

Aproximaciones de un profesor a la didáctica de la física: estableciendo diálogos entre la
física y las matemáticas en la enseñanza de la ley de Hooke

Jaime Cortés



Universidad del Valle

Facultad de Educación y Pedagogía

Maestría en Educación Énfasis en Enseñanza de las Ciencias

Santiago de Cali

2022

Aproximaciones de un profesor a la Didáctica de la Física: estableciendo diálogos entre la Física
y las Matemáticas en la enseñanza de la ley de Hooke

Jaime Cortés

Trabajo de grado presentado para optar al título de Magíster en Educación con Énfasis en
Enseñanza de las Ciencias

Directores

Mg. Nelson Enrique Hoyos

Mg Lisbeth Lorena Alvarado-Guzmán



Universidad del Valle

Facultad de Educación y Pedagogía

Maestría en educación Énfasis en Enseñanza de las Ciencias

Santiago de Cali

2022

Tabla de contenido

Resumen.....	10
Abstract	11
Introducción	12
Capítulo I. Modelando el problema de investigación	15
De mi experiencia de formación a la investigación sobre la necesidad de la Didáctica de la Física en la formación inicial de profesores.....	15
Antecedentes	20
Sobre los procesos de formalización y enseñanza de la física	21
Construcción del problema	34
Objetivos	36
Objetivo general.....	36
Objetivos específicos.	36
Capítulo II. Marco conceptual de referencia.....	38
La Didáctica de las Ciencias como un campo de investigación y formación de profesores de física	38
¿Qué compone el campo? ¿Cuáles son sus ideas fundamentales?.....	41
¿Cuál es el objeto de estudio de la Didáctica de las Ciencias? ¿Cuáles son las ideas fundamentales del campo?	42
Líneas de investigación iniciales y actuales.....	46
Vínculos entre el desarrollo del pensamiento matemático y el pensamiento científico	50
Reflexiones en torno a la formalización y matematización en la enseñanza de la Física	54
La indagación como competencia científica desde el desarrollo conceptual y experimental de	

la ley de Hooke	59
Diferentes aproximaciones de enseñanza y el aprendizaje basado en indagación.....	62
Algunas aproximaciones al contexto histórico de la Ley de Hooke	63
Capítulo III. Marco metodológico	66
La Sistematización	69
La Sistematización como un proceso de investigación.....	71
Ruta posible del proceso de sistematización de la experiencia.....	72
¿Cómo sistematizar? Una propuesta en cinco tiempos.....	73
Primer tiempo: el punto de partida.....	73
Segundo tiempo: las preguntas iniciales.	73
Tercer tiempo: recuperación del proceso vivido.....	74
Cuarto tiempo: la reflexión de fondo. ¿Por qué pasó lo que pasó?.....	74
Quinto tiempo: los puntos de llegada.....	75
Diseño Metodológico.....	76
Instrumentos para la construcción de los datos y las reflexiones de esta investigación.	77
Contexto de la investigación.....	81
Capítulo IV. Resultados y análisis	82
Objetivo 1. Construir una secuencia de actividades para la enseñanza de Ley de Hooke en la educación media.....	82
Una secuencia de actividades basada en la indagación como diagnóstico.	82
La ley de Hooke como concepto-puente dentro de la red conceptual y procedimental para la comprensión del concepto de fuerza y la introducción a la mecánica Newtoniana.....	83
El uso de herramientas tecnológicas como un “ahorro cognitivo” para manejar los datos y	

reducir el tiempo dedicado a las ecuaciones matemáticas.	83
La competencia de indagación como apuesta didáctica para fortalecer conceptos físicos. ..	84
La V de Gowin como modelo para presentar el informe de laboratorio.....	84
La evaluación del diagnóstico a través de preguntas tipo Prueba Saber 11°.	84
El laboratorio virtual como puente para establecer relaciones entre las experiencias de los estudiantes y el concepto científico a enseñar.	85
Objetivo 3. Construir un diálogo con pares de las áreas de matemáticas y Física la secuencia didáctica de actividades que permita resignificar la propuesta de intervención en el aula.....	85
Relación matemática-física (MF):	88
Didáctica de la Física	90
Categoría emergente- Influencias del contexto y políticas educativas.	91
Relación física y matemáticas.....	92
Acercamiento a la Didáctica	94
Influencias del contexto y políticas educativas.....	95
Mi macrorrelato. Sistematizando la praxis	95
Objetivo 2 y 4. Establecer diálogos entre las matemáticas y la Física desde los elementos que aportan la Didáctica de la Física, para superar dificultades en la enseñanza de la ley de Hooke Sistematizar la experiencia de aula en diálogo con el encuentro entre pares que permita reconocer las relaciones y acercamientos de los profesores con la didáctica de las ciencias. ..	95
Primer tiempo: El punto de partida. Orígenes de la idea de trabajo.	96
Contexto de la experiencia significativa. ¿Cómo surge la experiencia?.....	105
El Origen de la Secuencia de actividades.	106
Primer momento de la planeación de la secuencia, las decisiones.	108

Momento 2:.....	117
Momento 3 Práctica Virtual.....	131
Momento 4. Evaluación.....	135
Conclusiones.....	138
Referentes bibliográficos	144
Anexos	149

Lista de tablas

Tabla 1 Evolución de la didáctica de las ciencias como