entre ambos grupos. Por otra parte, para los datos del post-test se obtuvo como resultado un ($U = 1.5$, $p = .007$), por lo que en este caso se cumple la H_1 , demostrándose que hubo una diferencia significativa entre los resultados del grupo experimental con respecto a los del grupo control.

Por consiguiente, se puede decir que los estudiantes del grupo experimental tras participar en las actividades que se aplicó el MoPICFi mejoraron en la resolución de problemas en equipo. La razón principal de estos resultados puede estar en la aplicación por parte del grupo experimental de las estrategias para aprender a aprender juntos, al contrario que el grupo control en el que los estudiantes solo se agruparon para resolver el problema planteado en esta evaluación.

En este sentido, se puede decir que la aplicación de estas estrategias promueve en los estudiantes habilidades de aprendizaje de alto nivel, las cuales les permitirán posteriormente resolver problemas reales que requieren de planificación y altos niveles de discusión (Dragon et al., 2013b). Además, cuando esta colaboración se realiza en el contexto de un proceso de indagación, puede beneficiar el desarrollo de habilidades científicas (Okada, 2013).

Sin embargo, atendiendo a la puntuación obtenida que se sitúa por debajo del 50%, se puede decir que el rendimiento en esta prueba fue en ambos grupos de un perfil bajo. Por consiguiente, consideramos que la asimilación de las estrategias para aprender a aprender juntos necesita de tiempo (Dragon et al., 2013b), es decir, para que los estudiantes hagan implícitas estas estrategias (Yang et al., 2013), estos deben realizar más actividades de trabajo colaborativo de resolución de problemas.

En conclusión, se puede decir que la indagación colaborativa puede promover en los estudiantes las habilidades necesarias para resolver problemas reales, por lo que es necesario estudiar cuales son estas habilidades, para que los docentes puedan diseñar las ayudas más adecuadas para promoverlas en sus aulas. Por tal motivo, en el próximo apartado se profundizará en estos resultados realizando una caracterización y comparación de las habilidades científicas y de las estrategias de aprendizaje colaborativo utilizadas por cada equipo tanto en el pre-test como en el post-test.

4.5.4.3. Análisis cualitativo de las habilidades científicas desarrolladas por los estudiantes en cada fase del proceso de indagación durante la resolución de un problema en equipo.

Las habilidades científicas utilizadas por los estudiantes durante la resolución del problema están relacionadas principalmente con las fases de procesar los datos y de extraer las conclusiones. Específicamente, en lo que respecta a la representación gráfica, el razonamiento matemático y la argumentación, las cuales serán el centro del siguiente análisis.

a) Análisis de la fase procesar los datos.

Categoría representación gráfica.

Esta categoría está relacionada con las habilidades que tienen los estudiantes para representar sus ideas acerca de una determinada situación, utilizando símbolos o imágenes. Además, puede considerarse como el primer paso para su solución, ya que es cuando el estudiante exterioriza las imágenes mentales que se ha formado a partir del problema planteado.

De este modo, en la Figura 4.5.2, se puede observar que en el pre-test la mitad de los equipos del grupo experimental tuvieron un nivel entre el intermedio y el integrado, en contraste con el grupo control en donde solo un equipo tuvo ese nivel. En este caso esto significa que esos equipos pudieron representar de manera adecuada los vectores necesarios para resolver el problema.

Esto puede estar causado porque en la enseñanza tradicional los estudiantes se preocupan más por llegar al resultado del problema de forma directa, que analizarlo a profundidad para aprender sobre los casos particulares de un determinado modelo físico. Esto coincide con las observaciones de Guisasola et al. (2011), que evidenciaron que los hábitos de resolución de problemas basados exclusivamente en la aplicación de ecuaciones matemáticas, son difíciles de cambiar y les dificultan a los estudiantes el desarrollo de capacidades propias del ámbito científico.

Por otra parte, en el post-test (ver Figura 4.5.2), se pudo observar un pequeño avance en ambos grupos, destacando al grupo experimental, puesto que, la mitad de los equipos pudo alcanzar un nivel integrado de habilidades, mientras que la mayoría de los equipos del grupo control se situaron entre los niveles rudimentario e intermedio.

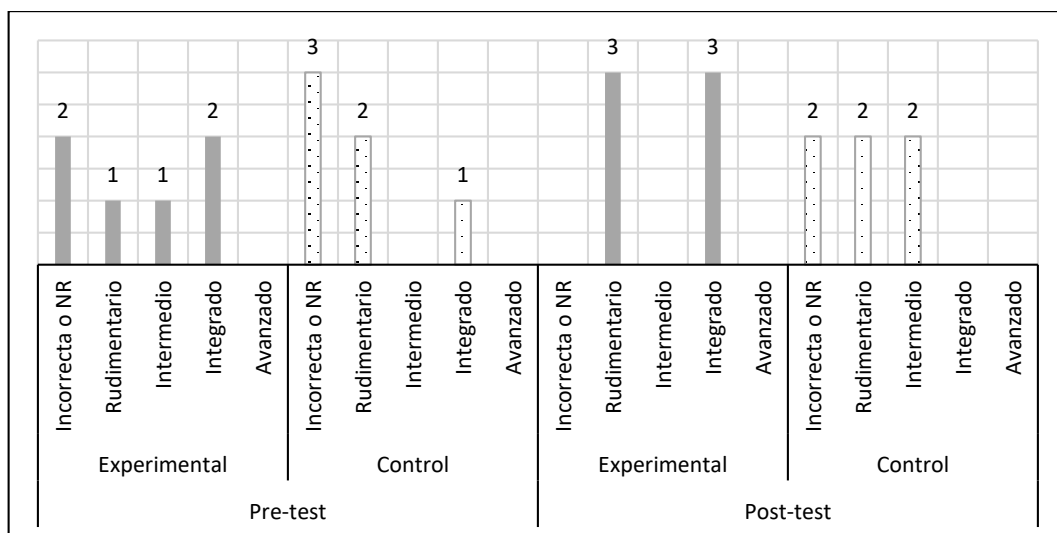


Figura 4.5.2. Resultados de la categoría representación gráfica de acuerdo con el nivel de complejidad cognitiva de las habilidades científicas demostradas por cada equipo.

Por consiguiente, se puede decir que los resultados en ambos test muestran la dificultad que tienen los estudiantes para representar gráficamente la situación planteada en un problema, sobre todo en la realización de diagramas con vectores. Esto coincide con los resultados obtenidos por Aviani, Erceg, y Mešić (2015), en los cuales sus estudiantes mostraron dificultad en la representación gráfica de los vectores de las fuerzas en los diagramas de cuerpo libre en problemas sobre las aplicaciones de las leyes de Newton.

Una forma de superar esta situación es la propuesta por Maries y Singh (2018), los cuales expresan que los docentes no solo deben sugerir a los estudiantes realizar dibujos, también deben guiarlos para que les incorporen la mayor cantidad de información posible, porque esto les facilitaría la resolución del problema. En este sentido, la implementación del MoPICFi dentro de las clases teóricas busca promover en los estudiantes la realización de dibujos que describan las situaciones de los problemas planteados, así como los diagramas vectoriales que sean necesarios para resolverlos.

Además, el MoPICFi apoya el uso de las representaciones gráficas a través de la interacción con simulaciones informáticas, con el propósito de ayudar a los estudiantes en la visualización de los principios físicos. Al respecto, Ceberio, Almudí, y Franco (2016), expresan que este tipo de ayudas puede contribuir a mejorar las habilidades de resolución de problemas de los estudiantes.

Categoría razonamiento matemático.

Esta categoría está relacionada con el conocimiento que tienen los estudiantes en matemáticas y su aplicación en la resolución de problemas de física. Por lo tanto, esta categoría será analizada tanto desde el punto de vista del conocimiento teórico de las matemáticas, así como desde el operativo de los modelos físicos.

En este sentido, se evaluará el conocimiento que tenían los estudiantes sobre los modelos físicos subyacentes al problema planteado, específicamente, en la identificación y aplicación de las ecuaciones necesarias para resolverlo. Asimismo, se evaluarán las habilidades para cálculo matemático que tuvieron los estudiantes de cada equipo.

De esta forma, en el pre-test (ver Figura 4.5.3), se muestra que la mayoría de los equipos del grupo experimental se encontraba en un nivel intermedio de razonamiento matemático, mientras que la mitad de los equipos del grupo control estaban entre el nivel rudimentario y el intermedio. Esto coincide con los resultados obtenidos por Reddy y Panacharoensawad (2017), los cuales encontraron que una de las principales fallas de los estudiantes es la dificultad que tienen para recordar las ecuaciones necesarias para resolver los problemas de física.

Por otra parte, en el post-test (ver Figura 4.5.3), se observa que los seis equipos del grupo experimental alcanzaron un nivel intermedio de razonamiento matemático, mientras que la mitad de los equipos del grupo control alcanzó un nivel rudimentario. Este avance del grupo experimental pudo estar causado por las ayudas proporcionadas durante la implementación del MoPICFi, ya que para resolver el reto científico los estudiantes utilizaron un programa informático para el análisis de los videos del experimento.

Esto coincide con los resultados de Hockicko y Pažická (2014), los cuales obtuvieron que los estudiantes mejoraron su desempeño en la resolución de ecuaciones matemáticas después de la utilización del programa informático Tracker para el análisis de un fenómeno físico. Por consiguiente, se puede decir que el uso de las TIC en el MoPICFi ayuda a los estudiantes a deducir y aplicar las ecuaciones matemáticas más adecuadas para el modelo físico subyacente en un problema.

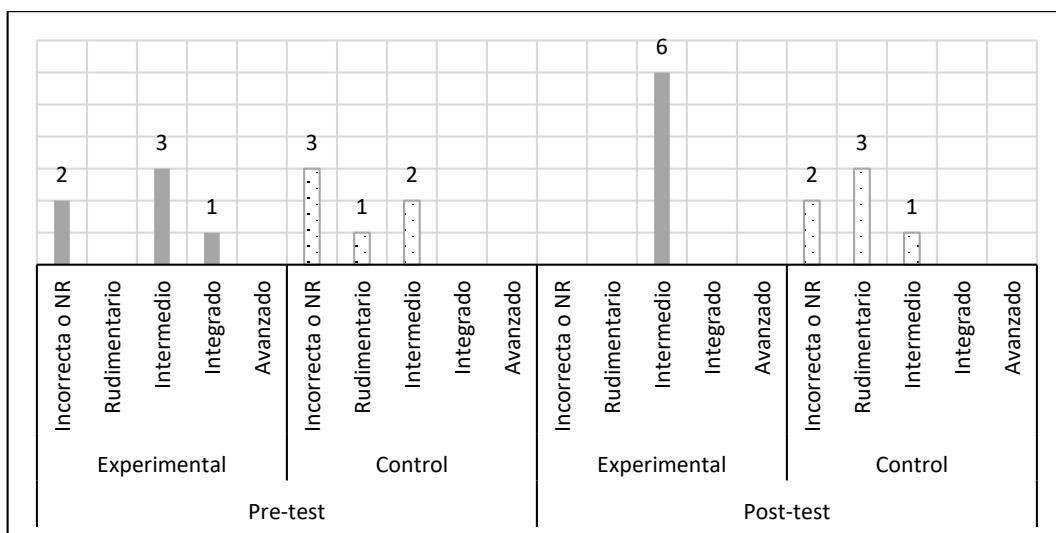


Figura 4.5.3. Resultados de la categoría razonamiento matemático de acuerdo con el nivel de complejidad cognitiva de las habilidades científicas demostradas por cada equipo.

b) Análisis de la fase extraer las conclusiones.

Categoría argumentación.

En esta categoría, se analizó la forma en que los estudiantes expresaban de forma escrita su comprensión del problema, a través de sus descripciones del procedimiento y de las conclusiones a las que llegaban después de realizar los cálculos matemáticos, y así darle respuesta a la pregunta planteada en el problema.

De esta forma, en la Figura 4.5.4 se puede observar que en el pre-test la mayoría de los estudiantes de ambos grupos tenía un nivel rudimentario de argumentación. Esto coincide con las evidencias de Rosolio, Cassan, Llonch, y Sanchez (2017), que encontraron en su estudio que los estudiantes mostraron deficiencias en las habilidades argumentativas, porque estos no conectaban la información del enunciado con la respuesta que daban al problema.

Por otra parte, en el post-test (ver Figura 4.5.4), ninguno de los equipos del grupo control realizaron algún tipo de descripción o explicación sobre el problema planteado. Mientras que dos equipos del grupo experimental pudieron realizar algunas descripciones o explicaciones relacionadas con la pregunta y los modelos físicos subyacentes en el problema, lo que los situó entre un nivel rudimentario e intermedio.

Al respecto, Ceberio, Almudí, y Zubimendi (2014), a partir de resultados similares, expresan que la dificultad que tienen los estudiantes para distinguir entre lo que son pruebas relevantes e irrelevantes, hace que sus argumentos para sustentar la solución de un problema sean deficientes. Una posible causa estaría relacionada con las

observaciones de Benegas y Villegas (2011), los cuales evidenciaron que un trimestre es insuficiente para que los estudiantes puedan desarrollar completamente una metodología de resolución de problemas similar a la de un experto.

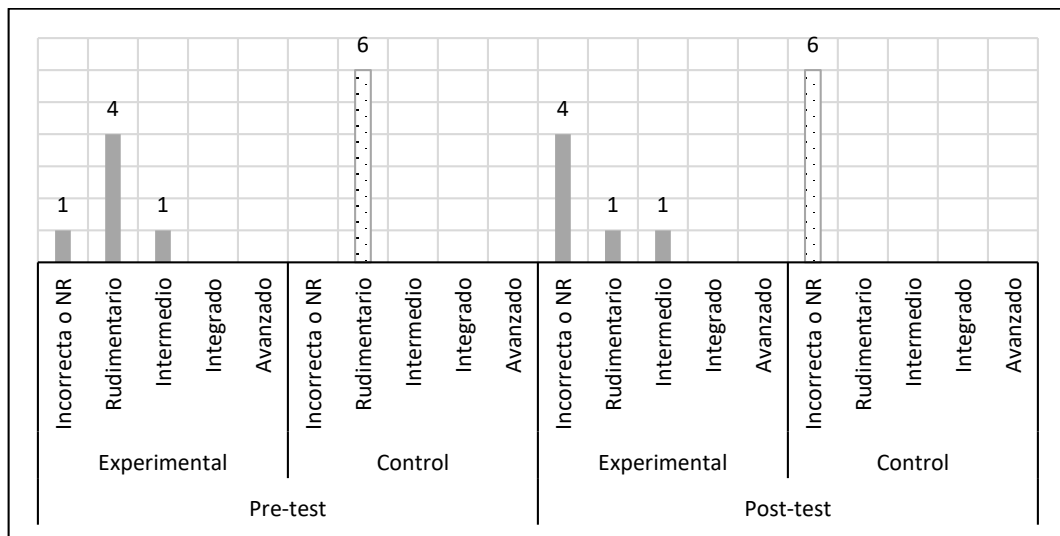


Figura 4.5.4. Resultados de la categoría argumentación de acuerdo con el nivel de complejidad cognitiva de las habilidades científicas demostradas por cada equipo.

Por otra parte, en la Figura 4.5.5, se muestran los niveles de habilidades científicas que tenían los equipos antes y después de la implementación del MoPICFi. En este sentido, se obtuvo que los equipos del grupo experimental se mantuvieron en los mismos niveles de habilidades científicas que tenían antes de la intervención, en donde la mitad de los equipos posee habilidades de intermedias a integradas, mientras que todos los equipos del control se agruparon en un nivel rudimentario.

En consecuencia, se hace evidente la dificultad que tienen los estudiantes para resolver problemas de física en los que tienen que poner en práctica diferentes habilidades como las analizadas en esta investigación. Esto coincide con Gok (2014), que expresa que la enseñanza tradicional no permite que los estudiantes desarrollen habilidades para la resolución de problemas.

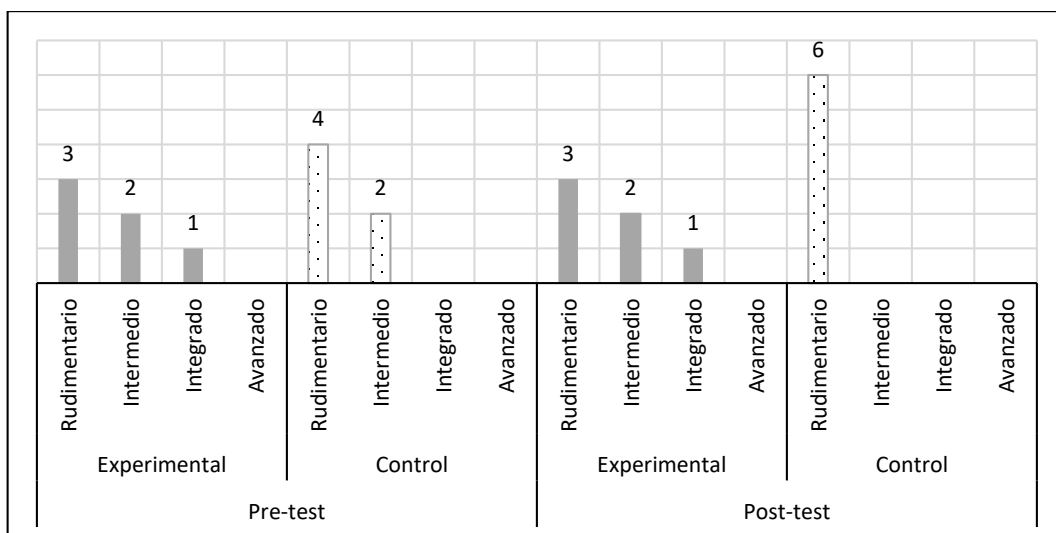


Figura 4.5.5. Resultados del pre-test y del post-test de acuerdo con el nivel de complejidad cognitiva de las habilidades científicas demostradas por cada equipo.

4.5.4.4. Análisis de la percepción de los estudiantes en relación a las estrategias de aprender a aprender con otras personas.

Como se ha detallado en la sección 4.5.2.4. referida al procedimiento seguido en este tercer estudio, después de la resolución del problema en grupo, tanto en el pre como en el post, se pasó un cuestionario en el que se preguntaba a los estudiantes sobre su percepción en el uso de estrategias de trabajo colaborativo relacionadas con el liderazgo distribuido, el compromiso mutuo, los procesos de reflexión en equipo y la percepción de logro del objetivo del equipo en la resolución del problema. En este sentido, a continuación, se analizará la percepción de los estudiantes en cada pregunta de este cuestionario y que nos permite estudiar los cambios en las estrategias concretas de aprendizaje colaborativo.

a) Pregunta 1: Nombra un aspecto positivo del trabajo en equipo.

Tanto en el pre-test como en el post-test la opinión positiva que más destacó entre los estudiantes de ambos grupos fue que al trabajar en equipo, ellos podían compartir diferentes ideas y opiniones, lo cual los ayudaba a resolver el problema (ver Tabla 4.5.2). Al respecto, Pifarré, Martí, y Guijosa (2014), expresan que en una discusión grupal de aprendizaje para resolver un problema comunitario, la novedad significa que se sugieren ideas nuevas y alternativas, pero que al mismo tiempo son razonables y sensatas con respecto al problema en cuestión.

Tabla 4.5.2. Ejemplo de opiniones positivas de dos estudiantes del grupo experimental.

| Estudiante | Evaluación | Respuesta |
|------------|------------|---|
| K | Pre-test | Hay opiniones más variadas y diferentes puntos de vista, lo que puede traer mejores ideas conjuntas y hacer más rápida la toma de decisiones. |
| | Post-test | Más puntos de vista y rapidez de trabajo. |
| L | Pre-test | Unión de ideas, es decir, reunir las ideas para completar un problema. |
| | Post-test | Compañerismo y mayor capacidad para resolver un problema. |

b) Pregunta 2: Nombra un aspecto negativo del trabajo en equipo.

En esta pregunta hubo dos opiniones negativas que más destacaron tanto en el pre-test como en el post-test en ambos grupos, por una parte, la desigualdad en la distribución del trabajo y por otra, la dificultad para establecer consensos sobre los pasos para resolver el problema (Ver Tabla 4.5.3). Esto claramente indica que, durante la resolución del problema, no todos los equipos aplicaron las estrategias para aprender a aprender juntos.

En este sentido, se puede decir que los estudiantes que no aplicaron estas estrategias se les dificultó la convivencia dentro del equipo y en consecuencia la resolución del problema. Al respecto, Yong (2010), expresa que el éxito de cualquier trabajo colaborativo depende no solo de la capacidad lingüística de los estudiantes, sino también de tener la actitud y motivación adecuadas para alcanzar los objetivos planteados.

Tabla 4.5.3. Ejemplo de opiniones negativas de dos estudiantes del grupo experimental.

| Estudiante | Evaluación | Respuesta |
|------------|------------|--|
| M | Pre-test | Ciertos integrantes del equipo tienden a aflojar y a valerse de los demás. |
| | Post-test | Muchas veces unos se valen de otros. |
| N | Pre-test | Los diferentes puntos de vista pueden generar un descontento en el equipo. |
| | Post-test | No escuchar las opiniones de los demás. |

c) Pregunta 3: ¿Hubo un líder que guiara el proceso de solución del problema?

Esta pregunta estaba relacionada con la estrategia de AAJ liderazgo distribuido. Específicamente, con la percepción que tenían los estudiantes sobre el rol del liderazgo dentro del equipo y su influencia en la solución del problema.

De esta manera, en la Figura 4.5.6, se puede observar que en el pre-test casi la totalidad de los estudiantes de ambos grupos, afirmaron que cada uno pudo tomar decisiones que ayudaron a resolver el problema. Estos resultados pueden ser consecuencia de que en general los estudiantes no conocían a los demás compañeros previamente, aunado con una cierta inseguridad sobre lo que conocían del tema, pudo hacer que tuvieran poca iniciativa al momento de proponer ideas para la solución del problema.

En cambio, en el post-test (ver Figura 4.5.6), un 36,8 % de los estudiantes del grupo experimental opinaron que solo una persona era la que guiaba el proceso de resolución del problema. Esto pudo estar causado porque algunos estudiantes de este grupo, después de haber trabajado en equipo durante todo el curso, tendrían la confianza y el conocimiento suficiente como para liderar la resolución del problema.

Al respecto, Gorgemans, Alcalá, y Gómez-Ibanéz (2017), expresan que dos aspectos que caracterizan a un líder dentro de un equipo de trabajo son, el dominio sobre el tema y su nivel de participación en las tareas planificadas. Sin embargo, estos “líderes” deben ser conscientes de su rol y permitir la participación de los otros, para que todos tengan la confianza suficiente de que pueden hacer aportes de calidad para resolución del problema.

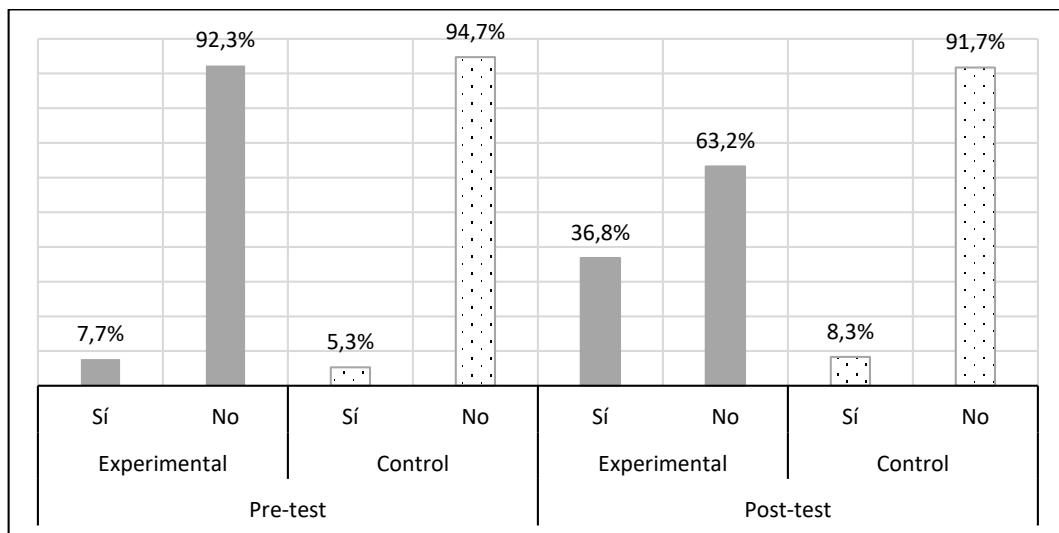


Figura 4.5.6. Resultados de la pregunta 3 del cuestionario sobre la resolución de problemas en grupo.

d) Pregunta 4: ¿Todos contribuyeron de manera productiva a la solución del problema?

Esta pregunta estaba relacionada con la estrategia de AAJ compromiso mutuo. Concretamente, el propósito era conocer la percepción de los estudiantes sobre la calidad de las aportaciones realizadas por cada miembro del equipo.

En este sentido, como se observa en la Figura 4.5.7, en el pre-test aproximadamente un 70 % de los estudiantes de ambos grupos, expresó que todos pudieron realizar aportes de calidad para la solución del problema. Sin embargo, en el post-test, en el grupo experimental aumentó la cantidad de estudiantes que expresaron que todos realizaron aportes de calidad para resolver el problema, mientras que en el grupo control disminuyó.

Estos resultados del grupo experimental podrían estar asociados a la aplicación de la estrategia compromiso mutuo en la resolución del problema, la cual fue promovida en las sesiones de tutoría durante la implementación del MoPICFi. Sin embargo, por lo menos la cuarta parte de estos estudiantes aún opina que unos trabajaron más que otros durante la resolución del problema.

Este resultado se alinea con lo expresado por Yong (2010), cuando afirma que los participantes que trabajan en comunidad, desarrollan un sentido de identidad que se define e integra durante el compromiso mutuo, pero cuando estas interacciones se prolongan en el tiempo, es probable que surjan momentos de tensión. En consecuencia, al generarse momentos conflictivos durante el trabajo en equipo, los estudiantes tendrán menos tiempo para dedicarle a la solución del problema.

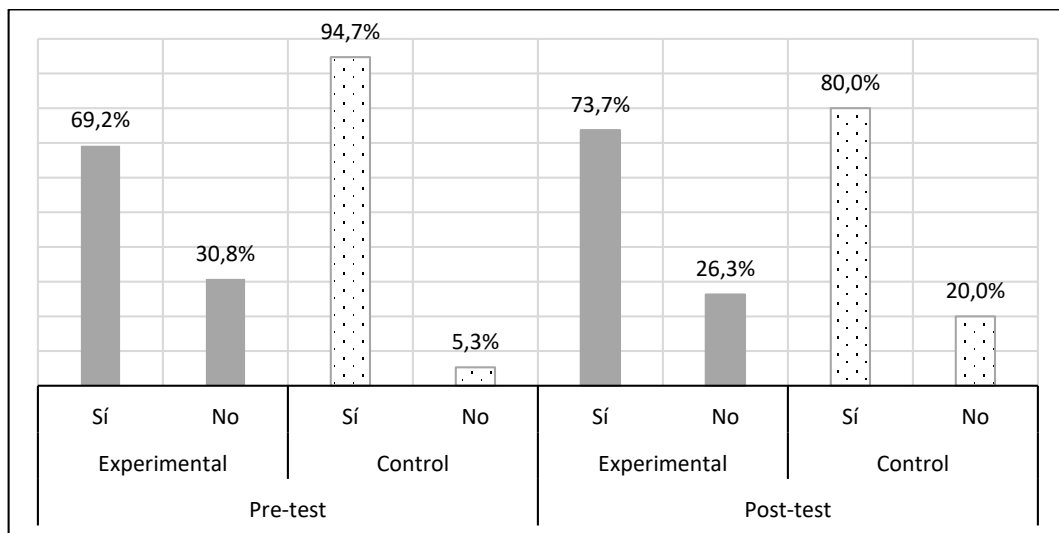


Figura 4.5.7. Resultados de la pregunta 4 del cuestionario sobre la resolución de problemas en grupo.

e) Pregunta 5: ¿Cómo fue la toma de decisiones dentro del grupo?

En la Figura 4.5.8 se muestra la pregunta relacionada con la reflexión grupal, en la cual se medía específicamente si las decisiones las tomaba siempre la misma persona o si la situación planteada era analizada por todos los miembros del equipo, antes de realizar algún procedimiento.

En este sentido, se puede observar que en el pre-test todos los estudiantes del grupo control y un alto porcentaje del grupo experimental, expresaron que tomaron las decisiones en equipo. Mientras que en el post-test, este porcentaje aumentó en los estudiantes del grupo experimental y disminuyó en el grupo control.

Estos resultados podrían indicar que todos los estudiantes del grupo experimental pusieron en práctica la estrategia de reflexión grupal para resolver el problema. Por lo

tanto, se puede afirmar que estos estudiantes han consolidado su percepción sobre la importancia de los consensos en la toma de decisiones para resolver un problema.

Al respecto, Barkley, Cross, y Major (2014), expresan que tomar decisiones por consenso le permite que los miembros del equipo sientan que sus ideas son incorporadas en la planificación de la solución del problema. Asimismo, Harney, Hogan, y Quinn (2017), afirman que si entre los miembros del grupo hay un alto nivel de consenso en cuanto a las decisiones y conclusiones clave, el progreso hacia la solución del problema puede ser más fácil de alcanzar.

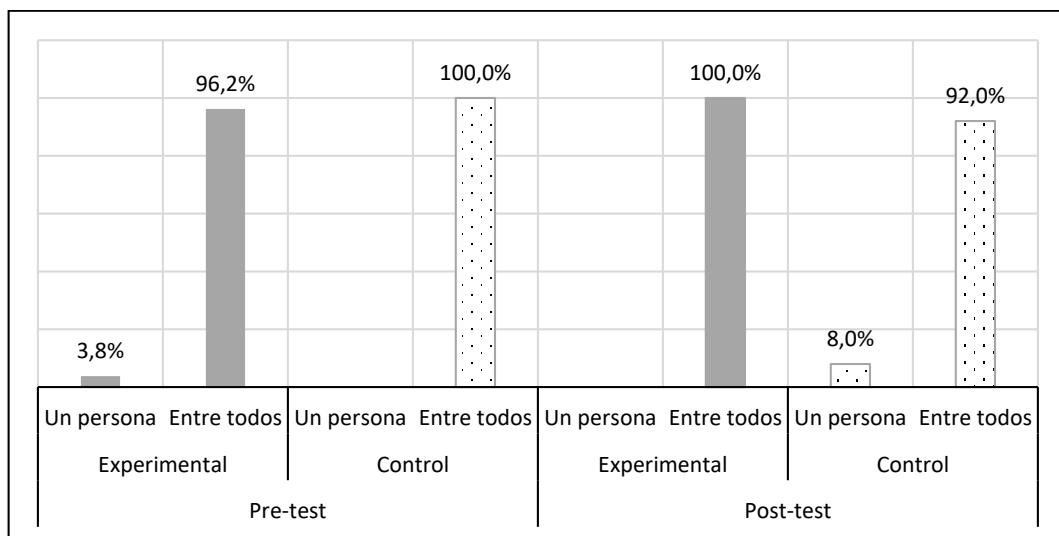


Figura 4.5.8. Resultados de la pregunta 5 del cuestionario sobre la resolución de problemas en grupo.

f) Pregunta 6: ¿Haber trabajado en grupo ayudó a resolver el problema?

Esta pregunta estaba relacionada con la estrategia de evaluación grupal, la cual es utilizada por los equipos para valorar los aportes realizados por cada uno de los miembros en función del cumplimiento del objetivo planteado. En este caso, los estudiantes evaluarían el éxito o el fracaso del equipo en función de la resolución del problema.

Al respecto, en la Figura 4.5.9 se puede observar que en el pre-test casi todos los estudiantes de ambos equipos opinaron que haber trabajado en equipo si les ayudó a resolver el problema. Este resultado pudo estar causado porque la mayoría de los equipos de cada grupo, alcanzó la solución del problema.

En cambio, en el post-test, el porcentaje del grupo experimental se mantuvo casi igual, mientras que en el grupo control cayó por debajo del 50 %. Por consiguiente, se puede decir que después de la implementación del MoPICFi los estudiantes del grupo experimental asocian el éxito en la resolución de problemas con el trabajo en equipo, al contrario de los estudiantes del grupo control.

En este sentido, las ayudas pedagógicas planteadas en el MoPICFi, mejoró la percepción de los estudiantes del grupo experimental sobre la resolución colaborativa de problemas. Esto coincide con Luckin, Baines, Cukurova, Holmes, y Mann (2017), cuando expresan que el éxito de la resolución colaborativa de problemas depende de cómo los profesores organicen las estrategias, establezcan las tareas, se relacionen con los grupos y los apoyen.

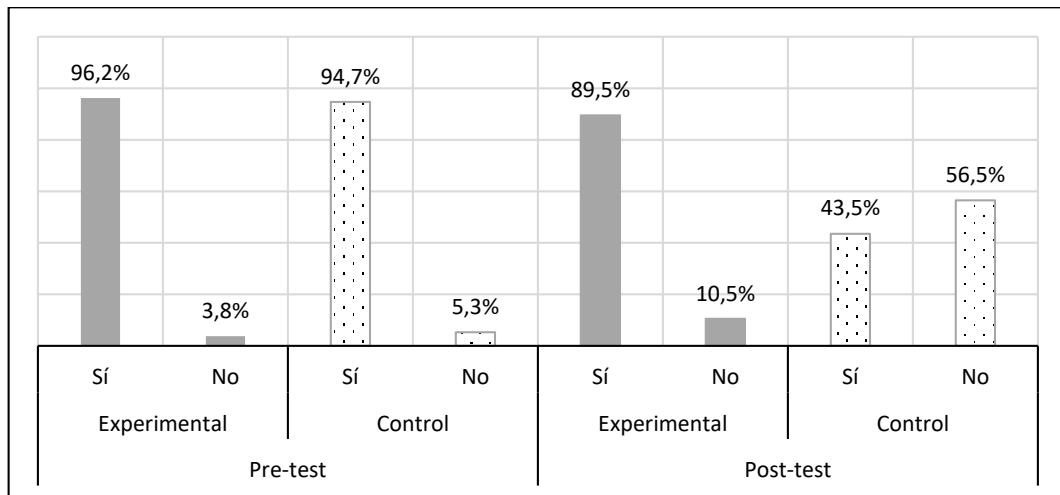


Figura 4.5.9. Resultados de la pregunta 6 del cuestionario sobre la resolución de problemas en grupo.

4.5.4. Conclusiones.

En primer lugar, los resultados del pre-test muestran que la mayoría de los estudiantes poseen un bajo nivel de habilidades científicas (nivel rudimentario), sobre todo al momento de describir y argumentar los pasos para la solución del problema. Lo que demuestra que en la enseñanza tradicional la resolución de problemas solo ha permitido desarrollar algunas habilidades matemáticas.

Esto coincide con Guisasola et al. (2011), cuando expresan que los estudiantes que siguen cursos de física general en la universidad en formatos de enseñanza basada en la transmisión de conocimientos, son capaces de resolver problemas cuantitativos similares a los que aparecen en los libros de texto al final de los capítulos, pero que suelen ser incapaces de explicar el significado de sus propias soluciones numéricas a los problemas.

Por otra parte, los resultados relacionados con las estrategias de AAJ mostraron que los estudiantes tuvieron dificultades para interactuar con sus compañeros durante la resolución del problema. Al respecto, Saab et al. (2012), expresan que los estudiantes que trabajan en un entorno de aprendizaje en colaboración no solo pueden tener

dificultades para realizar los procesos de indagación de manera eficiente; a menudo no saben cómo colaborar de manera efectiva.

Sin embargo, Garcia-Mila, Gilabert, Erduran, y Felton (2013), han encontrado que cuando los estudiantes se involucran en un diálogo argumentativo para llegar a un consenso con un compañero en lugar de persuadirlo, producen una mayor variedad de estructuras complejas de argumentos. En consecuencia, los estudiantes podrán descubrir los modelos físicos subyacentes en colaboración con sus compañeros y podrán aplicar estos conocimientos en contextos reales.

CAPITULO 5. CONCLUSIONES FINALES

5.1. Conclusiones.

Para darle solución al problema planteado en el primer capítulo, se diseñó y aplicó un modelo pedagógico que, a través de la indagación colaborativa, permitiera a estudiantes universitarios, comprender los conceptos físicos, desarrollar habilidades científicas, aprender estrategias para mejorar el trabajo en equipo, y promover en estos un cambio en la percepción que tenían acerca del aprendizaje de la física. En este sentido, para evaluar la efectividad de este modelo, se realizaron análisis cuantitativos y cualitativos de los aspectos mencionados anteriormente, los cuales serán mostrados a continuación.

5.1.1. Revisión de la literatura.

Para la presente investigación se hicieron dos revisiones de la literatura, con el propósito de conocer, por un lado, los referentes teóricos que la sustentarían. Como resultado de la primera revisión se determinó como referentes a la teoría sociocultural (Vygotsky, 1978), la teoría de los campos conceptuales (Vergnaud, 1990), y el proceso de indagación.

A partir de la teoría sociocultural, se derivaron dos de los componentes fundamentales para el modelo pedagógico como son las ayudas pedagógicas (Scaffolding) y el aprendizaje colaborativo, ya que se debía proveer a los estudiantes de una estructura de ayudas que les permitieran realizar las actividades con cierta autonomía.

En segundo lugar, la teoría de los campos conceptuales, serviría como herramienta al docente para determinar los conceptos básicos que debían conocer los estudiantes y compararlos con sus concepciones. Por último, el proceso de indagación permitiría diseñar diferentes actividades que integraran los conocimientos teóricos con los fenómenos reales, lo que permitiría a los estudiantes alcanzar la comprensión conceptual, a la vez que desarrollaban habilidades científicas y sociales.

Por otro lado, considerando los referentes teóricos antes mencionados, la segunda revisión consistió en la búsqueda de artículos dentro de la enseñanza de la física a nivel universitario, con el propósito de analizar como las ayudas pedagógicas influían en el desarrollo de habilidades científicas, de estrategias de aprendizaje colaborativo y en la comprensión conceptual. Como consecuencia de esta revisión, se pudo conocer las estrategias más efectivas, lo que permitió diseñar la metodología de implementación del modelo pedagógico.

5.1.2. Diseño del modelo pedagógico.

El modelo pedagógico se conformó a partir de cuatro componentes principales, el campo conceptual de la asignatura, el proceso de indagación, las ayudas pedagógicas y el aprendizaje colaborativo. Estos componentes a su vez, contienen elementos que permiten que el modelo pedagógico pueda ser aplicado a través de secuencias didácticas diseñadas a partir de la estructura de la asignatura (distribución de las horas de clase, la cantidad y forma de las evaluaciones), así como, en los roles de los agentes educativos involucrados (incorporación de los preparadores académicos, la mediación del docente y la participación activa de los estudiantes).

De esta manera, el componente campo conceptual estaba conformado por situaciones relacionadas con los tres temas principales de la asignatura de física I (Cinemática, dinámica y trabajo y energía), incluyendo los conceptos y las representaciones subyacentes a cada situación. Además, este CC permitió la planificación de las actividades de las clases teóricas, la determinación del reto que debían resolver los estudiantes y la evaluación de su aprendizaje.

En cuanto al proceso de indagación, a partir de las clasificaciones de diferentes autores (Pedaste et al. (2015); Domènech (2013); Mikroyannidis, Okada, Correa, y Scott (2016); Nichols, Burgh, y Kennedy (2017); Dedić (2014); Seraphin, Philippoff, Parisky, Degnan, y Warren (2013)) se establecieron las fases que seguirían los estudiantes para resolver el reto propuesto por el docente, las cuales son: establecer el problema, diseñar el experimento, recolectar los datos, procesar los datos, extraer las conclusiones y divulgar la investigación.

El tercer componente lo constituían las ayudas pedagógicas, las cuales considerando la clasificación de Hannafin, Land, y Oliver (1999); Kao, Lehman, y Cennamo (1996), pueden ser: conceptuales, metacognitivas, procedimentales, estratégicas y técnicas. Estas ayudas pueden ser aplicadas en clase, según los criterios resaltados en la revisión realizada (resolución de problemas, las tecnologías de información y comunicación, y las actividades experimentales).

Por último, el modelo incorpora al componente de aprendizaje colaborativo, el cual se basa en la participación activa de los miembros de un equipo para alcanzar juntos un objetivo común. Para tal fin, se crearon cuatro estrategias con el propósito de que las interacciones dentro del equipo fueran lo más efectiva posibles, las cuales son: liderazgo distribuido, compromiso mutuo, reflexión grupal y evaluación entre pares.

5.1.3. Efectividad del MoPICFi.

Desde un punto de vista cuantitativo, se puede decir que el MoPICFi fue efectivo en los aspectos relacionados con la comprensión conceptual, el desarrollo de habilidades científicas y la resolución de problemas en equipo, ya que el desempeño de los estudiantes del grupo experimental en las pruebas de evaluación y en la resolución de problemas, fue mejor que las del grupo experimental.

Por otra parte, desde un punto de vista cualitativo, los resultados mostraron que los estudiantes del grupo experimental acercaron sus concepciones a los conceptos contenidos en el campo conceptual de referencia. Además, estos estudiantes evidenciaron una mejora en el nivel de complejidad cognitiva de sus habilidades científicas y demostraron un cambio en la percepción que tenían acerca del aprendizaje de la física a través del trabajo en equipo y el proceso de indagación.

Además, nuestro trabajo ha realizado un análisis en profundidad de cada uno de estos aspectos para comprender el alcance del MoPICFi para la enseñanza y aprendizaje de la física. Por tal motivo, se realizaron cuatro estudios cuyas conclusiones se muestran a continuación.

5.1.4. Percepciones de los estudiantes sobre el aprendizaje de la física.

En primer lugar, se encontró que la mayoría de los estudiantes que participaron en esta investigación tenían un nivel suficiente para cursar la asignatura de física I. Sin embargo, investigadores como Alfonzo (2017), han encontrado que los estudiantes están avanzando dentro del sistema educativo sin las competencia mínimas para afrontar los niveles superiores.

Lo anterior tiene dos consecuencias, por una parte, los estudiantes que llegan a la universidad con un bajo nivel académico se les hará casi imposible permanecer en él, lo que los lleva a desertar y por consiguiente con el tiempo disminuirán el número de profesionales capacitados que necesita la sociedad. Por otra parte, las universidades tendrían que bajar el nivel de exigencia de las asignaturas, permitiendo mantener el número de egresados, pero sin garantizar la cualificación de estos para los puestos de trabajo a los que se postulen.

Para evitar esto, la Universidad Simón Bolívar, desde hace varios años ha implementado dos programas, uno dirigido a mejorar las competencias matemáticas, en ciencias y en habilidad verbal de estudiantes del último año de bachillerato de instituciones públicas (PIO). El otro, dirigido a mejorar el nivel académico de los

estudiantes que ingresan a esta universidad a través de asignaturas relacionadas con las carreras a las que pertenecerán los estudiantes una vez superado este periodo de nivelación.

Por otra parte, a partir de la revisión bibliográfica y las opiniones de los estudiantes, nuestro estudio halló que la enseñanza tradicional está basada en la resolución de problemas de libros de texto, cuyas soluciones solo requieren la aplicación adecuada de las ecuaciones correspondiente. Lo cual les facilita a los estudiantes la realización de un mayor número de problemas pero que no les permite profundizar en el análisis de los modelos físicos y por consiguiente su comprensión.

Al respecto, Ding, Reay, Lee, y Bao (2011), expresan que este tipo de problemas no permite a los estudiantes conectar la solución de estos problemas con los modelos físicos. Además, los estudios de Zajkov, Gegovska-Zajkova, y Mitrevski (2017), han encontrado que algunos problemas de los libros de texto presentan fallas que podrían promover concepciones erróneas en los estudiantes.

En otro orden de ideas, en la presente investigación se ha demostrado que la implementación del MoPICFi cambió la forma en que los estudiantes utilizan regularmente para el aprendizaje de la física. Por consiguiente, se puede decir que este modelo pedagógico ayudó a los estudiantes a mejorar sus técnicas de estudio, lo que podría mejorar su rendimiento académico.

Por último, la implementación del MoPICFi reforzó la opinión de los estudiantes en cuanto a la importancia que tiene esta asignatura para sus carreras y su futuro profesional. En consecuencia, la mayoría de los estudiantes estuvieron de acuerdo en que esta asignatura pudiera mejorar si se incorporara de forma permanente la realización de proyectos que sigan el proceso de indagación colaborativa.

5.1.5. Comprensión conceptual de la física.

En primer lugar, los resultados mostraron una mejora del desempeño de los estudiantes del grupo experimental en lo que respecta a las medias obtenidas en las pruebas de evaluación en los temas de cinemática y trabajo y energía. Esto pudo estar causado por la conexión de estos temas con el reto que debían resolver los estudiantes, sobre todo, con los conceptos relacionados con el movimiento en dos dimensiones.

Asimismo, esta mejora pudo estar causada porque los equipos siguieron el proceso de indagación de forma colaborativa, lo cual según Saab, van Joolingen, y van Hout-Wolters (2012), puede mejorar el rendimiento de los estudiantes y su nivel de aprendizaje de

conceptos de física. Además, investigaciones como las de Hockicko (2011), y Spodniaková-Pfefferová (2015), permiten afirmar que las ayudas pedagógicas basadas en las TIC, pudieron influenciar en la comprensión conceptual de los estudiantes en estos temas.

Sin embargo, en el tema de dinámica, los estudiantes de ambos grupos (experimental y control), tuvieron un desempeño similar, es decir, las medias obtenidas en el pre-test por cada uno fueron las mismas que las que obtuvieron en el post-test. Esto evidencia la persistencia de algunas concepciones que se alejan de los conceptos aceptados por la comunidad científica y que se encuentran en el campo conceptual de referencia.

Al respecto, Handhika, Cari, Soeparmi, y Sunarno (2016), expresan que la integración del lenguaje de las matemáticas y la física es absolutamente necesaria para reducir las concepciones erróneas en este tema. Por consiguiente, la enseñanza de este tema debe incluir ayudas pedagógicas para comprender los modelos físicos, así como para mejorar el razonamiento matemático de los estudiantes.

5.1.6. Desarrollo de habilidades científicas.

Nuestro trabajo muestra un avance significativo de los estudiantes del grupo experimental con respecto al grupo control en relación al desarrollo de las habilidades científicas. Desde nuestro punto de vista, este resultado evidencia que la implementación del MoPICFi influyó positivamente en esta variable.

Asimismo, se demostró que la metodología de enseñanza tradicional no promueve el desarrollo de habilidades científicas. En el caso venezolano esto puede estar causado por los escasos recursos didácticos disponibles en las instituciones educativas (sobre todo públicas), lo cual ha sido reflejado en estudios como el de Alfonzo (2017).

Por otra parte, se puede decir que el MoPICFi permitió que los estudiantes alcanzaran niveles de habilidades adecuados en fases como diseño del experimento, recolectar y procesar datos y divulgar la investigación, lo que los hace capaces de seguir un proceso de indagación con más autonomía. La cual correspondería con un proceso de indagación abierta, que según McComas (2014), representa a la investigación auténtica, ya que el estudiante tendría la libertad suficiente solucionar problemas basándose en su experiencia y en las habilidades adquiridas.

Sin embargo, en fases como la de establecer el problema o extraer conclusiones los estudiantes de ambos grupos mostraron un nivel rudimentario de habilidades científicas. Estos resultados pueden estar asociados a la desconexión que existe en las clases

tradicionales entre la teoría y la práctica, por lo tanto, se deben realizar más actividades que promuevan la indagación dentro de las clases teóricas.

5.1.7. Resolución colaborativa de problemas de física.

De forma general, los resultados muestran que los estudiantes del grupo experimental lograron consolidar un buen nivel de habilidades científicas durante la resolución de un problema en equipo. Además, las percepciones de los estudiantes del grupo experimental y después de la implementación del MoPICFi indican que los estudiantes tienen una mayor capacidad para resolver problemas en contextos reales en equipo.

En el caso de las estrategias para aprender a aprender juntos, se pudo evidenciar que algunas fueron puestas en prácticas y otras no. En primer lugar, nuestros datos indican que los estudiantes mejoraron en la estrategia de reflexión grupal, ya que la totalidad de los estudiantes del grupo experimental respondió en el post-test que la toma de decisiones se realizó con la participación de todos los miembros del equipo.

En relación a la estrategia de compromiso mutuo, fue una de las estrategias en la que los estudiantes tuvieron una mayor percepción de que todos contribuyeron de manera productiva en la solución del problema. Esto coincide con Iborra y Izquierdo (2010), los cuales expresan que en un grupo colaborativo existe, pues, una autoridad compartida y una aceptación por parte de los miembros del grupo de la responsabilidad de las acciones y decisiones del grupo.

Por otra parte, cabe apuntar que los estudiantes del grupo experimental mostraron algunos problemas para aplicar la estrategia de liderazgo distribuido, ya que en el post-test aumentó el porcentaje de estudiantes que opinó que hubo un líder que guiaba el proceso de resolución del problema. Este hecho pudiera explicarse porque la historia de trabajo conjunto repercute en el establecimiento de roles basados en las competencias de sus miembros. En esta línea se sitúa lo expresado en la investigación de Gorgemans, Alcalá, y Gómez-Ibanéz (2017), en la que se afirma que algo que caracteriza a este tipo de líderes es el dominio del tema y la participación activa en la resolución de problemas.

Sin embargo, estos resultados nos alientan a trabajar en un futuro para desarrollar la estrategia del liderazgo distribuido en los grupos ya que el excesivo liderazgo de alguno de los miembros del grupo puede generar malestar entre los demás compañeros y, por consiguiente, afectar la convivencia necesaria para el cumplimiento de los objetivos planteados. En esta línea se expresa Lillo (2013), en su trabajo señala que la evaluación

grupal es clave para supervisar el adecuado funcionamiento del equipo y del aprendizaje que surge de este, a través de una “construcción global y coordinada del conocimiento” que aportan los integrantes.

Por último, en cuanto a la percepción de los estudiantes sobre cómo el trabajo en equipo les ayudó a solucionar el problema, nuestros datos indican que la mayoría del grupo experimental tuvo una opinión positiva al trabajo realizado en equipo. Desde nuestro punto de vista, creemos que el modelo de aprendizaje colaborativo de la física implementado ha contribuido a esta percepción positiva del alumnado en realización al aprendizaje y trabajo en equipo. En este sentido, destacamos las palabras de Luckin, Baines, Cukurova, Holmes, y Mann (2017), que expresan que la organización de las actividades por parte de los docentes, puede influir en el éxito de la resolución colaborativa de problemas.

5.2. Contribuciones.

El modelo pedagógico de indagación colaborativa de la física es la primera contribución reseñable de esta investigación, ya que nuestro modelo logra interconectar los elementos clave para un buen aprendizaje, como son: el aprendizaje colaborativo, la indagación, los modelos físicos y las ayudas pedagógicas. Además, este modelo permite implementar estos elementos en una secuencia didáctica en el contexto de una asignatura de nivel universitario en donde estos aspectos son poco trabajados, ya que su estructura es más tradicional (Harney et al., 2017).

En segundo lugar, el campo conceptual construido en el marco de esta investigación, permite a los docentes de física conocer cuáles son los conceptos básicos que deben aprender los estudiantes, así como discernir los conceptos que los estudiantes pueden presentar una mayor dificultad de aprendizaje y que requieren del diseño de estrategias didácticas concretas que ayuden a su aprendizaje. Además, el hecho de haber mostrado en detalle cómo construir un campo conceptual en unos temas concretos puede ayudar a los docentes de otras asignaturas de física o áreas de las ciencias, a elaborar uno propio con los mismos criterios y comparar luego los resultados obtenidos.

En tercer lugar, se ha profundizado en algunos conceptos que permiten que esta investigación pueda contribuir con el cuerpo de conocimientos que se encuentra actualmente. Tal es el caso de las ayudas pedagógicas, cuya definición permite establecer las ayudas más adecuadas según el contexto en el que se aplicarán.

Finalmente, a partir de una revisión bibliográfica de los estudios realizados por (Pedaste et al. (2015); Domènech (2013); Mikroyannidis, Okada, Correa, y Scott (2016); Nichols, Burgh, y Kennedy (2017); Dedić (2014); Seraphin, Philippoff, Parisky, Degnan, y Warren (2013)) se ha propuesto que el proceso de indagación esté conformado por seis fases, lo que facilitará el diseño de las actividades para la implementación del modelo pedagógico. Además, esta tesis contribuye con una clasificación de las habilidades científicas por cada fase del proceso de indagación, elaborada a partir de una adaptación y ampliación de la realizada Wenning (2010). La cual proporciona una guía a los docentes sobre las habilidades que se deben evaluar en cada fase y por consiguiente aplicar las ayudas pedagógicas más pertinentes.

5.3. Limitaciones y futuras líneas de investigación.

Una de las principales limitaciones fue la dificultad en la organización inicial para conformar los equipos, este contratiempo fue causado por la tardía incorporación de los estudiantes en la asignatura, lo que impactó de forma negativa en el número de estudiantes que realizaron los pre-test y asistieron a la primera tutoría. Este hecho también afectó el aprendizaje de las estrategias para aprender a aprender juntos y, por consiguiente, las interacciones dentro del equipo y su desempeño en la realización del proyecto.

Al respecto, Shipman (2014), expresa que cuando los casos son únicos las muestras dejan de ser representativas. En consecuencia, consideramos que los resultados obtenidos en esta investigación solo podrían extrapolarse a las universidades venezolanas, las cuales poseen un contexto socio-económico similar.

En segundo lugar, la cantidad de estudiantes por cada sección tuvo un impacto negativo en el número de miembros dentro de cada equipo, ya que se tuvieron que conformar equipos de cuatro o cinco, lo que dificultó que todos los miembros del equipo participaran activamente en la realización de las actividades. Al respecto, Cuesta y Benavente (2014), expresan que una cantidad de estudiantes muy numeroso en un curso, puede constituir una dificultad al momento de implementar estrategias basadas en la indagación colaborativa.

En tercer lugar, se observó que, en algunos momentos dentro del proceso de indagación, los estudiantes no ponían en práctica las estrategias para aprender a aprender juntos que tenían en las tarjetas asignadas; esto dificultaba la toma de decisiones dentro

del equipo y por consiguiente el alcance de los objetivos propuestos para esa sesión de tutoría o de clase teórica. Esto pudo estar causado porque los estudiantes no estaban acostumbrados a trabajar en equipo cumpliendo con una serie de normas, esto mejoraría proporcionándoles un material escrito sobre el trabajo en equipo con ejemplos de situaciones en donde se ponen practicas estas estrategias.

En cuarto lugar, uno de los principales problemas para realizar una intervención basada en la indagación colaborativa es el tiempo. Un ejemplo de esto es lo expresado por Barkley, Cross, y Major (2014), cuando afirman que a los estudiantes les lleva mucho tiempo llegar a consensos dentro de la toma de decisiones en equipo, lo que traería como consecuencia que no puedan terminar las actividades a tiempo. Esto se solventaría con una organización más precisa de las actividades que deben realizar los estudiantes en cada sesión de tutoría o de clase teórica, incluyendo tareas que puedan realizar fuera del aula de clase.

En quinto lugar, la evaluación de las habilidades científicas se limitó a las fases del proceso de indagación sobre establecer el problema, diseñar el experimento, procesar los datos y extraer las conclusiones, dejando de lado las fases de recolectar los datos y divulgar la investigación, debido a que no se contó con el tiempo y los recursos necesarios para su evaluación. Por lo tanto, sería importante encontrar la técnica más adecuada y diseñar un instrumento, que pueda medir las habilidades científicas de los estudiantes tanto en lo conceptual como en lo práctico, por ejemplo, utilizar el programa de análisis de video y que los estudiantes realicen determinadas medidas (fase de recolectar los datos) o que los estudiantes realicen una presentación final de los proyectos realizados y que estos puedan ser evaluados mediante una rúbrica (fase divulgar los resultados).

Sin embargo, tomando en cuenta estas limitaciones, la presente investigación puede servir como punto de partida para futuras investigaciones, puesto que, el MoPICFi está diseñado para adaptarse a diversos contextos geográficos (diferentes países), niveles educativos (primaria, secundaria, bachillerato, universidad), participantes (docentes en formación o ejerciendo) o áreas de conocimiento (otras ciencias). Ya que el propósito principal es facilitar a los docentes la incorporación de elementos innovadores a sus clases y su posterior evaluación, a través de una estructura que ha sido diseñada tomando en cuenta los referentes teóricos más utilizados en la enseñanza de la física en los últimos años y las tendencias educativas que definirán la educación en el futuro.

En este sentido, se podrían sugerir dos líneas de acción, por una parte, se podría realizar un estudio longitudinal sobre la aplicación del MoPICFi en el mismo contexto,

pero en diversos periodos académicos (dos o tres años). Esto con los objetivos de mejorar el modelo pedagógico a través de su aplicación continua, y el de observar si los estudiantes siguen aplicando las habilidades científicas y las estrategias para aprender a aprender juntos en las asignaturas posteriores a Física I.

Por otra parte, se puede realizar un estudio en el que a través de la indagación colaborativa se ayude a los estudiantes a comprender conceptos y a desarrollar habilidades relacionadas con distintas áreas de conocimiento (física, química y/o biología). Esto con el propósito de establecer las habilidades científicas básicas para todas las ciencias y así diseñar un modelo pedagógico multidisciplinar que permita ayudar a los estudiantes a resolver problemas reales con cierto grado de complejidad.

REFERENCIAS

- Abeleira, J., Vásquez, N., y Peña, C. (2017). Metodología para favorecer el desempeño investigativo experimental mediante el análisis de videos con tracker. *Boletín Redipe*, 5(6), 133-138.
- Alfonzo, M. (2017). Novedades del sistema educativo venezolano. *Educare*, 21(2), 50-69.
- Alzugaray, G. E., Carreri, R. A., y Marino, L. (2010). El software de Simulación en Física: herramienta para el aprendizaje de contenidos. En *V Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*.
- Alzugaray, G. E., Massa, M. B., y Moreira, M. A. (2014). La potencialidad de las simulaciones de campo eléctrico desde la perspectiva de la teoría de los campos conceptuales de vergnaud. *Latin American Journal of Physics Education*, 8(1), 91-99.
- Amerian, M., y Mehri, E. (2014). Scaffolding in Sociocultural Theory: definition, steps, features, conditions, tools, and effective considerations. *Scientific Journal of Review*, 3(7), 756-765. <https://doi.org/10.14196/sjr.v3i7.1505>
- Andrés, M. M., Pesa, M. A., y Meneses, J. A. (2006). La actividad experimental en física: visión de estudiantes universitarios. *PARADIGMA*, XXVII(1), 1-27.
- Anggoro, S., Widodo, A., y Suhandi, A. (2017). Pre-service Elementary Teachers Understanding on Force and Motion. *Journal of Physics: Conference Series*, 895(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/895/1/012151>
- Aviani, I., Erceg, N., y Mešić, V. (2015). Drawing and using free body diagrams: Why it may be better not to decompose forces. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 11(2), 1-14. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.11.020137>
- Bächtold, M. (2013). What Do Students «Construct» According to Constructivism in Science Education? *Research in Science Education*, 43(6), 2477-2496. <https://doi.org/10.1007/s11165-013-9369-7>

- Bakker, A., Smit, J., y Wegerif, R. (2015). Scaffolding and dialogic teaching in mathematics education: introduction and review. *ZDM - Mathematics Education*, 47(7), 1047-1065. <https://doi.org/10.1007/s11858-015-0738-8>
- Bar, V., Brosh, Y., y Sneider, C. (2016). Weight, Mass, and Gravity: Threshold Concepts in Learning Science. *Science Educator*, 25(1), 22-34.
- Barkley, E. F., Cross, K. P., y Major, C. H. (2014). *Collaborative learning techniques: a handbook for college faculty*. (J. W. & Sons, Ed.).
- Barniol, P., y Zavala, G. (2014). Force, velocity, and work: The effects of different contexts on students' understanding of vector concepts using isomorphic problems. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 10(2), 1-15. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.020115>
- Bates, S. P., Galloway, R. K., Riise, J., y Homer, D. (2014). Assessing the quality of a student-generated question repository. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 10(2), 1-11. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.020105>
- Bautista, R. G. (2013). The reciprocal determinism of online scaffolding in sustaining a community of inquiry in physics. *Journal of Technology and Science Education*, 3(2), 89-97.
- Beatriz, S., y Sottile, P. (2014). Estudio de movimientos en tiempo real. Dificultades de aprendizaje en dos diseños didácticos diferentes. *Latin American Journal of Physics Education*, 8(3), 460-468.
- Becerra-Labra, C., Gras-Martí, A., y Martínez-Torregosa, J. (2012). Effects of a problem-based structure of Physics contents on conceptual learning and the ability to solve problems. *International Journal of Science Education*, 34(8), 1235-1253.
- Belland, B. R. (2014). Scaffolding: Definition, Current Debates, and Future Directions. En *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (pp. 505-518). New York, NY: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_39

- Belland, B. R., Walker, A. E., Olsen, M. W., y Leary, H. (2015). A Pilot Meta-Analysis of Computer-Based Scaffolding in STEM Education. *Educational Technology & Society*, 18(1), 183-197.
- Belo, N. A. H., van Driel, J. H., van Veen, K., y Verloop, N. (2014). Beyond the dichotomy of teacher- versus student-focused education: A survey study on physics teachers' beliefs about the goals and pedagogy of physics education. *Teaching and Teacher Education*, 39, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.12.008>
- Benegas, J., y Villegas, M. (2011). Influencia del texto y del contexto en la Resolución de Problemas de Física. *Latin-American Journal of Physics Education*, 5(1), 217-224. Recuperado a partir de <http://www.lajpe.org>
- Berge, M., Danielsson, A. T., y Ingerman, A. (2012). Different stories of group work: exploring problem solving in engineering education. *NORDINA*, 8(1), 3-16.
- Bisquerra, R. (2004). *Metodología de la investigación educativa*. Madrid: Editorial La Muralla.
- Blasco-Arcas, L., Buil, I., Hernández-Ortega, B., y Sese, F. J. (2013). Using clickers in class. The role of interactivity, active collaborative learning and engagement in learning performance. *Computers & Education*, 62, 102-110. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.019>
- Bloom, B. (1956). Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. En *Handbook I: cognitive domain*. New York: Longmans, Green.
- Bolat, M., Türk, C., Turna, Ö., y Altınbaş, A. (2014). Science and Technology Teacher Candidates' Use of Integrated Process Skills Levels: A Simple Electrical Circuit Sample. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 116, 2660-2663. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.631>
- Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A., y Grover, D. (2014). Augmented Reality in education - cases, places and potentials. *Educational Media International*, 51(1), 1-15. <https://doi.org/10.1080/09523987.2014.889400>

- Bravo, S., y Pesa, M. A. (2016). Evaluación del aprendizaje de interferencia y difracción de la luz en el laboratorio de física. *Investigações em Ensino de Ciências*, 21(2), 68-104.
- Bucher, J. L. (2012). *The metrology handbook*. ASQ Quality Press.
- Buitrago, C., y Andrés, M. M. (2014). How Experimental Resources in Physics Teaching facilitate Conceptual Learning? En Claudio Fazio & R. Sperandeo (Eds.), *Teaching/Learning Physics: Integrating Research into Practice*. Palermo.
- Buskulic, D., Maurin, G., y Taillet, R. (2014). No magic wand for teaching physics. En *Frontiers of Fundamental Physics*. Recuperado a partir de <http://pos.sissa.it/>
- Callison, D. (2015). *The evolution of inquiry: controlled, guided, modeled, and free*. ABC-CLIO.
- Callison, D., y Baker, K. (2014). Elements of information inquiry, evolution of models & measured reflection. *Knowledge Quest*, 43(2), 18-24.
- Ceberio, M., Almudí, J. M., y Franco, Á. (2016). Design and Application of Interactive Simulations in Problem-Solving in University-Level Physics Education. *Journal of Science Education and Technology*, 25(4), 590-609. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9615-7>
- Ceberio, M., Almudí, J. M., y Zubimendi, J. L. (2014). Análisis de los argumentos elaborados por estudiantes de cursos introductorios de Física universitaria ante situaciones problemáticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 71-88. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1112>
- Chasteen, S. V., Pollock, S. J., Pepper, R. E., y Perkins, K. K. (2012). Transforming the junior level: Outcomes from instruction and research in E&M. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 8(2), 1-18. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.8.020107>
- Chávez, J. L., y Andrés, M. M. (2013). El uso de Videos para la eficiencia en el aprendizaje-en-acción de la física en el laboratorio. *Investigações em Ensino de Ciências*, 18(1), 43-54.

- Coil, D., Wenderoth, M. P., Cunningham, M., y Dirks, C. (2010). Teaching the Process of Science: Faculty Perceptions and an Effective Methodology. *Cell Biology Education - Life Science Education*, 9, 524–535. <https://doi.org/10.1187/cbe.10>
- Cordero, H., Lombardi, G., Fuenmayor, E., Verrilli, D., Croce, N., y Contreras, E. (2017). El teatro como estrategia movilizadora de emociones y actitudes hacia las clases de física. *Investigações em Ensino de Ciências*, 22(1), 189. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2017v22n1p189>
- Cova, Á., y Arrieta, X. (2012). Importancia de evaluar software educativos utilizados en la enseñanza del aprendizaje de la Física. *Multiciencias*, 12(2008), 10-12.
- Cromer, A. H. (1986). *Física en la ciencia y en la industria*. Reverté.
- Crujeiras, B., y Jiménez, M. (2015). Desafíos planteados por las actividades abiertas de indagación en el laboratorio: articulación de conocimientos teóricos y prácticos en las prácticas científica. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(1), 63. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1469>
- Cuesta, A., y Benavente, M. N. (2014). Uso de TIC en la enseñanza de la Física: videos y software de análisis. En *Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación* (pp. 1-9).
- Day, J., Nakahara, H., y Bonn, D. (2010). Teaching Standard Deviation by Building from Student Invention. *The Physics Teacher*, 48(8), 546-548. <https://doi.org/10.1119/1.3502511>
- Decanato de Estudios Generales USB, C. del C. (2005). Ciclo de Iniciación Universitaria. Recuperado a partir de <http://www.ciu.generales.usb.ve/inicio>
- Decanato de Extensión USB, C. del P. (2000). Programa de Igualdad de Oportunidades. Recuperado a partir de <https://pio.dex.usb.ve/node/49>
- Dedić, Z. R. (2014). Metacognitive knowledge in relation to inquiry skills and knowledge acquisition within a computer-supported inquiry learning environment. *Psychological Topics*, 23(1), 115-141.

- Del Río, D. (2013). *Diccionario-glosario de metodología de la investigación social cuadernos UNED*. Madrid: Editorial UNED.
- Demircioglu, T., y Ucar, S. (2015). Investigating the effect of argument-driven inquiry in laboratory instruction. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 15(1), 267-283. <https://doi.org/10.12738/estp.2015.1.2324>
- DePoy, E., y Gitlin, L. (2016). *Introduction to Research. Understanding and Applying Multiple Strategies* (5th ed.). Elsevier.
- Dewey, J. (2013). *Logic - The Theory of Inquiry*. Read Books Ltd.
- Díaz-Barriga, Á. (2013). TIC en el trabajo del aula. Impacto en la planeación didáctica. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, iv(10), 3-21.
- Díaz, L., y Pandiella, S. (2016). Secuencia didáctica sobre energía con inclusión de REA. *Virtualis*, 6(12), 198-215.
- Ding, L., Reay, N., Lee, A., y Bao, L. (2011). Exploring the role of conceptual scaffolding in solving synthesis problems. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 7(2), 1-11. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.7.020109>
- Domènech, J. (2013). Secuencias de apertura experimental y escritura de artículos en el laboratorio: un itinerario de mejora de los trabajos prácticos en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(3), 249-262.
- Dostál, J., y Klement, M. (2015). Inquiry-based Instruction and Relating Appeals of Pedagogical Theories and Practices. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 171, 648-653. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.173>
- Dragon, T., Mavrikis, M., McLaren, B. M., Harrer, A., Kynigos, C., Wegerif, R., y Yang, Y. (2013a). Metafora: A Web-Based Platform for Learning to Learn Together in Science and Mathematics. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 6(3), 197-207. <https://doi.org/10.1109/TLT.2013.4>

- Dragon, T., Mavrikis, M., McLaren, B. M., Harrer, A., Kynigos, C., Wegerif, R., y Yang, Y. (2013b). Metafora: A Web-Based Platform for Learning to Learn Together in Science and Mathematics. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 6(3), 197-207. <https://doi.org/10.1109/TLT.2013.4>
- Escudero, C., Jaime, E., y González, S. (2016). Hacia la conciencia cuántica a partir del efecto fotoeléctrico. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(3), 183-200. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1998>
- Escudero, R., y Dapía, M. D. (2014). Ciencia más allá del aula. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(2), 245-253.
- Farsakoğlu, Ö. F., Şahin, Ç., y Karsli, F. (2012). Comparing science process skills of prospective science teachers: A cross-sectional study. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 13(1), 1-21.
- Feo, R. (2010). Orientaciones básicas para el diseño de estrategias didácticas. *Tendencias pedagógicas.*, (16), 221-236.
- Ferreira-Bautista, J., y Rodríguez, R. (2011). Efectividad de las actividades experimentales demostrativas como estrategia de enseñanza para la comprensión conceptual de la tercera ley de Newton en los estudiantes de fundamentos de Física del IPC. *Revista de Investigación*, 35(73), 61-84.
- Ferrés, C., Marbà, A., y Sanmartí, N. (2015). Trabajos de indagación de los alumnos: instrumentos de evaluación e identificación de dificultades. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 22-37. <https://doi.org/10.498/16922>
- Ferrés, J. (1997). *Video y Educación*. Barcelona: Paidós.
- Fessakis, G., Theodoridou, S., y Roussou, M. (2014). Teacher professional development program in Online Communities of Practice pedagogical model. *The International Journal of Technologies in Learning*, 20(3), 61-79.
- Forbus, K., Gentner, D., y Law, K. (1995). MAC/FAC: A model of similarity-based retrieval. *Cognitive science*, 19(2), 141-205.

- Frank, B. W., y Scherr, R. E. (2012). Interactional processes for stabilizing conceptual coherences in physics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 8(2), 1-9. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.8.020101>
- Fridman, A. E., Sabak, A., y Makinen, P. (2012). *The quality of measurements: a metrological reference*. Springer Science+Business Media, LLC.
- Furman, M., y García, S. (2014). Categorización de preguntas formuladas antes y después de la enseñanza por indagación. *Praxis & Saber*, 5(10), 75-91.
- Garcia-Mila, M., Gilabert, S., Erduran, S., y Felton, M. (2013). The Effect of Argumentative Task Goal on the Quality of Argumentative Discourse. *Science Education*, 97(4), 497-523. <https://doi.org/10.1002/sce.21057>
- García-Ros, R. (2011). Análisis y validación de una rúbrica para evaluar habilidades de presentación oral en contextos universitarios. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 9(25), 1043-1062.
- García, A. (2015). El aprendizaje por proyectos y el trabajo colaborativo, como herramientas de aprendizaje, en la construcción del proceso educativo, de la Unidad de aprendizaje TIC'S. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 3(5), 1-13.
- García, Y., y Reyes, D. (2012). Robótica educativa y su potencial mediador en el desarrollo de las competencias asociadas a la alfabetización científica. *Revista Educación y Tecnología*, (2), 42-55.
- Gil, D., Furió, C., Valdés, P., Salinas, J., Martínez-Torregosa, J., Guisasola, J., ... Pessoa, A. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 311-320.
- Gok, T. (2014). Students' achievement, skill and confidence in using stepwise problem-solving strategies. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 10(6), 617-624. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2014.1223a>

- Goldberg, B. (2014). What Makes an Effective Pedagogical Model? En *2th Annual Conference on Intelligent Tutoring Systems*.
- Gómez, C., Sanjosé, V., y Solaz-Portolés, J. (2012). Una revisión de los procesos de transferencia para el aprendizaje y enseñanza de las ciencias. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, (26), 199-227. <https://doi.org/10.7203/dces.26.1934>
- Gómez, C., Solaz-Portolés, J., y Sanjosé, V. (2013). Efectos de la similitud superficial y estructural sobre la transferencia a partir de análogos en problemas de alta y baja familiaridad: primeros resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(1), 135-151.
- González, A., y Paoloni, P.-V. (2015). Implicación y rendimiento en Física: el papel de las estrategias docentes en el aula, y el interés personal y situacional del alumnado. *Revista de Psicodidáctica*, 20(1), 25-45. <https://doi.org/10.1387/RevPsicodidact.11370>
- Gorgemans, S., Alcalá, J., y Gómez-Ibanéz, M. I. (2017). Aprendizaje por problemas: una experiencia en el grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales. En *IV Congreso Internacional sobre aprendizaje, innovación y competitividad* (pp. 428-433). <https://doi.org/10.26754/CINAIC.2017.000001>
- Graesser, A. C., Cai, Z., Morgan, B., y Wang, L. (2017). Assessment with computer agents that engage in conversational dialogues and trialogues with learners. *Computers in Human Behavior*. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.03.041>
- Granollers, T., Lorés, J., Cañas, J., y Vidal, J. (2011). *Diseño de sistemas interactivos centrados en el usuario*. Barcelona: Editorial UOC.
- Gressick, J., y Derry, S. (2010). Distributed leadership in online groups. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 5(2), 211-236. <https://doi.org/10.1007/s11412-010-9086-4>
- Guerrero, J. (2011). La importancia de la planeación para mejorar la docencia. *Eutopía*, (Extraordinario), 82-83.

- Guisande, C., Vaamonde, A., y Barreiro, A. (2013). *Tratamiento de datos con R, Statistica y SPSS*. Ediciones Díaz de Santos.
- Guisasola, J., Ceberio, M., Almudí, J. M., y Zubimendi, J. L. (2011). La resolución de problemas basada en el desarrollo de investigaciones guiadas en cursos introductorios de física universitaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(3), 439-452.
- Guisasola, J., Zubimendi, J. L., Franco, Á., y Ceberio, M. (2010). Enseñanza basada en la investigación, para mejorar la comprensión del concepto de capacidad eléctrica en primer curso. *Investigações em Ensino ...*, 15(3), 485-506.
- Guisasola, J., Zuza, K., Ametller, J., y Gutierrez-Berraondo, J. (2017). Evaluating and redesigning teaching learning sequences at the introductory physics level. *Physical Review Physics Education Research*, 13(2), 1-14. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020139>
- Gustafsson, P., Jonsson, G., y Enghag, M. (2015). The problem-solving process in physics as observed when engineering students at university level work in groups. *European Journal of Engineering Education*, 40(4), 380-399. <https://doi.org/10.1080/03043797.2014.988687>
- Haglund, J., y Jeppsson, F. (2013). Confronting Conceptual Challenges in Thermodynamics by Use of Self-Generated Analogies. *Science and Education*, 23(7), 1-25. <https://doi.org/10.1007/s11191-013-9630-5>
- Handhika, J., Cari, C., Soeparmi, A., y Sunarno, W. (2016). Student conception and perception of Newton's law. *AIP Conference Proceedings*, 1708(2016). <https://doi.org/10.1063/1.4941178>
- Handhika, J., Cari, C., Sunarno, W., Suparmi, A., y Kurniadi, E. (2018). The influence of project-based learning on the student conception about kinematics and critical thinking skills. En *4th International Seminar of Mathematics, Science and Computer Science Education*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1013/1/012028>
- Hannafin, M. J., Land, S., y Oliver, K. (1999). Open Learning Environments: Foundations, methods, and models. En *Instructional-design theories and models: A new paradigm of instructional theory* (Vol. 2, pp. 115-140). Psychology Press.

- Harlen, W. (2010). *Principles and big ideas of science education*. Association for Science Education. Association for Science Education College Lane. <https://doi.org/9780863574313>
- Harlen, W. (2013). *Evaluación y Educación en Ciencias basada en la Indagación: Aspectos de la Política y la Práctica*. Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Programme (SEP).
- Harlow, J. J. B., Harrison, D. M., y Meyertholen, A. (2016). Effective student teams for collaborative learning in an introductory university physics course. *Physical Review Physics Education Research*, 12(1), 10138. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.010138>
- Harney, O. M., Hogan, M. J., y Quinn, S. (2017). Investigating the effects of peer to peer prompts on collaborative argumentation, consensus and perceived efficacy in collaborative learning. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 12(3), 307-336. <https://doi.org/10.1007/s11412-017-9263-9>
- Hernandez, C., y Ravn, O. (2014). Challenges in a Physics Course: Introducing Student-Centred Activities for Increased Learning. *Journal of University Teaching and Learning Practice*, 11(2).
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. MacGraw-Hill/Interamericana.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2007). *Fundamentos de metodología de la investigación*. Madrid: MacGraw-Hill/Interamericana.
- Hirça, N. (2011). Effects of Guide Materials Based on 5E Model on Students' Conceptual Change and Their Attitudes towards Physics: A Case for 'Work, Power and Energy' Unit. *Journal of Turkish Science Education*, 8(1), 153-158.
- Hirça, N. (2013). The influence of hands on physics experiments on scientific Process skills according to prospective teachers' experiences. *European Journal of Physics Education*, 4(1), 1-9.

- Hockicko, P. (2011). Development of key competencies using video analysis of motions by Tracker. En *GIREP-EPEC Conference* (pp. 55-61).
- Hockicko, P., y Pažická, K. (2014). Video Analysis Based Tasks in Physics. En *Teaching/Learning Physics: Integrating Research into Practice*.
- Hockicko, P., Trpišová, B., y Ondruš, J. (2014). Correcting Students' Misconceptions about Automobile Braking Distances and Video Analysis Using Interactive Program Tracker. *Journal of Science Education and Technology*, 23(6), 763-776. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9510-z>
- Howe, C., y Abedin, M. (2013). Classroom dialogue: A systematic review across four decades of research. *Cambridge Journal of Education*, 43(3), 325-356. <https://doi.org/10.1080/0305764X.2013.786024>
- Hummel, J., y Holyoak, K. (1997). Distributed representations of structure: A theory of analogical access and mapping. *Psychological review*, 104(3), 427.
- Ibáñez, M.-B., Di-Serio, A., Villaran-Molina, D., y Delgado-Kloos, C. (2015). Augmented Reality-Based Simulators as Discovery Learning Tools: An Empirical Study. *IEEE Transactions on Education*, 58(3), 208-213. <https://doi.org/10.1109/TE.2014.2379712>
- Iborra, A., y Izquierdo, M. (2010). ¿Cómo afrontar la evaluación del aprendizaje colaborativo? Una propuesta valorando el proceso, el contenido y el producto de la actividad grupal. *Revista General de Información y Documentación*, 20, 221-241. <https://doi.org/>
- Icart, M. T., Pulpón, A. M., Garrido, E. M., y Delgado-Hito, P. (2012). *Cómo elaborar y presentar un proyecto de investigación, una tesina y una tesis*. Barcelona: Edicions Universitat Barcelona.
- Idoyaga, I., Maeyoshimoto, J., Nahuel, C., y Granchetti, H. (2017). Uso y cantidad de información de gráficos en materiales didácticos de física. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 1821-1826.

- Jiménez, C. (2013). Componentes de interés de los docentes de química del nivel medio, de los diferentes Departamentos del Paraguay, para la construcción de su formación continua. *Teoría y Praxis Investigativa*, 8(2), 44-53.
- Jones, D. L., y Zollman, D. (2014). Understanding vision: students' use of light and optics resources. *European Journal of Physics*, 35(5), 55023. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/35/5/055023>
- Jones, S. (2014). Distributed leadership: A critical analysis. *Leadership*, 10(2), 129-141. <https://doi.org/10.1177/1742715011433525>
- June, S., Yaacob, A., y Kheng, Y. K. (2014). Assessing the use of YouTube videos and interactive activities as a critical thinking stimulator for tertiary students: an action research. *International Education Studies*, 7(8). <https://doi.org/10.5539/ies.v7n8p56>
- Kao, M. T., Lehman, J. D., y Cennamo, K. S. (1996). Scaffolding in Hypermedia Assisted Instruction: An Example of Integration. En *National Convention of the Association for Educational Communications and Technology*.
- Karamustafaoğlu, S. (2011). Improving the Science Process Skills Ability of Science Student Teachers Using I Diagrams. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, 3(1), 26-38.
- Kim, M. C., y Hannafin, M. J. (2011a). Scaffolding 6th graders' problem solving in technology-enhanced science classrooms: A qualitative case study. *Instructional Science*, 39(3), 255-282. <https://doi.org/10.1007/s11251-010-9127-4>
- Kim, M. C., y Hannafin, M. J. (2011b). Scaffolding problem solving in technology-enhanced learning environments (TELEs): Bridging research and theory with practice. *Computers & Education*, 56(2), 403-417. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.08.024>
- Klein, P., Gröber, S., Kuhn, J., y Müller, A. (2014). Video analysis of projectile motion using tablet computers as experimental tools. *Physics Education*, 49(1), 37-40. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/49/1/37>

- Knaggs, C. M., y Schneider, R. M. (2012). Thinking Like a Scientist: Using Vee-Maps to Understand Process and Concepts in Science. *Research in Science Education*, 42(4), 609-632. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9213-x>
- Kuhn, D. (2015). Thinking Together and Alone. *Educational Researcher*, 44(1), 46-53. <https://doi.org/10.3102/0013189X15569530>
- Kuhn, T. S. (2011). *La estructura de las revoluciones científicas*. Mexico: Fondo de Cultura Económica.
- Lai, K., Cabrera, J., Vitale, J. M., Madhok, J., Tinker, R., y Linn, M. C. (2016). Measuring Graph Comprehension, Critique, and Construction in Science. *Journal of Science Education and Technology*, 25(4), 665-681. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9621-9>
- Landis, J. R., y Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical. *Biometrics*, 33(1), 159-174.
- Leung, A., Hashemi, B., Reynolds, D., y Jerzak, S. (2017). New assessment process in an introductory undergraduate physics laboratory: an exploration on collaborative learning. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 42(2), 169-181. <https://doi.org/10.1080/02602938.2015.1089977>
- Lillo, F. (2013). Aprendizaje colaborativo en la formación universitaria de pregrado. *Revista de Psicología - Universidad Viña del Mar*, 2(4), 109-142.
- Lin, S.-Y., Maries, A., y Singh, C. (2013). Student difficulties in translating between mathematical and graphical representations in introductory physics. En *Physics Education Research Conference* (Vol. 1513, pp. 250-253). Physics Education. <https://doi.org/10.1063/1.4789699>
- Lin, S.-Y., y Singh, C. (2013). Using an isomorphic problem pair to learn introductory physics: Transferring from a two-step problem to a three-step problem. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 9(2), 11-19. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.9.020114>

- Lin, S.-Y., y Singh, C. (2015). Effect of scaffolding on helping introductory physics students solve quantitative problems involving strong alternative conceptions. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 11(2), 1-19. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.11.020105>
- Llancaqueo, A., Lebrecht, W., y Jiménez-Gallardo, C. (2013). Progresividad del aprendizaje de fuerza y energía mecánica. *Enseñanza de las ciencias*, (Extra), 2047-2052.
- Luckin, R., Baines, E., Cukurova, M., Holmes, W., y Mann, M. (2017). *Solved! Making the case for collaborative problem-solving*.
- Maaß, K., y Artigue, M. (2013). Implementation of inquiry-based learning in day-to-day teaching: A synthesis. *ZDM - Mathematics Education*, 45(6), 779-795. <https://doi.org/10.1007/s11858-013-0528-0>
- Maldonado, M., y Sánchez, T. (2012). Trabajo colaborativo en el aula: experiencias desde la formación docente. *Educare*, 16(2), 93-118.
- Maries, A., y Singh, C. (2018). Do students benefit from drawing productive diagrams themselves while solving introductory physics problems? The case of two electrostatics problems. *European Journal of Physics*, 39(1), 15703. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/aa9038>
- Martínez, G., Pérez, Á. L., Suero, M. I., y Pardo, P. J. (2013). The Effectiveness of Concept Maps in Teaching Physics Concepts Applied to Engineering Education: Experimental Comparison of the Amount of Learning Achieved With and Without Concept Maps. *Journal of Science Education and Technology*, 22(2), 204-214. <https://doi.org/10.1007/s10956-012-9386-8>
- Mason, A. J., y Singh, C. (2016). Impact of Guided Reflection with Peers on the Development of Effective Problem Solving Strategies and Physics Learning. *The Physics Teacher*, 54(5), 295-299. <https://doi.org/10.1119/1.4947159>
- McComas, W. F. (2014). *The language of science education*. (W. F. McComas, Ed.). Rotterdam: Sense Publishers. <https://doi.org/10.4324/9780203597125>

- Medina, C. (2013). Hacia la integración de la enseñanza universitaria de pregrado y la investigación. *Prisma Tecnológico*, 4(1), 15-19.
- Méndez, D. (2015). Estudio de las motivaciones de los estudiantes de secundaria de física y química y la influencia de las metodologías de enseñanza en su interés. *Educación XXI*, 18(2), 215-235. <https://doi.org/10.5944/educXX1.14016>
- Mercer, N. (2013). The Social Brain, Language, and Goal-Directed Collective Thinking: A Social Conception of Cognition and Its Implications for Understanding How We Think, Teach, and Learn. *Educational Psychologist*, 48(3), 148-168. <https://doi.org/10.1080/00461520.2013.804394>
- Mercer, N., y Howe, C. (2012). Explaining the dialogic processes of teaching and learning: The value and potential of sociocultural theory. *Learning, Culture and Social Interaction*, 1(1), 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2012.03.001>
- Mikroyannidis, A., Okada, A., Correa, A., y Scott, P. (2016). Inquiry-Based Learning on the Cloud. En L. Chao (Ed.), *Handbook of Research on Cloud-Based STEM Education for Improved Learning Outcomes* (pp. 291-310). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-9924-3.ch019>
- Mills, N. (2011). Situated Learning through Social Networking Enterprise, Mutual Engagement, and a Shared Repertoire. *CALICO Journal*, 28(2), 345-368.
- Molina, J., Loja, N., Zea, M., y Loaiza, E. (2016). Evaluación de los Frameworks en el Desarrollo de Aplicaciones Web con Python. *Revista Latinoamericana de Ingeniería de Software*, 4(4), 201-207. <https://doi.org/10.18294/RELAIS.2016.201-207>
- Montero, S., Zarraonadía, T., Díaz, P., Aedo, I., Pérez, A., Lorenzo, A., ... Estévez, A. (2011). *Patrones de diseño aplicados al desarrollo de objetos digitales educativos (ODE)*. Madrid: Ministerio de Educación.
- Moo, M., Quiñonez, S., y Méndez, J. (2017). Development of competences in the use of the ICT in basic education teachers. *International Journal for Innovation Education and Research*, 5(6), 236-250.

- Moreira, M. A. (2002). La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, la enseñanza de las ciencias y la investigación en el área. *Investigaciones en Enseñanza de las Ciencias*, 7(1).
- Moreira, M. A. (2013). Aprendizaje significativo en mapas conceptuales. *Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review*, 3(2), 35-76.
- Moreno, W. A., Cruz, L. F., y Garcia, D. (2013). A model to pedagogically support teaching & learning scenarios for engineering innovation from a complex systems perspective. En *WEEF 2013*.
- Nichols, K., Burgh, G., y Kennedy, C. (2017). Comparing Two Inquiry Professional Development Interventions in Science on Primary Students' Questioning and Other Inquiry Behaviours. *Research in Science Education*, 47(1), 1-24. <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9487-5>
- Nivalainen, V., Asikainen, M. A., y Hirvonen, P. E. (2013). Open Guided Inquiry Laboratory in Physics Teacher Education. *Journal of Science Teacher Education*, 24(3), 449-474. <https://doi.org/10.1007/s10972-012-9316-x>
- Nixon, R., Godfrey, T. J., Mayhew, N., y Wiegert, C. (2016). Undergraduate student construction and interpretation of graphs in physics lab activities. *Physical Review Physics Education Research*, 12(1), 1-19. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.010104>
- Novak, J. D., y Gowin, B. (1984). *Learning How to Learn*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ogan-Bekiroğlu, F., y Arslan, A. (2014). Examination of the Effects of Model-based Inquiry on Students' Outcomes: Scientific Process Skills and Conceptual Knowledge. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 141, 1187-1191. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.05.202>
- Okada, A. (2013). Scientific literacy in the digital age: tools , environments and resources for co-inquiry. *European Scientific Journal*, 4(December), 263-274.

- ONU. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Resolución de la Asamblea General 70/1* (Vol. 16301).
- Özdemir, O., y Işık, H. (2015). Effect of inquiry-based science activities on prospective elementary teachers' use of science process skills and inquiry strategies. *Journal of Turkish Science Education*, 12(1), 43-56. <https://doi.org/10.12973/tused.10132a>
- Pantoja, G. C., Moreira, M. A., y Elnecave, V. (2012). La enseñanza de conceptos fundamentales de Mecánica Cuántica a alumnos de graduación en Física. *Revista Electrónica en Investigación en Educación en Ciencias*, 9(1), 22-39.
- Parisoto, M. F., Moreira, M. A., y Dröse, B. (2014). Integrating didactical strategies to facilitate meaningful learning in introductory college physics. *Latin American Journal of Physics Education*, 8(4), 1-7.
- Pascual, I., y Basse, R. (2017). Assessment for learning in CLIL classroom discourse. En *Applied linguistics perspectives on CLIL* (pp. 221-235). John Benjamins Publishing Company. <https://doi.org/10.1075/llt.47.13pas>
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., ... Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Pérez-Sánchez, Z., y Castillo-Vallejo, S. (2017). El desarrollo profesional del profesor de matemáticas de educación media: referentes contextuales e institucionales para un estudio de caso. En *Alternativas Pedagógicas para la Educación Matemática del Siglo XXI* (pp. 45-64). Caracas: Centro de Investigaciones Educativas, Escuela de Educación. Universidad Central de Venezuela.
- Pesa, M. A., Bravo, S., Pérez, S., y Villafuerte, M. (2014). Las actividades de laboratorio en la formación de ingenieros: propuesta para el aprendizaje de los fenómenos de conducción eléctrica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 31(3), 642-665. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2014v31n3p642>

- Phang, F. A., y Tahir, N. A. (2012). Scientific Skills among Pre-Service Science Teachers at Universiti Teknologi Malaysia. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 56(Ictlhe), 307-313. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.659>
- Pifarré, M., Martí, L., y Guijosa, A. (2014). Collaborative creativity processes in a wiki: A study in secondary education. En *11th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age* (pp. 55-62).
- Pifarré, M., Wegerif, R., Guiral, A., y del Barrio, M. (2014). Developing Technological and Pedagogical Affordances to Support the Collaborative Process of Inquiry-Based Science Education. En D. G. Sampson, D. Ifenthaler, J. M. Spector, & P. Isaias (Eds.), *Digital Systems for Open Access to Formal and Informal Learning* (pp. 293-306). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-02264-2>
- Planinic, M., Ivanjek, L., Susac, A., y Milin-Sipus, Z. (2013). Comparison of university students' understanding of graphs in different contexts. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 9(2).
- Plencovich, M., Paruelo, J., y van Ezzo, M. (2015). La pregunta en el ámbito de la docencia universitaria: reflexiones desde las ciencias agrarias y ambientales. *Agronomia & Ambiente*, 35(2), 141-151.
- Pluta, W. J., Richards, B. F., y Mutnick, A. (2013). PBL and Beyond: Trends in Collaborative Learning. *Teaching and Learning in Medicine*, 25(sup1), S9-S16. <https://doi.org/10.1080/10401334.2013.842917>
- Quiroz, S., y Rodríguez, R. (2017). Teachers and Mathematical Modeling: What are the challenges? En M. S. Ramírez-Montoya (Ed.), *Handbook of research on driving STEM learning with educational technologies* (p. 590).
- Rahmani, R., Abbas, M., y Alahyarizadeh, G. (2013). The Effects of Peer Scaffolding in Problem-based Gaming on the Frequency of Double-loop Learning and Performance in Integrated Science Process Skills. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 93, 1994-1999. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.154>
- Ramírez, S., Rodríguez, J., y Blotto, B. (2016). El equipo de trabajo como estrategia de aprendizaje. *InterCambios*, 3(1).

- Reddy, V. M., y Panacharoensawad, B. (2017). Students Problem-Solving Difficulties and Implications in Physics: An Empirical Study on Influencing Factors. *Journal of Education and Practice*, 8(14), 59-62.
- Resnick, R., Halliday, D., y Krane, K. S. (1990). *Física (3ª)*. Mexico: Compañía Editorial Continental.
- Rieger, G. W., y Heiner, C. E. (2014). Examinations that support collaborative learning: the students' perspective. *Journal of College Science Teaching*, 43(4), 41-48.
- Ritchie, S. M. (2016). Self-assessment of video-recorded presentations: Does it improve skills? *Active Learning in Higher Education*, 17(3), 207-221. <https://doi.org/10.1177/1469787416654807>
- Rojas-Drummond, S., Torreblanca, O., Pedraza, H., Vélez, M., y Guzmán, K. (2013). «Dialogic scaffolding»: Enhancing learning and understanding in collaborative contexts. *Learning, Culture and Social Interaction*, 2(1), 11-21. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2012.12.003>
- Romero, M., y Quesada, A. (2014). Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), 101-115. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.433>
- Rosolio, A., Cassan, R., Llonch, E., y Sanchez, P. (2017). Concepciones de los estudiantes universitarios en cinemática y dinámica de la partícula. *Revista Enseñanza de la Física*, 29(Extra), 185-196.
- Saab, N., van Joolingen, W., y van Hout-Wolters, B. (2012). Support of the collaborative inquiry learning process: influence of support on task and team regulation. *Metacognition Learning*, 7, 7-23. <https://doi.org/10.1007/s11409-011-9068-6>
- Sarasola, A., Rojas, J. F., y Okariz, A. (2015). Training to Use the Scientific Method in a First-Year Physics Laboratory : A Case Study. *Journal of Science Education and Technology*, 24(5), 595-609. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9551-y>

- Schmid, S., y Bogner, F. X. (2015). Effects of Students' Effort Scores in a Structured Inquiry Unit on Long-Term Recall Abilities of Content Knowledge. *Education Research International*, 2015, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2015/826734>
- Schwarz, B., De Groot, R., Mavrikis, M., y Dragon, T. (2015). Learning to learn together with CSCL tools. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 10(3), 239-271.
- Scott, P., Mortimer, E., y Ametller, J. (2011). Pedagogical link-making: A fundamental aspect of teaching and learning scientific conceptual knowledge. *Studies in Science Education*, 47(1), 3-36. <https://doi.org/10.1080/03057267.2011.549619>
- Sears, F. W., Zemansky, M. W., Young, H. D., y Freedman, R. A. (2003). *Física universitaria* (11.^a ed.). Pearson/Addison Wesley.
- Seraphin, K. D., Philippoff, J., Parisky, A., Degnan, K., y Warren, D. P. (2013). Teaching Energy Science as Inquiry: Reflections on Professional Development as a Tool to Build Inquiry Teaching Skills for Middle and High School Teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 22(3), 235-251. <https://doi.org/10.1007/s10956-012-9389-5>
- Serway, R. (1997). *Física para ciencias e ingeniería* (4^a). Mexico: McGraw-Hill.
- Shipman, M. (2014). *The limitations of social research* (4.^a ed.). New York: Routledge.
- Şimşek, P., y Kabapinar, F. (2010). The effects of inquiry-based learning on elementary students' conceptual understanding of matter, scientific process skills and science attitudes. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 1190-1194. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.170>
- Slezak, C., Koenig, K. M., Endorf, R. J., y Braun, G. A. (2011). Investigating the effectiveness of the tutorials in introductory physics in multiple instructional settings. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 7(2), 1-8. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.7.020116>

- Smith, T. I., Christensen, W. M., Mountcastle, D. B., y Thompson, J. R. (2015). Identifying student difficulties with entropy, heat engines, and the Carnot cycle. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 11(2), 20116. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.11.020116>
- Smyrniou, Z., Moustaki, F., Yiannoutsou, N., y Kynigos, C. (2012). Interweaving meaning generation in science with learning to learn together processes using Web 2.0 tools. *Themes in Science and Technology Education*, 5, 27-44.
- Soong, B., y Mercer, N. (2011). Improving students' revision of physics concepts through ICT-Based co-construction and prescriptive tutoring. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1055-1078. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.489586>
- Spector, J. M., Elen, J., Merrill, D. M., y Bishop, M. J. (Eds.). (2014). *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (4.^a ed.). Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5>
- Spodniaková-Pfefferová, M. (2015). Computer simulations and their influence on students' understanding of oscillatory motion. *Informatics in Education*, 14(2), 279-289. <https://doi.org/10.15388/infedu.2015.16>
- Suviniitty, J. (2010). Lecturers' questions and student perception of lecture comprehension. *English Studies*, 6(October), 44-57.
- Swart, A. J. (2010). Evaluation of final examination papers in engineering: A case study using bloom's taxonomy. *IEEE Transactions on Education*, 53(2), 257-264. <https://doi.org/10.1109/TE.2009.2014221>
- Tavares, R., Vieira, R., y Pedro, L. (2017). A preliminary proposal of a conceptual educational data mining framework for science education. En *XIX International Symposium on Computers in Education* (pp. 216-221).
- Tipler, P. A., y Mosca, G. (2005). *Física para la ciencia y la tecnología* (5^a). Reverté.

- Tobón, S., Pimienta, J., y García, J. (2010). *Secuencias didácticas: Aprendizaje y evaluación de competencias*. (G. C. M. Veyra, Ed.). México, MX: Pearson Prentice-Hall.
- Unal, C., y Ozdemir, O. F. (2013). A physics laboratory course designed using problem-based learning for prospective physics teachers. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 1(1), 29-33.
- UNESCO. (2015a). *Education 2030. World Education Forum 2015*.
- UNESCO. (2015b). *Informe de la UNESCO sobre la ciencia*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- UNESCO. (2016). *Educación científica*.
- UNESCO. (2017). *Education for sustainable development goals*.
- Úriz, M., Ballesteros, A., Viscarret, J., y Ursúa, N. (2006). *Metodología para la investigación*. Eunate.
- Vera, F., Rivera, R., Fuentes, R., y Romero, D. (2015). Estudio del movimiento de caída libre usando vídeos de experimentos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(3), 581-592.
- Vergnaud, G. (1990). La teoría de los campos conceptuales. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10(3), 133-170.
- Vergnaud, G. (2007). En qué Sentido la Teoría de los Campos Conceptuales Puede Ayudarnos para Facilitar Aprendizaje Significativo? *Investigações em Ensino de Ciências*, 12(2), 285-302.
- Vergnaud, G. (2009). The Theory of Conceptual Fields. *Human Development*, 52, 83-94. <https://doi.org/10.1159/000202727>
- Vergnaud, G. (2013a). ¿Por qué la teoría de los campos conceptuales? *Infancia y Aprendizaje*, 36(2), 131-161. <https://doi.org/10.1174/021037013806196283>
- Vergnaud, G. (2013b). Conceptual development and learning. *Revista Currículum*, (26), 39-59.

- Vreman-de Olde, C., y de Jong, T. (2006). Scaffolding learners in designing investigation assignments for a computer simulation. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22(1), 63-73. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2006.00160.x>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: the development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Vygotsky, L. S. (1997). *The Collected Works of L.S. Vygotsky. Volumen 1 Problems of general Psychology*. (R. W. Rieber, Ed.).
- Walker, M. (2011). *PISA 2009 Plus Results: Performance of 15-year-olds in reading, mathematics and science for 10 additional participants*. Australian Council for Educational Research.
- Wang, H.-Y., Duh, H. B.-L., Li, N., Lin, T.-J., y Tsai, C.-C. (2014). An Investigation of University Students' Collaborative Inquiry Learning Behaviors in an Augmented Reality. *Journal of Science Education and Technology*, 23(5), 682-691. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9494-8>
- Wee, L., Chew, C., Goh, G., Tan, S., y Lee, T. (2012). Using tracker as a pedagogical tool for understanding projectile motion. *Physics Education*, 47(4), 448-455. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/47/4/448>
- Wegerif, R. (2007). *Dialogic Education and Technology: Expanding the Space of Learning*.
- Wegerif, R. (2010). *Mind Expanding*. New York: McGraw-Hill Education.
- Wegerif, R. (2013). *Dialogic : Education for the Internet Age*. London: Routledge.
- Wegerif, R. (2015). Technology and teaching thinking: Why a dialogic approach is needed for the twenty-first century. En R. Wegerif, L. Li, & J. C. Kaufman (Eds.), *The Routledge International Handbook of Research on Teaching Thinking* (pp. 427-440). New York: Routledge.
- Wells, G. (1999). *Dialogic inquiry: towards a socio-cultural practice and theory of education*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

- Wells, G., y Mejía, R. (2005). Hacia el diálogo en el salón de clases: enseñanza y aprendizaje por medio de la indagación. *Revista Electrónica Sinéctica*, (26), 1-19.
- Wenning, C. J. (2005). Levels of inquiry: Hierarchies of pedagogical practices and inquiry processes. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 2(3), 3-11.
- Wenning, C. J. (2010). Levels of inquiry: Using inquiry spectrum learning sequences to teach science. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 5(3), 11-20.
- Wenning, C. J. (2011). Experimental inquiry in introductory physics courses. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 6(2), 2-8.
- Wentzel, K. R., y Watkins, D. E. (2011). Instruction based on peer interactions. En R. E. Mayer & P. A. Alexander (Eds.), *Handbook of Research on Learning and Instruction Educational Psychology Handbook* (p. 480). New York: Taylor & Francis.
- Wertsch, J. V. (1988). *Vygotsky y la formación social de la mente*. Barcelona: Paidós.
- Whitworth, B. A., Maeng, J. L., & Bell, R. L. (2013). Teacher's Toolkit: Differentiating Inquiry. *Science Scope*, 37(2), 10-17. <https://doi.org/10.2505/4/ss13>
- Wilhelm, T., Burde, J.-P., y Lück, S. (2015). The direction of acceleration. *The Physics Teacher*, 53(8), 500-501. <https://doi.org/10.1119/1.4933157>
- Wood, A., Galloway, R., Sinclair, C., y Hardy, J. (2018). Teacher-student discourse in active learning lectures: case studies from undergraduate physics. *Teaching in Higher Education*, 0(0), 1-17. <https://doi.org/10.1080/13562517.2017.1421630>
- Wood, D., Bruner, J. S., y Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17, 89-100.
- Yampinij, S., y Chaijaroen, S. (2010). The development knowledge construction model based on constructivist theories to support ILL-structured problem solving process of industrial education and technology students. En *ICEMT 2010 - 2010 International Conference on Education and Management Technology, Proceedings* (pp. 554-559). <https://doi.org/10.1109/ICEMT.2010.5657595>

- Yang, Y., Wegerif, R., McLaren, B. M., Dragon, T., y Mavrikis, M. (2013). Learning how to learn together (L2L2): Developing tools to support an essential complex competence for the Internet age. En *Computer-supported collaborative learning conference. Madison. International Society of the Learning Sciences (ISLS)*.
- Yanitelli, M., y Scancich, M. (2014). ¿Comprenden los estudiantes del nivel básico universitario las gráficas cartesianas de datos experimentales? *Revista Enseñanza de la Física*, 26(Extra), 217-228.
- Yong, M. F. (2010). Collaborative Writing Features. *RELC Journal*, 41(1), 18-30. <https://doi.org/10.1177/0033688210362610>
- Yu, F. Y., Tsai, H. C., y Wu, H. L. (2013). Effects of online procedural scaffolds and the timing of scaffolding provision on elementary taiwanese students' question-Generation in a science class. *Australasian Journal of Educational Technology*, 29(3), 416-433.
- Yurnetti, Y. (2017). Analysis of Student Learning Ability in Science Teaching Based on Mid Semester Examination. *Journal of physics: Conference Series*, 895(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/895/1/012022>
- Zajkov, O., Gegovska-Zajkova, S., y Mitrevski, B. (2017). Textbook-Caused Misconceptions, Inconsistencies, and Experimental Safety Risks of a Grade 8 Physics Textbook. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(5), 837-852. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9715-0>
- Zeidler, D. L. (2016). STEM education: A deficit framework for the twenty first century? A sociocultural socioscientific response. *Cultural Studies of Science Education*, 11(1), 11-26. <https://doi.org/10.1007/s11422-014-9578-z>
- Zhou, S., Han, J., Koenig, K. M., Raplinger, A., Pi, Y., Li, D., ... Bao, L. (2016). Assessment of scientific reasoning: The effects of task context, data, and design on student reasoning in control of variables. *Thinking Skills and Creativity*, 19, 175-187. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2015.11.004>

ANEXOS

Anexo 1. Cuestionarios para conocer las percepciones de los estudiantes.

Anexo 1.1. Cuestionario para conocer las percepciones de los estudiantes previo a Física I.



Universidad Simón Bolívar
Sede Litoral
Departamento de Formación General y Ciencias Básicas
Área de Física
Profesor José Ferreira

Carnet: _____ Sección: _____ Fecha: _____

Lea cuidadosamente los siguientes planteamientos y seleccione con una X la opción que describa adecuadamente las situaciones presentadas, o argumente según sea el caso.

- ¿Cuál de los siguientes perfiles se relaciona con tu formación académica en física?
(a) ___ No cursé Física en alguno de los años de bachillerato y estoy cursando Física I por primera vez.
(b) ___ Cursé Física los tres años de bachillerato y estoy cursando Física I por primera vez.
(c) ___ No cursé Física en alguno de los años de bachillerato y no es la primera vez que curso Física I.
(d) ___ Cursé Física los tres años de bachillerato y no es la primera vez que curso Física I.
(e) ___ Otro _____
- ¿Has tenido alguna formación adicional en física además de la mencionada en la pregunta anterior? En el(los) programa(s):
(a) ___ PIO (b) ___ CIU (c) ___ PIO y CIU (d) Otro _____
- ¿Cuál ha sido tu rendimiento académico en física?
(a) ___ Siempre reprobaba. (b) ___ Reprobé alguna vez.
(c) ___ Siempre aprobé con la nota mínima. (d) ___ Bueno. (e) ___ Excelente.
- A continuación, se presentan diferentes recursos y estrategias didácticas que utiliza un docente en una clase de física. Marca con una X la frecuencia en que estuvieron presentes las siguientes estrategias en las clases de física que cursaste. (donde 1 representa muchas veces y 5 nunca estuvo presente)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| a Resolución de ejercicios de libros de texto | | | | | |
| b Exposiciones del contenido | | | | | |
| c Uso de medios audiovisuales | | | | | |
| d Uso del laboratorio de física | | | | | |
| e Uso de simulaciones informáticas | | | | | |
| f Demostraciones experimentales | | | | | |
| g Trabajo en grupo | | | | | |
| h Diseño e implementación de proyectos | | | | | |

5. A partir de la tabla anterior, selecciona tres estrategias que a tu juicio deberían estar más presentes en una clase de física.
- _____
 - _____
 - _____
6. ¿Cuántas horas a la semana le dedicabas a estudiar física, aparte de las horas de clase?
- (a) ___ Menos de dos. (b) ___ Tres. (c) ___ Cuatro. (d) ___ Cinco. (e) ___ Más de cinco.
7. ¿Dónde prefieres estudiar de física?
- (a) ___ Mi casa. (b) ___ Casa de un compañero. (c) ___ Biblioteca USB.
(d) ___ Aula de la USB. (e) ___ Otro lugar _____.
8. ¿Cuál es el recurso que más utilizas al momento de estudiar los contenidos de física?
- (a) ___ Mis apuntes. (b) ___ Libros de texto. (c) ___ Páginas web del tema.
(d) ___ Videos de problemas resueltos. (e) ___ Apuntes de los compañeros.
9. Por lo general, ¿A quién recurre cuando vas a estudiar física?
- (a) ___ Prefiero estudiar solo. (b) ___ A un compañero. (c) ___ A mi grupo de estudio.
(d) ___ Al preparador de la asignatura. (e) ___ A un profesor particular.
10. ¿Cuál debe ser el rol que debe desempeñar el estudiante dentro de una clase de física?
- (a) ___ Recibir información del docente. (c) ___ Trabajar en grupos resolviendo ejercicios propuestos.
(b) ___ Interactuar con demostraciones o simulaciones. (d) ___ Diseñar en grupos proyectos o propuestas.
(e) ___ Resolver ejercicios del libro en forma individual.
11. ¿Consideras que la asignatura de física se relaciona con tu carrera?
- (a) ___ En nada. (b) ___ Un poco. (c) ___ Podría ser una asignatura electiva.
(d) ___ Igual que otra asignatura obligatoria. (e) ___ Totalmente.

Anexo 1.2. Cuestionario para conocer las percepciones de los estudiantes durante Física I.



Universidad Simón Bolívar
Sede Litoral
Departamento de Formación General y Ciencias Básicas
Área de Física
Profesor José Ferreira

Carnet: _____ Sección: _____ Fecha: _____

Lea cuidadosamente los siguientes planteamientos y seleccione con una X la opción que describa adecuadamente las situaciones presentadas, o argumente según sea el caso.

1. A continuación, se presentan diferentes recursos y estrategias didácticas que utiliza un docente en una clase de física. Marca con una X la frecuencia en que estuvieron presentes las siguientes estrategias en las clases de física I. (donde 1 representa muchas veces y 5 nunca estuvo presente)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| a Resolución de ejercicios de libros de texto | | | | | |
| b Exposiciones del contenido | | | | | |
| c Uso de medio audiovisuales | | | | | |
| d Uso del laboratorio de física | | | | | |
| e Uso de simulaciones informáticas | | | | | |
| f Demostraciones experimentales | | | | | |
| g Trabajo en grupo | | | | | |
| h Diseño e implementación de proyectos | | | | | |

2. A partir de la tabla anterior, selecciona tres estrategias que a tu juicio deberían estar más presentes en una clase de física I.

d. _____
e. _____
f. _____

3. ¿Cuál crees que será tu nota al final de física I?

(b) ___ 1 (b) ___ 2 (c) ___ 3 (d) ___ 4 (e) ___ 5

4. ¿Cuántas horas a la semana le dedicabas a estudiar física I, aparte de las horas de clase?

(b) ___ Menos de dos. (b) ___ Tres. (c) ___ Cuatro. (d) ___ Cinco. (e) ___ Más de cinco.

5. ¿Cuál fue el lugar que utilizaste para estudiar para física I?

(b) ___ Mi casa. (b) ___ Casa de un compañero. (c) ___ Biblioteca USB.
(d) ___ Aula de la USB. (e) ___ Otro _____

6. ¿En qué caso crees que aprendiste más en esas horas de estudio?

(b) ___ Cuando estudie solo. (b) ___ Con un compañero(a). (c) ___ Con mi grupo de estudio.
(d) ___ Con el preparador de la asignatura. (e) ___ Con un profesor particular.

7. ¿Cuál fue el recurso que más utilizaste al momento de estudiar?
(b) ___ Mi cuaderno. (b)___ Libros de texto. (c) ___ Páginas web del tema.
(d) ___ Videos de problemas resueltos. (e) ___ Cuadernos de los compañeros.
8. ¿Cuál debe ser el rol que debe desempeñar el estudiante dentro de una clase de física I?
(a) ___ Recibir información del docente. (b) ___ Trabajar en grupos resolviendo ejercicios propuestos.
(c) ___ Interactuar con demostraciones o simulaciones. (d) ___ Diseñar en grupos proyectos o propuestas.
(e) ___ Resolver ejercicios del libro en forma individual.
9. ¿Consideras que estudiar física se relaciona con tu carrera?
(a) ___ En nada. (b) ___ Un poco. (c) ___ Podría ser una asignatura electiva.
(d) ___ Igual que otra asignatura obligatoria. (e) ___ Totalmente.
10. ¿Qué reflexión pudieras hacer para mejorar la asignatura física I?

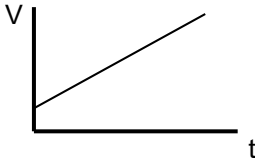
Anexo 2. Prueba de evaluación para conocer el nivel de comprensión conceptual de los estudiantes.



Universidad Simón Bolívar
Sede Litoral
Departamento de Formación General y Ciencias Básicas
Área de Física
Profesor José Ferreira

Carnet: _____ Sección: _____ Fecha: _____

Lea cuidadosamente los siguientes planteamientos y seleccione con una X la opción que describa adecuadamente las situaciones presentadas. No considere la resistencia del aire o la fricción de la superficie, a menos que se le señale lo contrario.

- Se tienen dos maratonistas, cuando dan la señal de salida, el corredor A inicia su carrera a 2 m/s y puede acelerar a $0,2 \text{ m/s}^2$, el corredor B inicia su carrera a 5 m/s y la mantiene constante durante toda la competencia. ¿Quién estará adelante transcurridos 15 segundos?
 - El corredor A.
 - El corredor B.
 - Estarán igualados.
 - Depende de la distancia recorrida.
 - Ninguna de las anteriores.
- Si la aceleración de una partícula es cero
 - la partícula está en reposo.
 - la velocidad de la partícula es constante.
 - las respuestas a y b son posibles.
 - la velocidad aumenta.
 - la velocidad disminuye.
- A partir de la siguiente gráfica, diga cual afirmación es correcta:
 - La velocidad es cero.
 - La velocidad es constante.
 - La aceleración es cero.
 - La aceleración es constante.
 - La aceleración aumenta.
- Cuando se lanza un objeto verticalmente hacia arriba con una cierta velocidad, después de subir y bajar. Llegará al mismo punto de lanzamiento
 - con el doble de velocidad de la que fue lanzada.
 - con la mitad de velocidad de la que fue lanzada.
 - con la misma velocidad de la que fue lanzada.
 - la velocidad de subida es mayor a la de bajada.
 - la velocidad de subida es menor a la de bajada.

5. Se lanza una pelota verticalmente hacia arriba. ¿Cómo son la velocidad y la aceleración en el punto más alto de su movimiento? ($-g$ es aceleración de gravedad en sentido hacia el suelo)
- La velocidad es el doble de la inicial y la aceleración es cero.
 - La velocidad es la mitad de la velocidad inicial y la aceleración es igual a $-g$.
 - La velocidad y la aceleración son cero.
 - La velocidad es igual a la aceleración y diferente de cero.
 - La velocidad es cero y la aceleración es igual a $-g$.
6. Un proyectil se mueve en una trayectoria parabólica bajo la acción de la fuerza de gravedad. ¿En qué punto el vector aceleración $[\vec{a}]$ es perpendicular al vector velocidad $[\vec{v}]$?
- En el punto de lanzamiento.
 - En un punto a mitad del ascenso.
 - En el punto más alto de la trayectoria.
 - En un punto a mitad del descenso.
 - En el punto de llegada.
7. Desde una plataforma a cierta altura del suelo se pateo horizontalmente un balón de fútbol y simultáneamente desde la misma plataforma se deja caer libremente otro balón. ¿Cuál toca el piso primero?
- El que fue pateado horizontalmente.
 - El que se dejó caer.
 - Llegan al mismo tiempo.
 - Depende de la altura de lanzamiento.
 - Depende de la velocidad inicial.
8. El ángulo de la velocidad de lanzamiento para el cual un proyectil recorre una distancia horizontal máxima es.
- 0
 - 30°
 - 45°
 - 60°
 - 90°
9. Imagine que un objeto se envía al espacio exterior, lejos de cualquier galaxia, estrella u otro objeto estelar. ¿Qué podemos decir de su masa y su peso?
- Cambia la masa pero no el peso.
 - Aumenta la masa y el peso.
 - Cambia el peso pero no la masa.
 - No cambian ni la masa ni el peso.
 - A esa distancia ambas se hacen cero.
10. Un semáforo con masa m pende de dos cables ligeros, uno a cada lado. Los cables forman con un ángulo de 45° respecto a la horizontal. ¿Qué tensión hay en cada cable?
- $2mg$
 - mg
 - 0
 - $\frac{mg}{2}$
 - $mg/\sqrt{2}$

11. Un jugador de béisbol golpea la pelota con un bate. Si la fuerza con que éste golpea la pelota se considera como la fuerza de acción, ¿Cuál es la fuerza de reacción?
- a) ___ La fuerza que el bate ejerce sobre las manos del bateador.
 - b) ___ La fuerza sobre la pelota que ejerce el guante de la persona que consigue atraparla.
 - c) ___ La fuerza que el lanzador ejerce sobre la bola mientras la lanza.
 - d) ___ El rozamiento, ya que la pelota está en rotación hasta que se detiene.
 - e) ___ La fuerza que la pelota ejerce sobre el bate.

12. Ana y Carlos se encuentran patinando sobre una pista de hielo. En un momento dado se colocan frente a frente, tal como se muestra en la figura. De esta manera ambos extienden sus brazos y Carlos empuja las manos de Ana. ¿Cuál de las siguientes opciones describe adecuadamente esta interacción?

- a) ___ Ana ejerce una fuerza sobre Carlos, pero Carlos no ejerce fuerza sobre Ana.
- b) ___ Carlos ejerce una fuerza sobre Ana, pero Ana no ejerce fuerza sobre Carlos.
- c) ___ Ana ejerce una fuerza mayor sobre Carlos, que la fuerza que Carlos ejerce sobre Ana.
- d) ___ Ana ejerce una fuerza de igual magnitud sobre Carlos, que la fuerza que Carlos ejerce sobre Ana.
- e) ___ Ana ejerce una fuerza menor sobre Carlos, que la fuerza que Carlos ejerce sobre Ana.



13. Si se toma como referencia el punto ubicado entre Ana y Carlos, tal como se muestra en la figura anterior. ¿Cuál de las siguientes opciones describe adecuadamente lo que ocurre después de la situación ilustrada?

- a) ___ Carlos permanece inmóvil y Ana se mueve hacia la izquierda del punto.
- b) ___ Carlos permanece inmóvil y Ana se mueve hacia la derecha del punto.
- c) ___ Ana permanece inmóvil y Carlos se mueve hacia la izquierda del punto.
- d) ___ Ana permanece inmóvil y Carlos se mueve hacia la derecha del punto.
- e) ___ Carlos hacia la derecha y Ana hacia la izquierda del punto.

14. La fuerza neta que actúa sobre un objeto en movimiento bruscamente se hace cero. En consecuencia, el objeto

- a) ___ Se para de repente.
- b) ___ Se para al cabo de un cierto tiempo.
- c) ___ Cambia de dirección.
- d) ___ Continúa a velocidad constante.
- e) ___ Cambia de dirección de una forma impredecible.

15. Un bloque de masa m descansa sobre un plano inclinado que forma un ángulo θ con la horizontal. El coeficiente de fricción estática μ_e entre el bloque y el plano es

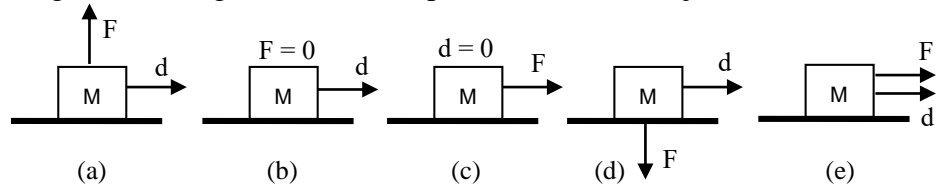
- a) ___ $\mu_e \geq g$
- b) ___ $\mu_e = \text{tg}\theta$
- c) ___ $\mu_e \leq \text{tg}\theta$
- d) ___ $\mu_e \geq \text{tg}\theta$
- e) ___ $\mu_e \leq g$

16. Un bloque de masa m se desliza a velocidad constante hacia abajo por un plano inclinado que forma un ángulo θ con la horizontal. Con respecto al coeficiente de fricción cinética μ_c , se verifica que
- $\mu_c = mg \sin \theta$
 - $\mu_c = \tan \theta$
 - $\mu_c = 1 - \cos \theta$
 - $\mu_c = \cos \theta$
 - $\mu_c = \cos \theta - \sin \theta$
17. Un bloque de masa m comprime un resorte hasta una distancia x y luego se deja en libertad. El resorte proyecta el bloque a lo largo de una superficie horizontal sin rozamiento con una velocidad V . El mismo resorte proyecta un segundo bloque de masa $4m$ con una velocidad $3V$. ¿A qué distancia se comprimió el resorte en este último caso?
- $\sqrt{4vmk}$
 - $\sqrt{\frac{mv}{2k}}$
 - $6v \sqrt{\frac{m}{k}}$
 - $\sqrt{\frac{4k}{mv}}$
 - $3m \sqrt{\frac{k}{v}}$
18. Si se duplica la velocidad, la energía cinética
- se cuadruplica.
 - se duplica.
 - permanece constante.
 - se divide a la mitad.
 - se eleva al cuadrado.
19. Si se duplica la altura, la energía potencial gravitatoria
- se cuadruplica.
 - se duplica.
 - permanece constante.
 - se divide a la mitad.
 - se eleva al cuadrado.
20. ¿Para cuál de los siguientes ángulos entre la fuerza aplicada a un cuerpo y su desplazamiento, el trabajo de la fuerza es negativo?
- 0°
 - 90°
 - 180°
 - 270°
 - 360°
21. Una esfera se suelta desde una altura H sobre una rampa con cierta fricción, al final se encuentra un resorte, el cual es comprimido totalmente por la esfera, luego de esto
- la esfera regresa y alcanza su altura inicial.
 - la esfera se queda en reposo mucho antes de subir la rampa.
 - la esfera regresa y alcanza una altura superior a la inicial.
 - la esfera regresa y alcanza una altura inferior a la inicial.
 - la esfera queda adherida al resorte.



22. ¿En cuál de las siguientes imágenes la fuerza aplicada realiza trabajo?

- a) ___
- b) ___
- c) ___
- d) ___
- e) ___



23. Dos exploradores, S y J deciden ascender a la cumbre de una montaña, S escoge el camino más corto por la pendiente más abrupta, mientras que J, que pesa lo mismo que S, sigue un camino más largo, de pendiente suave. Al llegar a la cima comienzan a discutir sobre cuál de los dos ganó más energía potencial. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta?

- a) ___ S gana más energía potencial que J.
- b) ___ S gana menos energía potencial que J.
- c) ___ S gana la misma energía potencial que J.
- d) ___ Para comparar las energías debemos conocer el tiempo que cada uno tardó en subir a la cima.
- e) ___ Para comparar las energías debemos conocer la longitud de las dos trayectorias.

24. ¿Qué trabajo se necesita para alargar un resorte 2 cm a partir de su posición natural en comparación con el necesario para alargarlo 1 cm, también desde su posición natural?

- a) ___ Se realiza el mismo trabajo.
- b) ___ Se realiza el doble del trabajo para alargarlo 2 cm.
- c) ___ Se realiza el doble del trabajo para alargarlo 1 cm.
- d) ___ Se realiza cuatro veces más trabajo para alargarlo 1 cm.
- e) ___ Se realiza cuatro veces más trabajo para alargarlo 2 cm.

Anexo 3. Prueba de evaluación para conocer el nivel de desarrollo de habilidades científicas.



Universidad Simón Bolívar
 Sede Litoral
 Departamento de Formación General y Ciencias Básicas
 Área de Física
 Profesor José Ferreira

Carnet: _____ Sección: _____ Fecha: _____

Lea cuidadosamente el siguiente planteamiento y las preguntas asociadas, responda a cada una y argumente según sea el caso. Descripción: un grupo de estudiantes realizó un experimento en cual se colgaban diferentes masas en el extremo de un resorte y posteriormente se estiraba para que al soltarlo comenzara a oscilar, simultáneamente se medía el tiempo de esas oscilaciones, a continuación, se muestran los datos obtenidos en este experimento:

| Sube y baja | | | | | |
|-----------------------------|--|---------------------------------------|----------------------------|--------------|------------------------------|
| Masa [M ± 0,001] [Kg] | Longitud del resorte con la masa [Y ₀ ± 0,1] [cm] | Punto de partida [Y ± 0,1] [cm] | Tiempo [t ± 0,1] [s] | Oscilaciones | Periodo [T ± 0,01] [s] |
| 0,200 | 38,4 | 42,0 | 4,64 | 10 | 0,46 |
| 0,300 | 38,4 | 45,0 | 5,73 | 10 | 0,57 |
| 0,400 | 38,4 | 47,0 | 6,68 | 10 | 0,67 |
| 0,500 | 36,5 | 48,0 | 7,12 | 10 | 0,71 |
| 0,600 | 40,3 | 55,0 | 7,94 | 10 | 0,79 |
| 0,700 | 41,4 | 50,0 | 8,45 | 10 | 0,85 |

1. ¿Cuál cree fue la intención de este experimento?

2. ¿Qué conceptos físicos relacionas con este experimento?

3. ¿Qué hipótesis podrías plantear para este experimento?

4. ¿Cuáles son las variables de este experimento?
 Variable independiente: _____
 Variable dependiente: _____
 Variables a controlar: _____

5. ¿Qué factores influyen al momento de realizar las mediciones?

6. ¿Qué procedimiento seguirías para el análisis de los datos presentados en función de la hipótesis planteada?

7. ¿Cuál sería la expresión matemática relacionada con el modelo físico relacionado con este experimento?

8. ¿Cuál sería la forma más adecuada de presentar las conclusiones de este experimento?

9. ¿De qué otra forma realizarías el experimento para estudiar este modelo físico?

10. ¿Qué aplicación en la vida cotidiana tiene el modelo físico que usaste para explicar del experimento?

Anexo 4. Instrumentos para la evaluación del problema para resolver en equipo.

Anexo 4.1. Problema para resolver en equipo (Pre-test).



Universidad Simón Bolívar
Sede Litoral
Departamento de Formación General y Ciencias Básicas
Área de Física
Profesor José Ferreira

Problema para resolver en equipo.

Sección: _____ Fecha: _____

Carnet: _____, _____, _____, _____, _____, _____

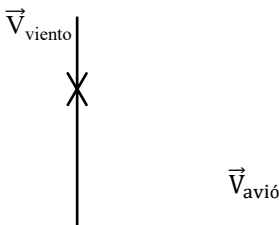
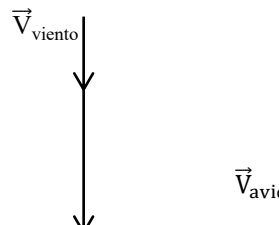
A continuación, se les presenta un problema que debe ser resuelto con sus compañeros.

Un concurso de aerodelismo tiene las siguientes normas: Cada avión debe volar hasta un punto situado a 1 Km de la salida y regresar de nuevo. El vencedor será el avión que realice el circuito completo en el tiempo más corto. Los competidores tienen la libertad de escoger el recorrido que desean, siempre que el avión se aleje 1 Km de la salida y después regrese. El día del concurso, un viento uniforme sopla del norte a 5 m/s. uno de los modelos puede mantener una velocidad respecto del aire de 15 m/s y se considera que los tiempos de arranque, parada y giro son despreciables. Se plantea la cuestión siguiente: ¿debe plantearse el vuelo a favor del viento y contra el viento en el circuito o con viento cruzado este y oeste? Analícese el plan sobre estas dos alternativas: (1) el avión vuela 1 Km al norte y después regresa; (2) El avión recorre 1 Km hacia el este al arrancar y después regresa.

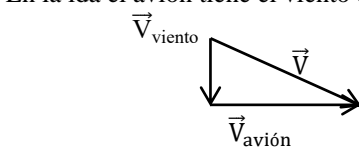
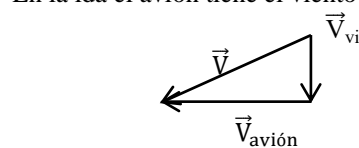
Anexo 4.1.2. Solución del pre-test: problema del concurso de aerodelismo.

Datos: $\vec{V}_{\text{viento}} = -5\hat{j}[\text{m/s}]$, $\vec{V}_{\text{avión}} = 15\hat{i}[\text{m/s}]$, $\vec{d} = 1000\text{m}$

Opción 1: Con viento en contra y a favor.

| Ida | Vuelta |
|---|--|
| <p>En la ida el avión tiene el viento en contra:</p>  <p>Velocidad del avion con respecto al viento en la ida: $\vec{V}_{\text{avión}} = (15 - 5)\hat{j}[\text{m/s}] = 10\hat{j}[\text{m/s}]$ El tiempo de ida es:</p> $t_{\text{ida}} = \frac{1000\text{m}}{10 \text{ m/s}} = 100 \text{ seg}$ | <p>En la ida el avión tiene el viento a favor:</p>  <p>Velocidad del avion con respecto al viento en la vuelta: $\vec{V}_{\text{avión}} = (-15 - 5)\hat{j}[\text{m/s}] = -20\hat{j}[\text{m/s}]$ El tiempo de ida es:</p> $t_{\text{ida}} = \frac{-1000\text{m}}{-20 \text{ m/s}} = 50 \text{ seg}$ |
| Teiempo total: $t_{\text{Total}} = 150 \text{ seg}$ | |

Opción 2: Con viento lateral.

| Ida | Vuelta |
|---|---|
| <p>En la ida el avión tiene el viento en contra:</p>  <p>Velocidad del avion con respecto al viento en la ida: $\vec{V} = (15\hat{i} - 5\hat{j})[\text{m/s}]$ $V = \sqrt{(15)^2 + (-5)^2} = 15,81[\text{m/s}]$ El tiempo de ida es:</p> $t_{\text{ida}} = \frac{1000\text{m}}{15,81 \text{ m/s}} = 63,25 \text{ seg}$ | <p>En la ida el avión tiene el viento a favor:</p>  <p>Velocidad del avion con respecto al viento en la vuelta: $\vec{V} = (-15\hat{i} - 5\hat{j})[\text{m/s}]$ $V = \sqrt{(-15)^2 + (-5)^2} = 15,81[\text{m/s}]$ El tiempo de ida es:</p> $t_{\text{ida}} = \frac{-1000\text{m}}{-15,81 \text{ m/s}} = 63,25 \text{ seg}$ |
| Teiempo total: $t_{\text{Total}} = 126,5 \text{ seg}$ | |

Respuesta: El avion tarda menos tiempo con viento cruzado, entonces, la opción correcta es la 2.

Anexo 4.2. Problema para resolver en equipo (Post-test).



Universidad Simón Bolívar
Sede Litoral
Departamento de Formación General y Ciencias Básicas
Área de Física
Profesor José Ferreira

Problema para resolver en equipo.

Sección: _____ Fecha: _____

Carnet: _____, _____, _____, _____, _____, _____.

A continuación, se les presenta un problema que debe ser resuelto con sus compañeros.

Seis unidades diésel en serie pueden suministrar 13,4 MW al primer vagón de un tren de carga. Las unidades tienen una masa total de $1,1 \times 10^6$ kg. Los vagones tienen una masa media de $8,2 \times 10^4$ Kg y cada uno requiere una tracción horizontal de 2,8 KN para moverse a 27 m/s (constante) en vías horizontales. a) ¿Cuántos vagones puede tener el tren en estas condiciones? b) En tal caso, no sobraría potencia para acelerar ni para subir cuestas. ¿Cuánta fuerza adicional se requerirá para que el tren pueda subir una pendiente de 1,0 % ($\alpha = \arctg 0,010$). Sin embargo, como las unidades diésel no pueden suministrar más potencia ¿Cuántos vagones pueden arrastrar subiendo la pendiente de 1,0 % con rapidez constante de 27 m/s?

Anexo 4.2.1. Solución del Post-test: Problema del tren.

Datos: $P_{UD} = 13,4 \text{ MW}$, $M_{UD} = 1,1 \times 10^6 \text{ kg}$, $M_{vag} = 8,2 \times 10^4 \text{ Kg}$, $F = 2,8 \text{ KN}$, $V = 27 \text{ m/s}$

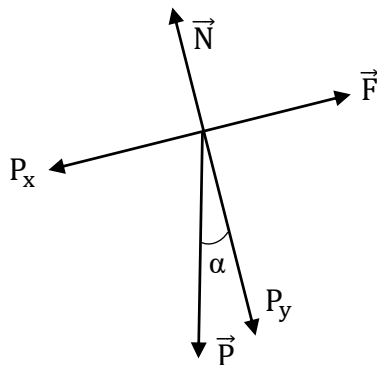
- a) Para calcular el número de vagones que pueden arrastrar las unidades diesel, se divide el trabajo total que pueden realizar las unidades diesel entre el trabajo necesario para arrastrar cada vagón a esa velocidad:

$$\frac{13,4 \times 10^6 \text{ W}}{(2,8 \times 10^3 \text{ N})(27 \text{ m/s})} = 177,24$$

Redondeando, se puede decir que el número de vagones en total que puede arrastrar el tren es: 177 vagones.

- b) Primero se calcula el ángulo de inclinación a partir de la relación dada ($\alpha = \arctg(0,010)$), cuyo resultado es: $\alpha = 0,6$

Luego, se realiza el diagrama de cuerpo libre para extraer las ecuaciones



$$\sum F_y: \vec{N} - P_y = 0 \text{ (I)}$$

$$\sum F_x: \vec{F} - P_x = 0 \text{ (II)}$$

A partir de la ecuación II, se tiene que:

$$-M\vec{a} = M\vec{g}\text{sen}\alpha$$

Despejando la aceleración:

$$\vec{P}_y \vec{a} = \vec{g}\text{sen}\alpha$$

$$\vec{a} = 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \text{sen}(0,6) = 0,098 \text{ m/s}^2$$

Para hallar la fuerza adicional, se debe multiplicar esta aceleración de cada vagón, entonces:

$$F = 8,2 \times 10^4 \text{ Kg} \cdot 0,098 \text{ m/s}^2 = 8036 \text{ N}$$

La fuerza adicional para que el tren pueda subir una pendiente de 1,0 % es $1,4 \times 10^6 \text{ N}$

- c) La potencia adicional es:

$$P_{UD} = (1,1 \times 10^6 \text{ kg})(9,80 \text{ m/s}^2)(0,010)(27 \text{ m/s}) = 2,9 \text{ MW}$$

Pero como no se puede tener más potencia adicional, y hay que quitar vagones para poder subir la pendiente, entonces hay que restar la cantidad de potencia adicional a la potencia que pueden entregar las unidades diesel:

$$P_{neta} = 13,4 \times 10^6 \text{ W} - 2,9 \times 10^6 \text{ W} = 10,5 \times 10^6 \text{ W}$$

Ahora, si dividimos esta potencia entre la fuerza requerida para mover a cada vagón entre la fuerza requerida para mover cada vagón más la fuerza adicional requerida para subir la pendiente por la velocidad, entonces:

$$\frac{10,5 \times 10^6 \text{ W}}{(2800 \text{ N} + 8036 \text{ N}) \cdot 27 \text{ m/s}} = 35,9$$

Redondeando, se puede decir que el número de vagones que tendrían que quitarse para que el tren pueda subir la pendiente es: 36 vagones, es decir, la cantidad de vagones que pueden arrastra subiendo es 140.

Anexo 4.3. Criterios para la evaluación de los problemas resueltos en equipo.

A continuación, se presentan los criterios de evaluación para la evaluación de los problemas resueltos colaborativamente. Para la asignación de los puntos, cada respuesta debe cumplir con todos los aspectos señalados dentro del cuadro debajo de cada número.

| Categoría | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-------------------------|---|---|---|---|--------------------------|
| | Avanzado | Integrado | Intermedio | Rudimentario | |
| Representación gráfica | - Realiza un dibujo en el que se describe la situación planteada. - Realiza el/los diagrama(s) con vectores. | - Realiza el/los diagrama(s) con vectores. | - Realiza un dibujo en el que se describe la situación planteada. | - Realiza un dibujo poco descriptivo o los diagramas con vectores están incompletos/con errores. | Incorrecto o No responde |
| Razonamiento matemático | - Escribe las ecuaciones correspondientes con la(s) pregunta planteada(s). - Sustituye todos los valores correctamente y el resultado es correcto. | - Escribe las ecuaciones correspondientes con la(s) pregunta planteada(s). - Sustituye todos los valores correctamente y algunos cálculos son incorrectos/incompletos. | - Faltan algunas ecuaciones o algunos valores y cálculos son incorrectos/incompletos. | - La cantidad de ecuaciones y cálculos son muy escasos como para responder a la(s) pregunta planteada(s). | |
| Argumentación | - Describe los pasos necesarios para resolver el problema. - Responde a todas las preguntas con explicaciones basadas en el modelo físico y en los resultados obtenidos correctamente. | - Responde a todas las preguntas con explicaciones basadas en el modelo físico y en los resultados obtenidos correctamente. | - Describe los pasos necesarios para resolver el problema y da una respuesta correcta basada en resultados incorrectos/incompletos. | - Describe algunos pasos, da una respuesta correcta basada en resultados incorrectos/incompletos o da una respuesta incorrecta/incompleta basada en resultados correctos. | |

Nota:

¹Estas categorías dependen de los elementos que se encuentren en el problema modelo. Ejemplo: Si en el problema modelo solo se realiza un diagrama con vectores, entonces solo se debe evaluar un diagrama con vectores en el problema a corregir.

Anexo 4.4. Cuestionario sobre la solución del problema en equipo.



Universidad Simón Bolívar
Sede Litoral
Departamento de Formación General y Ciencias Básicas
Área de Física
Profesor José Ferreira

Cuestionario sobre la solución del problema en equipo.

Sección: _____ Fecha: _____ Carnet: _____

Lea cuidadosamente las preguntas que se le hacen a continuación.

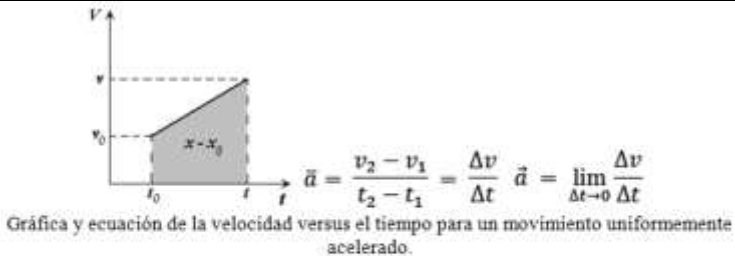
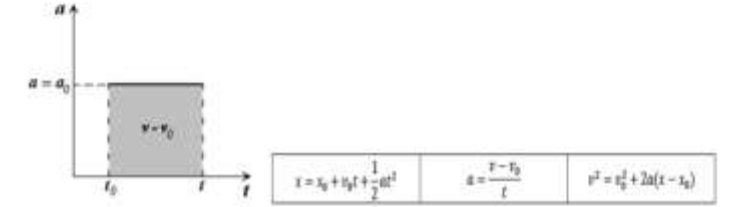
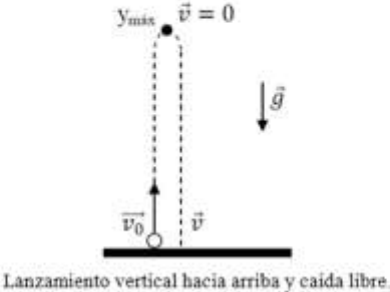
1. Nombra un aspecto positivo del trabajo en equipo.

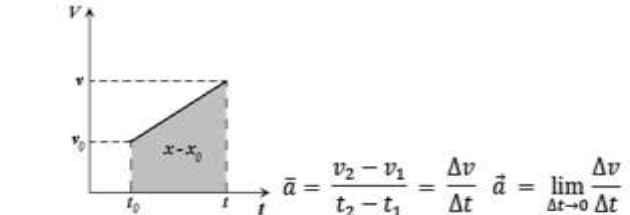
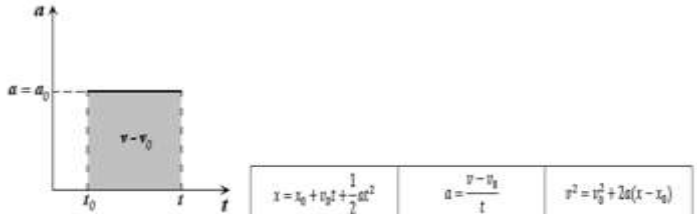
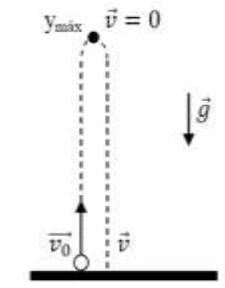
2. Nombra un aspecto negativo del trabajo en equipo.

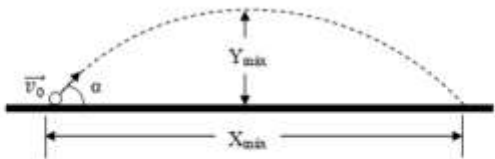
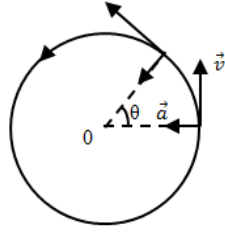
3. ¿Hubo un líder que guiara el proceso de solución del problema?
a) ___ Sí, y siempre fue la misma persona. b) ___ No, cada uno tomo decisiones que ayudaron a resolver el problema.
4. ¿Todos contribuyeron de manera productiva a la solución del problema?
a) ___ Sí, todos realizaron aportes de calidad. b) ___ No, algunos trabajaron más que otros.
5. ¿Cómo fue la toma de decisiones dentro del grupo?
a) ___ Las decisiones las tomaba siempre la misma persona. b) ___ Todos analizábamos la situación antes de realizar algún procedimiento.
6. ¿Haber trabajado en grupo ayudó a resolver el problema?
a) ___ Sí b) ___ No

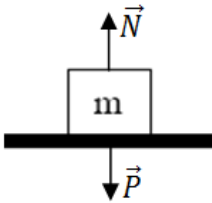

Anexo 5. Campo Conceptual de la asignatura Física I.

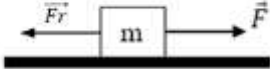
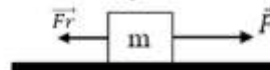
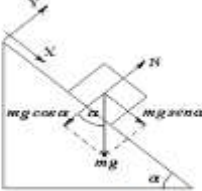
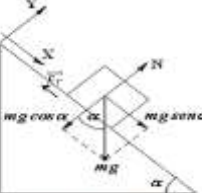
A continuación, se muestra el Campo Conceptual construido a partir de los temas pertenecientes al programa de la asignatura de física I.

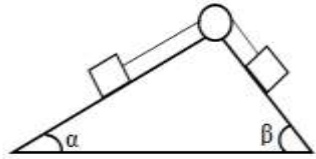
| Situación | Conjunto de Conocimientos, Conceptos y Teoremas | Representaciones |
|--|---|--|
| <p>1. Una partícula se mueve uniformemente en línea recta.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • La posición de la partícula depende del sistema de referencia. • El desplazamiento es la variación de la posición. • El modulo del vector desplazamiento es la distancia • La velocidad media es el cambio de posición en función del tiempo. • El modulo del vector velocidad es la rapidez. |  <p>Gráfica y ecuación de la velocidad versus el tiempo para un movimiento uniformemente acelerado.</p>  <p>Gráfica y ecuaciones de la aceleración versus el tiempo para un movimiento con aceleración constante.</p>  <p>Lanzamiento vertical hacia arriba y caída libre.</p> |

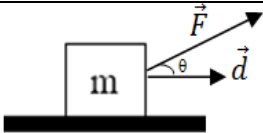
| Situación | Conjunto de Conocimientos, Conceptos y Teoremas | Representaciones |
|---|---|--|
| <p>2. Una partícula se mueve aceleradamente en línea recta.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • La aceleración media es el cambio de velocidad en función del tiempo. • Si el cambio de velocidad es positivo se dice que la partícula está acelerando. • Si el cambio de velocidad es negativo se dice que la partícula está desacelerando. • Cuando el movimiento es vertical, el valor de la aceleración es constante y es igual al valor de la gravedad en el lugar donde se encuentre la partícula. • Se le llama caída libre cuando se deja caer desde cierta altura una partícula. • Se le llama lanzamiento vertical cuando se aplica una velocidad inicial a una partícula. • En el vacío todos los cuerpos caen con la misma velocidad. |  <p>Gráfica y ecuación de la velocidad versus el tiempo para un movimiento uniformemente acelerado.</p>  <p>Gráfica y ecuaciones de la aceleración versus el tiempo para un movimiento con aceleración constante.</p>  <p>Lanzamiento vertical hacia arriba y caída libre.</p> |

| Situación | Conjunto de Conocimientos, Conceptos y Teoremas | Representaciones | | | | | | | | | | |
|--|---|--|-------|-------|--|------------------------------------|---------------------|---|------------------------------|--|---|--|
| <p>3. Se dispara una partícula de tal manera que su trayectoria describe una parábola.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Horizontalmente la partícula describe un movimiento rectilíneo uniforme. • Verticalmente la partícula describe un movimiento en caída libre. • En ausencia de resistencia del aire, el ángulo para el cual una partícula alcanza su mayor distancia horizontal es 45°. |  <p>Trayectoria de un movimiento en dos dimensiones.</p> <table border="1" data-bbox="1377 518 1892 798"> <thead> <tr> <th>Eje X</th> <th>Eje Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$v_{0x} = v_0 \cos \alpha = v_0 \cdot \cos \alpha$</td> <td>$v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha$</td> </tr> <tr> <td>$X = t \cdot v_0$</td> <td>$Y - Y_0 = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$</td> </tr> <tr> <td>$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$</td> <td>$v_y^2 = v_{0y}^2 + 2 \cdot g \cdot (Y - Y_0)$</td> </tr> <tr> <td>$R = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$ <small>Donde R el alcance horizontal máximo</small></td> <td>$t = \frac{v_y - v_0}{g}$ <small>Para todos los casos con $g = -9.81 \text{ m/s}^2$.</small></td> </tr> </tbody> </table> <p>Ecuaciones para el movimiento en dos dimensiones.</p> | Eje X | Eje Y | $v_{0x} = v_0 \cos \alpha = v_0 \cdot \cos \alpha$ | $v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha$ | $X = t \cdot v_0 $ | $Y - Y_0 = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$ | $ v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ | $v_y^2 = v_{0y}^2 + 2 \cdot g \cdot (Y - Y_0)$ | $R = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$ <small>Donde R el alcance horizontal máximo</small> | $t = \frac{v_y - v_0}{g}$ <small>Para todos los casos con $g = -9.81 \text{ m/s}^2$.</small> |
| Eje X | Eje Y | | | | | | | | | | | |
| $v_{0x} = v_0 \cos \alpha = v_0 \cdot \cos \alpha$ | $v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha$ | | | | | | | | | | | |
| $X = t \cdot v_0 $ | $Y - Y_0 = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$ | | | | | | | | | | | |
| $ v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ | $v_y^2 = v_{0y}^2 + 2 \cdot g \cdot (Y - Y_0)$ | | | | | | | | | | | |
| $R = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$ <small>Donde R el alcance horizontal máximo</small> | $t = \frac{v_y - v_0}{g}$ <small>Para todos los casos con $g = -9.81 \text{ m/s}^2$.</small> | | | | | | | | | | | |
| <p>4. Movimiento circular uniforme</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Cuando la trayectoria de una partícula forma un círculo y su velocidad cambia de dirección, pero no de magnitud, entonces se dice que ese movimiento es circular uniforme. • El vector aceleración apunta hacia el centro del círculo, dicha aceleración también es llamada aceleración radial o centrípeta. |  <p>Representación de un movimiento circular uniforme</p> | | | | | | | | | | |
| <p>5. Movimiento relativo</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Velocidad relativa: La velocidad de la partícula relativa a A es igual a la velocidad de la partícula relativa a B más la velocidad de B relativa a A. | $\vec{V}_{p/A} = \vec{V}_{p/B} + \vec{V}_{B/A}$ <p>Ecuación de la velocidad relativa.</p> | | | | | | | | | | |

| Situación | Conjunto de Conocimientos, Conceptos y Teoremas | Representaciones |
|---|---|---|
| <p>6. Un cuerpo se encuentra en reposo o con movimiento rectilíneo uniforme.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo a no ser que sea obligado por fuerzas impresas a cambiar su estado. • Lo que hace cambiar el estado de reposo o de velocidad constante de un cuerpo, es que el resultado de la suma de las fuerzas que actúan sobre él sea diferente de cero. • La fuerza normal \vec{N} es la fuerza que ejerce la superficie en contra del cuerpo. Además, su dirección siempre es normal a la superficie. • El peso \vec{P} es la fuerza gravitatoria que ejerce el planeta sobre los cuerpos. Además, su dirección apunta directamente hacia abajo del eje de las ordenadas. |  <p>Representación de los vectores fuerza normal y fuerza gravitatoria (peso).</p> |
| <p>7. Un cuerpo que se encuentra en reposo sobre una superficie con roce despreciable, se le aplica una fuerza.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • La aceleración del cuerpo es directamente proporcional a la fuerza aplicada e inversamente proporcional a la masa del cuerpo. |  <p>Representación del vector fuerza aplicada.</p> |

| Situación | Conjunto de Conocimientos, Conceptos y Teoremas | Representaciones |
|--|---|--|
| <p>8. A un cuerpo que se encuentra en reposo sobre una superficie con una cierta rugosidad, se le aplica una fuerza.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Si la magnitud de la fuerza de roce igual o mayor a la de la fuerza aplicada, entonces el cuerpo no se moverá. • Si la magnitud de la fuerza de roce es menor a la de la fuerza aplicada, entonces el cuerpo se acelerará en dirección de la fuerza aplicada. | $\vec{F} \leq \vec{F}_r \vec{F}_r = \mu_c \vec{N}$  <p>Representación del vector fuerza de roce dinámico.</p> $\vec{F} > \vec{F}_r \vec{F}_r = \mu_c \vec{N} \vec{F} - \vec{F}_r = m \cdot \vec{a}$  <p>Representación del vector fuerza de roce dinámico.</p> |
| <p>9. Se suelta un cuerpo desde cierta altura de un plano inclinado con un roce despreciable.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Cuando se suelta el objeto desde un plano inclinado sin roce, éste se desplazará hacia la parte inferior debido a la componente horizontal del peso del cuerpo. |  <p>Representación de un plano inclinado.</p> |
| <p>10. Se suelta un cuerpo desde cierta altura de un plano inclinado con una superficie rugosa.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Cuando se suelta el objeto desde un plano inclinado desde una superficie rugosa, la fuerza de roce estará dirigida en contra del movimiento. <p>Nota: aquí también se cumplen los mismos elementos de la situación anterior con la diferencia de la fuerza aplicada se sustituye por la componente horizontal del peso.</p> |  <p>Representación de un plano inclinado con fricción.</p> |

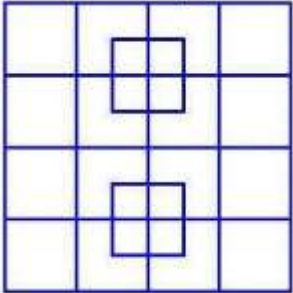
| Situación | Conjunto de Conocimientos, Conceptos y Teoremas | Representaciones |
|--|--|--|
| <p>11. Se tienen dos cuerpos unidos por una cuerda inextensible y de masa despreciable que pasa a través de una Polea.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • El movimiento del sistema depende de: <ul style="list-style-type: none"> - Los ángulos α y β. - El coeficiente de fricción entre la superficie y cada cuerpo. |  <p>Representación de un sistema conformado por un plano inclinado y dos masas unidas por una cuerda.</p> |
| <p>12. Momento de una fuerza (Torque) y Equilibrio de rotación.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • El momento de una fuerza o torque es el producto vectorial de la fuerza por el brazo de palanca. • Se llama equilibrio de rotación cuando el torque neto del sistema es cero. | $\tau = \vec{F} \times \vec{r}$ <p>Ecuación para el torque o momento de una fuerza.</p> $\Delta\tau = 0$ <p>Ecuación para el equilibrio de rotación.</p> |
| <p>13. Cantidad de movimiento, Impulso y Colisiones.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Impulso de una fuerza se define como la integral de la fuerza extendida al intervalo de tiempo durante el que actúa. • La Cantidad de movimiento o momento lineal se conserva cuando la aceleración es cero. • Un choque es elástico cuando la energía cinética es la misma antes y después del choque. • Un choque es perfectamente inelástico cuando los objetos quedan completamente unidos después del choque o estaban unidos al principio y luego se separan. | $I = \int_0^t F dt$ <p>Ecuación para el impulso de una fuerza.</p> $\Delta p = 0 \quad p = mv$ <p>Ecuación de la cantidad de movimiento o momento lineal.</p> $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$ <p>Ecuación para el choque elástico.</p> $m_1 v_1 + m_2 v_2 = V(m_1 + m_2)$ <p>Ecuación para el choque perfectamente inelástico.</p> |

| Situación | Conjunto de Conocimientos, Conceptos y Teoremas | Representaciones |
|--|--|--|
| 12. Teorema del trabajo. | <ul style="list-style-type: none"> • El trabajo es una magnitud escalar que expresa la cantidad de fuerza ejercida sobre un objeto a lo largo de una distancia, como la fuerza y el desplazamiento son vectores, el trabajo está relacionado con el coseno del ángulo que forman. |  <p data-bbox="1391 451 1910 475">Representación de una fuerza aplicada que efectúa trabajo.</p> |
| 13. Conservación de la energía mecánica. | <ul style="list-style-type: none"> • Si solo la fuerza gravitatoria efectúa trabajo, la energía mecánica total se conserva. • La energía cinética es la energía del movimiento, y es directamente proporcional al producto de la masa del objeto y la velocidad al cuadrado. • La energía potencial es la energía almacenada que puede ser transformada en movimiento. En mecánica hay dos tipos de energía potencial, la gravitatoria y la elástica. | $E = E_c + E_p$ <p data-bbox="1462 555 1832 579">Ecuación para la energía mecánica total.</p> $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ <p data-bbox="1496 659 1798 683">Ecuación para la energía cinética.</p> $E_{pg} = mgy \quad E_{pe} = \frac{1}{2}kx^2$ <p data-bbox="1391 770 1910 794">Ecuación para la energía potencial gravitatoria y elástica.</p> |
| 14. Movimiento Armónico Simple. | <ul style="list-style-type: none"> • Un movimiento oscilatorio es armónico simple, si la fuerza de restitución es proporcional al desplazamiento respecto al equilibrio. | $F_x = -kx$ <p data-bbox="1391 882 1910 906">Ecuación para la Fuerza de restitución de un resorte ideal.</p> |

Anexo 6. Descripción de las actividades durante la aplicación del MoPICFi.

Anexo 6.1. Descripción de las sesiones de tutoría.

[AC]: Estrategias para aprender a aprender juntos. [AP]: Ayudas pedagógicas. [CC]: Situaciones del campo conceptual. [FI]: Fase del proceso de indagación.

| Tutoría 1: Estrategias para el trabajo en equipo (Parte I). | |
|--|--|
| Componentes del MoPICFi | [AC]: Liderazgo distribuido. [AP] Hoja de trabajo, Preguntas. [CC]: Cinemática. [FI]: Procesar los datos, extraer las conclusiones. |
| Objetivos | <ul style="list-style-type: none"> - Promover conciencia sobre la importancia de determinados comportamientos de los diferentes miembros del equipo para garantizar el éxito del trabajo en equipo. - Adquirir herramientas para desarrollar el liderazgo distribuido del equipo de trabajo. |
| Procedimiento Tiempo total: 90 minutos. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Completar las tareas que se encuentran en el <i>anexo A</i>. 2. Cada estudiante debe recordar y explicar a los compañeros, una experiencia de éxito y otra de fracaso sobre el trabajo en equipo. 3. Después de cada intervención el equipo debe realizar una lista de “buenos” y “malos” comportamientos para el trabajo en equipo. 4. Tomando en cuenta el problema descrito en el <i>anexo B</i>, siga los siguientes pasos: <ol style="list-style-type: none"> a) Dentro del sobre encontrarán las características relacionadas con el liderazgo distribuido. b) Un integrante del equipo tomará una de las tarjetas dentro del sobre y actuará en función de la característica seleccionada. c) Otro integrante tomará el sobre, sacará la siguiente tarjeta y actuará en función de la característica seleccionada. Esta acción se repetirá hasta que cada miembro del equipo tenga su tarjeta. d) Cada uno desde su rol, trabajará en equipo para resolver el problema planteado. 5. En los últimos 15 minutos de la sesión, deben reflexionar sobre dos aspectos: <ul style="list-style-type: none"> - El aporte individual para la solución del problema. - El aporte individual para el buen funcionamiento del equipo. 6. Completar el formulario sobre el trabajo en equipo. |
| Anexo A | <p>Título: Cuenta los cuadros que ves en este dibujo y anótalos.</p> <p>Ronda 1 – Individualmente:</p> <p>_____</p> <p>Ronda 2 – Pareja:</p> <p>_____</p> <p>Ronda 3 – Equipo:</p> <p>_____</p> <p>¿Hubo diferencias en las cuentas? ¿Por qué?</p>  |
| Anexo B | <p>Una familia promedio de cuatro miembros utiliza alrededor de 1200 litros (unos 300 galones) de agua por día (un litro = 1000 cm³) ¿Cuánta profundidad perdería un lago por año si cubriera uniformemente un área de 50 kilómetros cuadrados y abasteciera a una ciudad local con una población de 40000 personas? Considere solo los usos de la población y desprecie la evaporación y cosas parecidas.</p> |

| | |
|---|---|
| Tutoría 2: Estrategias para el trabajo en equipo (Parte II). | |
| Componentes del MoPICFi | [AC]: Compromiso mutuo, reflexión grupal. [AP] Hoja de trabajo, Preguntas. [CC]: Cinemática. [FI]: Procesar los datos, extraer las conclusiones. |
| Objetivos | - Conocer las estrategias de trabajo en equipo, específicamente en lo relacionado con el compromiso mutuo y la reflexión dentro de un equipo de trabajo. |
| Procedimiento Tiempo total: 90 minutos. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Cada integrante del equipo, escribirá en una hoja de papel los siguientes aspectos: (tiempo: 15 minutos) <ul style="list-style-type: none"> - Mayor habilidad. - Menor habilidad. - Pasatiempo favorito. - Meta personal. - Una característica positiva que quiere que se evidencie en el equipo. - Un aspecto negativo que no quisiera en el equipo. 2. Cada integrante del equipo leerá lo que escribió anteriormente. 3. Un integrante del equipo tomará una de las tarjetas dentro del sobre y actuará en función de la característica seleccionada. 4. Otro integrante tomará el sobre, sacará la siguiente tarjeta y actuará en función de la característica seleccionada. Esta acción se repetirá hasta que cada miembro del equipo tenga su tarjeta. 5. Cada uno desde su rol, trabajará para establecer por consenso, las normas básicas de convivencia en el equipo. 6. Tomando en cuenta lo anterior, resuelva en equipo el problema mostrado en el anexo. (tiempo: 60 minutos) 7. En los últimos 15 minutos de la sesión, deben reflexionar sobre dos aspectos: <ul style="list-style-type: none"> - El aporte individual para la solución del problema. - El aporte individual para el buen funcionamiento del equipo. 8. Completar el formulario sobre el trabajo en equipo. |
| Anexo | Un concurso de aeromodelismo tiene las siguientes normas: Cada avión debe volar hasta un punto situado a 1 Km de la salida y regresar de nuevo. El vencedor será el avión que realice el circuito completo en el tiempo más corto. Los competidores tienen la libertad de escoger el recorrido que desean, siempre que el avión se aleje 1 Km de la salida y después regrese. El día del concurso, un viento uniforme sopla del norte a 5 m/s. uno de los modelos puede mantener una velocidad respecto del aire de 15 m/s y se considera que los tiempos de arranque, parada y giro son despreciables. Se plantea la cuestión siguiente: ¿debe plantearse el vuelo a favor del viento y contra el viento en el circuito o con viento cruzado este y oeste? Analícese el plan sobre estas dos alternativas: (1) el avión vuela 1 Km al norte y después regresa; (2) El avión recorre 1 Km hacia el este al arrancar y después regresa. |

| | |
|--|---|
| Tutoría 3: Planteamiento del reto científico. | |
| Componentes del MoPICFi | [AC]: Liderazgo distribuido, compromiso mutuo y reflexión grupal. [AP]: Tarjetas, Preguntas. [CC]: Cinemática. [FI]: Establecer el problema. |
| Objetivos | Diseñar un experimento que forme parte de la solución del proyecto planteado. |
| Procedimiento Tiempo total: 90 minutos. | <ol style="list-style-type: none"> 1. El profesor presentará el reto científico y explicará las pautas para ser desarrollado por cada equipo. (tiempo: 15 minutos) <ol style="list-style-type: none"> 1. Un integrante del equipo tomará una de las tarjetas dentro del sobre y actuará en función de la característica seleccionada. 2. Otro integrante tomará el sobre, sacará la siguiente tarjeta y actuará en función de la característica seleccionada. Esta acción se repetirá hasta que cada miembro del equipo tenga su tarjeta. 3. Cada uno desde su rol, trabajará para establecer por consenso, las normas básicas de convivencia en el equipo. 4. 5. El equipo deberá establecer el problema. (tiempo: 60 minutos) 6. En los últimos 15 minutos de la sesión, deben reflexionar sobre dos aspectos: <ul style="list-style-type: none"> - El aporte individual para la solución del problema. - El aporte individual para el buen funcionamiento del equipo. 7. Completar el formulario sobre el trabajo en equipo. (tiempo: 15 minutos) |

| | |
|---|--|
| Tutoría 4: Presentación del diseño experimental. | |
| Componentes del MoPICFi | [AC]: Liderazgo distribuido, Compromiso mutuo y Reflexión grupal. [AP]: Preguntas, presentación con diapositivas. [CC]: Cinemática. [FI]: Diseñar el experimento. |
| Objetivos | Diseñar un experimento que forme parte de la solución del proyecto planteado. |
| Procedimiento Tiempo total: 90 minutos. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Cada equipo deberá exponer en 10 minutos el problema seleccionado y el diseño experimental que implementaran como parte de la solución propuesta. 2. El resto de los equipos analizarán las exposiciones y realizarán preguntas en función de mejorar las propuestas. 3. Un integrante del equipo tomará una de las tarjetas dentro del sobre y actuará en función de la característica seleccionada. 4. Otro integrante tomará el sobre, sacará la siguiente tarjeta y actuará en función de la característica seleccionada. Esta acción se repetirá hasta que todo el miembro del equipo tenga su tarjeta. 5. Completar el formulario sobre el trabajo en equipo. |

| | |
|--|--|
| Tutoría 5: Estrategias para el trabajo en equipo (Parte III). | |
| Componentes del MoPICFi | [AC]: Evaluación entre pares. [AP]: Tarjetas, Preguntas. [CC]: Cinemática. [FI]: Diseñar el experimento. |
| Objetivos | <ul style="list-style-type: none"> - Evaluar el trabajo realizado por cada miembro del equipo en función de los objetivos planteados. - Evaluar el comportamiento de cada miembro del equipo en función de mejorar el trabajo colaborativo. |
| Procedimiento Tiempo total: 90 minutos. | <p>A partir de las actividades realizadas en los días previos y tomando en cuenta las estrategias de aprendizaje colaborativo asignadas a cada uno de los miembros del equipo, siga los siguientes pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reflexionar sobre el aporte individual para la solución de los problemas, la selección del problema y para el diseño del experimento. 2. Reflexionar sobre el aporte individual para el buen funcionamiento del equipo. 3. Al igual que en las actividades anteriores, cada miembro del grupo seleccionará una tarjeta del sobre, en el cual se encontrará las estrategias de trabajo colaborativo que deberá desarrollar durante esta actividad. 4. Completar el formulario sobre el trabajo en equipo. |

| Tutoría 6,7 y 8: <i>Recolección de los datos.</i> | |
|--|--|
| Componentes del MoPICFi | [AC]: Liderazgo distribuido, Compromiso mutuo, Reflexión grupal, Evaluación entre pares. [AP]: Tarjetas, Preguntas, Videos, Programa informático. [CC]: Cinemática. [FI]: Recolectar los datos. |
| Objetivos | - Desarrollar las habilidades científicas correspondientes con la fase procesar los datos. |
| Procedimiento Tiempo total: 90 minutos. | Tutorías 6 y 7: 1. El preparador se encargará de hacer una breve introducción sobre las actividades a realizarse en esa sesión. 2. En función del diseño experimental desarrollado por cada equipo, se procederá a tomar las medidas correspondientes. 3. En los últimos 15 minutos de la sesión, deben reflexionar sobre dos aspectos: - El aporte individual para la solución del problema. - El aporte individual para el buen funcionamiento del equipo. 4. Finalmente, deben completar el formulario sobre el trabajo en equipo. Tutoría 8: en esta sesión de tutoría, además de los pasos anteriores se deben realizar los siguientes: 1. Reflexione sobre el aporte individual con respecto a las actividades realizadas en los días previos, en función de las estrategias de aprendizaje colaborativo asignadas a cada uno de los miembros del equipo y de los avances del proyecto. 2. Al igual que en las actividades anteriores, cada miembro del grupo seleccionará una tarjeta del sobre, en el cual se encontrará las estrategias de trabajo colaborativo que deberá desarrollar durante esta actividad. 3. Completar el formulario sobre el trabajo en equipo. |

| Tutoría 9 y 10: <i>Procesamiento de los datos.</i> | |
|---|--|
| Componentes del MoPICFi | [AC]: Liderazgo distribuido, Compromiso mutuo, Reflexión grupal, Evaluación entre pares. [AP]: Tarjetas, Preguntas, Videos, Programas informáticos. [CC]: Cinemática. [FI]: Procesar los datos. |
| Objetivos | - Desarrollar las habilidades científicas correspondientes con la fase procesar los datos. |
| Procedimiento Tiempo total: 180 minutos. | Tutoría 9: 1. El preparador se encargará de hacer una breve introducción sobre las actividades a realizarse en esa sesión. 2. En función del diseño experimental desarrollado por cada equipo, se procederá a procesar los datos obtenidos en las sesiones anteriores a través de los programas informáticos Tracker y Microsoft Excel. 3. En los últimos 15 minutos de la sesión, deben reflexionar sobre dos aspectos: - El aporte individual para la solución del problema. - El aporte individual para el buen funcionamiento del equipo. 4. Finalmente, deben completar el formulario sobre el trabajo en equipo. Tutoría 10: En esta sesión de tutoría, además de los pasos anteriores se deben realizar los siguientes: 1. Reflexione sobre el aporte individual con respecto a las actividades realizadas en los días previos, en función de las estrategias de aprendizaje colaborativo asignadas a cada uno de los miembros del equipo y de los avances del proyecto. 2. Al igual que en las actividades anteriores, cada miembro del grupo seleccionará una tarjeta del sobre, en el cual se encontrará las estrategias de trabajo colaborativo que deberá desarrollar durante esta actividad. 3. Completar el formulario sobre el trabajo en equipo. |

| | |
|--|--|
| Tutoría 11: Extracción de las <i>conclusiones de la investigación</i> . | |
| Componentes del MoPICFi | [AC]: Liderazgo distribuido, Compromiso mutuo y Reflexión grupal. [AP]: Tarjetas, Preguntas. [CC]: Cinemática. [FI]: Extraer conclusiones. |
| Objetivos | - Desarrollar las habilidades científicas correspondientes con la fase extraer las conclusiones. |
| Procedimiento Tiempo total: 90 minutos. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Reflexione sobre el aporte individual para el desarrollo del diseño del experimento en función de la solución del problema planteado en el proyecto. 2. Reflexione sobre el aporte individual con respecto a las actividades realizadas en los días previos, en función de las estrategias de aprendizaje colaborativo asignadas a cada uno de los miembros del equipo y de los avances del proyecto. 3. Al igual que en las actividades anteriores, cada miembro del grupo seleccionará una tarjeta del sobre, en el cual se encontrará las estrategias de trabajo colaborativo que deberá desarrollar durante esta actividad. 4. Completar el formulario sobre el trabajo en equipo. |

| | |
|---|---|
| Tutoría 12: <i>Divulgación de la investigación</i> . | |
| Componentes del MoPICFi | [AC]: Evaluación entre pares. [AP]: Preguntas, presentación con diapositivas. [CC]: Cinemática. [FI]: Divulgar la investigación. |
| Objetivos | - Desarrollar las habilidades científicas correspondientes con la fase divulgar la investigación. |
| Procedimiento Tiempo total: 90 minutos. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Cada grupo debe entregar su proyecto de investigación en formato de artículo. 2. Para apoyar la exposición del proceso de medición y otros elementos del proyecto puede utilizarse cualquier recurso tales como: poster, diapositivas de PowerPoint, video. Tiempo estimado para la exposición: 10 minutos. 3. Mostrar el montaje del experimento en físico. 4. Cada equipo realizará dos tipos de evaluaciones, una en la que se evaluarán internamente los miembros del equipo y otra en la que se evaluarán a cada equipo siguiendo las pautas dadas por el profesor. 5. Tanto el profesor como los preparadores académicos evaluarán las exposiciones utilizando los mismos criterios que los equipos. |

Anexo 6.2. Descripción de las actividades en las clases teóricas.

[AC]: Estrategias para aprender a aprender juntos. [AP]: Ayudas pedagógicas. [CC]: Situaciones del campo conceptual. [FI]: Fase del proceso de indagación.

| | |
|--|---|
| Actividad experimental demostrativa: <i>¡Reacciona!</i> | |
| Componentes del MoPICFi | [AC]: Liderazgo distribuido, Compromiso mutuo, Reflexión grupal. [AP]: Tarjetas, Preguntas, experimentos de aula. [CC]: Cinemática. [FI]: Recolectar los datos, Procesar los datos, Extraer las conclusiones. |
| Objetivos | - Demostrar la relación entre el tiempo de reacción del ser humano con la caída libre. |
| Procedimiento Tiempo total: 120 minutos. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Un estudiante sujeta una regla verticalmente a cierta altura del suelo, mientras que otro, coloca su mano abierta al final de la regla para intentar sujetarla. 2. El primer estudiante deja caer la regla y en el lugar donde el segundo estudiante la atrape con respecto al punto inicial, será la medida que registrará en una tabla. 3. Repetir los pasos 1 y 2 cinco veces por cada estudiante. 4. Se debe realizar un promedio de las medidas realizadas y posteriormente calcular el tiempo de reacción de cada estudiante. 5. Al final de la actividad cada equipo debe reflexionar sobre el fenómeno observado, para luego, discutir sus conclusiones con toda la clase. <p>Nota: Al igual que en las actividades anteriores, cada miembro del grupo seleccionará una tarjeta del sobre, en el cual se encontrará las estrategias de trabajo colaborativo que deberá desarrollar durante esta actividad.</p> |

| Resolución de problemas: <i>Cinemática, Dinámica, Trabajo y Energía Mecánica.</i> | |
|--|--|
| Componentes del MoPICFi | [AC]: Liderazgo distribuido, Compromiso mutuo, Reflexión grupal. [AP]: Tarjetas, Preguntas, problemas ejemplo. [CC]: Cinemática, Dinámica, Trabajo y Energía mecánica. [FI]: Procesar los datos, Extraer las conclusiones. |
| Objetivos | - Resolver colaborativamente problemas de Cinemática, Dinámica, Trabajo y Energía Mecánica. |
| Procedimiento Tiempo total: 120 minutos. | <ol style="list-style-type: none"> 1. El profesor propondrá varios problemas. 2. Cada equipo los resolverá siguiendo las estrategias para aprender a aprender juntos. 3. Cada equipo reflexionará sobre los resultados obtenidos en cada uno en función de los modelos físicos. 4. Toda la clase discutirá sobre los resultados obtenidos por cada equipo, a partir de preguntas formuladas por el profesor. <p>Nota: Al igual que en las actividades anteriores, cada miembro del grupo seleccionará una tarjeta del sobre, en el cual se encontrará las estrategias de trabajo colaborativo que deberá desarrollar durante esta actividad.</p> |

| Simulaciones interactivas: <i>Conservación de la Energía Mecánica.</i> | |
|---|--|
| Componentes del MoPICFi | [AC]: Liderazgo distribuido, Compromiso mutuo, Reflexión grupal. [AP]: Tarjetas, Preguntas, Simulaciones informáticas. [CC]: Trabajo y Energía Mecánica. [FI]: Extraer las conclusiones. |
| Objetivos | - Analizar el principio de conservación de la energía mecánica a partir de simulaciones informáticas. |
| Procedimiento Tiempo total: 120 minutos. | <ol style="list-style-type: none"> 1. El profesor mostrará una(s) simulación(es) con situaciones en donde se evidencia la conservación de la energía mecánica. 2. Durante la presentación de las simulaciones, el profesor realizará preguntas a los estudiantes sobre cada situación mostrada. 3. Al final de la actividad, todo el grupo reflexionará sobre las simulaciones observadas, considerando los modelos físicos y las explicaciones del profesor. <p>Nota: Al igual que en las actividades anteriores, cada miembro del grupo seleccionará una tarjeta del sobre, en el cual se encontrará las estrategias de trabajo colaborativo que deberá desarrollar durante esta actividad.</p> |

Anexo 7. Criterios para la evaluación del cuestionario de habilidades científicas.

A continuación, se presentan los criterios de evaluación del cuestionario de habilidades científicas. Para la asignación de los puntos, cada respuesta debe cumplir con al menos uno de los aspectos señalados dentro del cuadro debajo de cada número.

| Ítem | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|------|---|--|---|---|---|
| 1 | -Respuesta correcta: Deduce la finalidad del experimento, la cual en este caso es la de determinar la constante de elasticidad del resorte de forma dinámica. | -Relaciona la constante de elasticidad del resorte con la variación de las masas y el periodo o el tiempo. Ejemplo: Calcular la constante de elasticidad del resorte a partir del periodo de oscilación de diferentes masas. | -Relaciona la variación de las masas con la longitud del resorte y menciona la constante de elasticidad del resorte. Ejemplo: Calcular la constante de elasticidad del resorte a partir de la medición de la longitud de resorte después de colgarle de diferentes masas. | - Menciona (identifica) la constante de elasticidad del resorte o utiliza un sinónimo para referirse a la dureza del resorte. Ejemplo: Encontrar la constante del resorte. | - No responde o menciona aisladamente conceptos como: oscilaciones, resorte, gravedad, elasticidad, peso, trabajo, estiramiento, aceleración, velocidad, otras que no pertenezcan al experimento. |
| 2 | -Respuesta correcta: Deduce los conceptos físicos relacionados con este experimento son: ley de Hooke, leyes de Newton, el movimiento armónico simple. | - Asocia la ley de Hooke, las leyes de Newton, la conservación de la energía o el movimiento armónico simple con al menos dos conceptos como: peso, fuerza, masa, tiempo, longitud, energía potencial elástica, energía potencial gravitatoria, energía cinética, constante de elasticidad, período. | - Asocia la ley de Hooke, las leyes de Newton, la conservación de la energía o el movimiento armónico simple con uno de los conceptos: peso, fuerza, masa, tiempo, longitud, energía potencial elástica, energía potencial gravitatoria, energía cinética, constante de elasticidad, período. | - Menciona (identifica) ley de Hooke, las leyes de Newton, la conservación de la energía o el movimiento armónico simple; o dos de los siguientes conceptos: peso, fuerza, masa, tiempo, longitud, energía potencial elástica, energía potencial gravitatoria, energía cinética, constante de elasticidad, período. | - No responde o menciona aisladamente conceptos como: oscilaciones, resorte, gravedad, elasticidad, peso, trabajo, estiramiento, aceleración, velocidad, otras que no pertenezcan al experimento. |
| 3 | -Respuesta correcta: Formula la hipótesis que “la constante de elasticidad es directamente proporcional a la masa e inversamente proporcional al período”. | - Relaciona directamente el aumento de la masa con el aumento en el tiempo o el periodo, escrito de forma afirmativa. Ejemplo: A mayor masa (o peso) mayor tiempo de oscilación. | - Relaciona directamente el aumento de las masas con la longitud del resorte, escrito en forma afirmativa. | -Menciona (identifica) la variación de las masas (o peso), longitud del resorte o el periodo o la frecuencia. Escrito en forma afirmativa o interrogativa. | - No responde o menciona aisladamente conceptos como: oscilaciones, resorte, gravedad, elasticidad, peso, trabajo, estiramiento, aceleración, velocidad, otras que no pertenezcan al experimento. |

| | | | | | |
|---|--|--|---|--|--|
| 4 | <p>-Respuesta correcta: Variable Independiente: Masa Variable dependiente: Tiempo Identifica por lo menos dos de las siguientes variables a controlar: Punto de partida, las oscilaciones, la fricción del aire (viento) o del resorte, la medición del tiempo, la longitud del resorte con la masa. Nota: solo debe estar escrita en cada línea la variable correspondiente para considerarse correcta.</p> | <p>-Identifica correctamente la Variable Independiente, la variable dependiente y una de las Variables a controlar. Nota: solo debe estar escrita en cada línea la variable correspondiente para considerarse correcta.</p> | <p>-Identifica correctamente la Variable Independiente o la variable dependiente y una de las Variables a controlar. Nota: solo debe estar escrita en cada línea la variable correspondiente para considerarse correcta.</p> | <p>-Identifica correctamente la Variable Independiente o la dependiente o una de las Variables a controlar. Nota: solo debe estar escrita en cada línea la variable correspondiente para considerarse correcta.</p> | <p>- No responde o menciona aisladamente conceptos como: oscilaciones, resorte, gravedad, elasticidad, peso, trabajo, estiramiento, aceleración, velocidad, otras que no pertenezcan al experimento.</p> |
| 5 | <p>-Respuesta correcta: Describe la influencia de todas las variables a controlar mencionadas anteriormente. Ejemplo: Punto de partida (el lugar desde donde se suelta la masa). El número (o cantidad) de oscilaciones. La fricción del aire (viento) o del resorte. La forma como se mide el tiempo, la longitud del resorte con la masa.</p> | <p>-Explica la influencia de dos de las variables a controlar sobre el experimento.</p> | <p>- Explica la influencia de una de las variables a controlar sobre el experimento.</p> | <p>-Menciona (identifica) alguna(s) variable(s) a controlar o un concepto que podría tener relación con el experimento (ambiente, errores, precisión, pero no gravedad, desgaste del material, peso o el resorte).</p> | <p>- No responde o menciona aisladamente conceptos como: oscilaciones, resorte, gravedad, elasticidad, peso, trabajo, estiramiento, aceleración, velocidad, otras que no pertenezcan al experimento.</p> |
| 6 | <p>-Respuesta correcta: Explica la Elaboración de una gráfica que relaciona el periodo en función de la masa. Además menciona (identifica) la propagación de errores y el uso de un programa informático como procedimiento para el análisis de los datos.</p> | <p>-Relaciona la elaboración de una gráfica con algún concepto como: periodo, masa, tiempo, fuerza. Además, menciona la propagación de errores o el uso de un programa informático como procedimiento para el análisis de los datos.</p> | <p>- Relaciona la elaboración de una gráfica con la fuerza aplicada en función de la longitud del resorte.</p> | <p>- Menciona (identifica) la realización de una gráfica, la propagación de errores, la comparación de las variables masa y el periodo (o el tiempo), o el uso de un programa informático como procedimiento para el análisis de los datos, para cualquier variable.</p> | <p>- No responde o menciona aisladamente conceptos como: oscilaciones, resorte, gravedad, elasticidad, peso, trabajo, estiramiento, aceleración, velocidad, otras que no pertenezcan al experimento.</p> |

| | | | | | |
|----|---|---|---|--|--|
| 7 | <p>-Respuesta correcta:</p> $\frac{T}{4\pi^2} = \frac{1}{k} m$ | <p>- Relaciona el periodo y la masa con la obtención de la constante de elasticidad, en palabras.</p> | <p>-Escribe la expresión matemática de la ley de Hooke:</p> $\vec{F} = -kx$ <p>Nota: -puede aceptarse esta expresión matemática sin la flecha o el signo negativo. -puede aceptarse "r", "y" o "d" en lugar de x.</p> | <p>-Menciona (identifica) la ley de Hooke en palabras. -Escribe la expresión matemática de la energía potencial elástica:</p> $E_p = \frac{1}{2} kx^2$ <p>Nota: puede aceptarse "r", "y" o "d" en lugar de x.</p> | <p>- No responde o menciona aisladamente conceptos como: oscilaciones, resorte, gravedad, elasticidad, peso, trabajo, estiramiento, aceleración, velocidad, otras que no pertenezcan al experimento.</p> |
| 8 | <p>-Respuesta correcta: Justifica la validez de la hipótesis, es decir, se demuestra que la constante de elasticidad es directamente proporcional a la masa e inversamente proporcional al período. Además, menciona algún método de divulgación de los resultados. (Informe, artículo, presentación)</p> | <p>-Relaciona directamente el aumento de la masa con el aumento del periodo y menciona la constante de elasticidad del resorte. Además, menciona algún método de divulgación de los resultados. (Informe, artículo, presentación)</p> | <p>-Relaciona directamente el aumento de la masa con el aumento del periodo o del tiempo y menciona la constante de elasticidad del resorte.</p> | <p>Cumple con por lo menos una de las siguientes condiciones: -Menciona (identifica) alguna relación entre la cantidad de masa o peso con el periodo o tiempo, o con la longitud del resorte. - Menciona (identifica) algún método de divulgación de los resultados. (Informe, artículo, presentación)</p> | <p>- No responde o menciona aisladamente conceptos como: oscilaciones, resorte, gravedad, elasticidad, peso, trabajo, estiramiento, aceleración, velocidad, otras que no pertenezcan al experimento.</p> |
| 9 | <p>-Respuesta correcta: Propone un nuevo experimento que consiste en Colocar diferentes masas y medir la longitud del resorte antes y después de colocar la masa. (método estático)</p> | <p>-Explica el mismo procedimiento que el experimento planteado, pero colocando el resorte horizontalmente o comprimiéndolo.</p> | <p>Cumple con al menos una de las siguientes condiciones: -Explica la utilización de una goma elástica, un trampolín o diferentes resortes. -Explica el mismo procedimiento pero utilizando un programa informático para la captura y/o el análisis de los datos.</p> | <p>Cumple con al menos una de las siguientes condiciones: -Menciona (identifica) la utilización de una goma elástica, un trampolín o diferentes resortes sin profundizar en el procedimiento. -Menciona (identifica) un programa informático para la captura y/o el análisis de los datos.</p> | <p>- No responde o menciona aisladamente conceptos como: oscilaciones, resorte, gravedad, elasticidad, peso, trabajo, estiramiento, aceleración, velocidad, otras que no pertenezcan al experimento.</p> |
| 10 | <p>-Respuesta correcta: Explica el uso de los resortes en los amortiguadores de los automóviles, electrodomésticos, balanzas o cualquier otro elemento que los posea resortes.</p> | <p>-Menciona (identifica) tres elementos de la siguiente lista: Los amortiguadores de los automóviles. Electrodomésticos. Balanzas. Cualquier otro elemento que posea resortes.</p> | <p>-Menciona (identifica) dos elementos de la siguiente lista: Los amortiguadores de los automóviles. Electrodomésticos. Balanzas. Cualquier otro elemento que posea resortes.</p> | <p>- Menciona (identifica) solo un elemento de la siguiente lista: Los amortiguadores de los automóviles. Electrodomésticos. Balanzas. Cualquier otro elemento que posea resortes.</p> | <p>- No responde o menciona aisladamente conceptos como: oscilaciones, resorte, gravedad, elasticidad, peso, trabajo, estiramiento, aceleración, velocidad, otras que no pertenezcan al experimento.</p> |

Anexo 8. Currículum vitae José Valentín Ferreira Bautista.

Estudios actuales

Programa de doctorado: Educación, Sociedad y Calidad de Vida.

Línea de investigación: Ámbito CONTIC - Cognición y Contexto mediado por las Tecnologías de la Información y de la Comunicación.

Título de las tesis: Diseño, implementación y evaluación de un Modelo de Indagación Colaborativa de la Física.

Directora/Tutora: Manoli Pifarré Turmo.

Títulos

Maestría en Educación mención Enseñanza de la Física.

UPEL – Instituto Pedagógico de Caracas (2014).

Urb. El Paraíso, Caracas. Venezuela.

Profesor de Física.

UPEL – Instituto Pedagógico de Caracas (2008).

Urb. El Paraíso. Caracas. Venezuela.

Experiencia laboral

2009 - 2018 USB – Sede del litoral.

Valle de Camurí Grande, Estado Vargas. Venezuela.

Departamento de Formación General y Ciencias Básicas.

Cargo: Profesor de Física.

2011 - 2016 USB – Sede del litoral.

Valle de Camurí Grande, Estado Vargas. Venezuela.

Cargo: Jefe del laboratorio del área de física adscrito al laboratorio G.

2008 – 2009 UPEL – Instituto Pedagógico de Caracas.

Urb. El Paraíso, Caracas. Venezuela.

Departamento de Matemáticas y Física.

Cargo: Profesor de Fundamentos de Física.

Cargo: Profesor de Física experimental.

Departamento de Tecnología Educativa:

Cargo: Profesor de Planificación de Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje.

2007 – 2009 Unidad Educativa IMFIN

Urb. Montalbán, Caracas. Venezuela

Cargo: Profesor de física

Publicaciones

Ferreira-Bautista., J. V., y Pifarré, M. M. (2018). Video Analysis to Scaffold Collaborative Inquiry Learning. Conference proceedings New perspectives in science education 7th edition, 605-610.

Ferreira-Bautista, J. V., y Andrés, M. M. (2018). Un módulo con simulaciones interactivas didácticas para la comprensión conceptual de un modelo físico en un trabajo de laboratorio de física en la universidad. *Investigações em Ensino de Ciências*, 23(1), 183-199.

Ferreira-Bautista, J. V., y Andrés, M. M. (2013). Enseñanza de los conceptos relativos al movimiento rotacional mediante videos del fenómeno y medidas en tiempo real. *Latin American Journal of Physics education*. 7(3), 445.

Ferreira-Bautista, J. V., y Rodríguez, R. (2011). Efectividad de las actividades experimentales demostrativas como estrategia de enseñanza para la comprensión conceptual de la tercera ley de Newton en los estudiantes de fundamentos de Física del IPC. *Revista de investigación*, 35(73), 61-84.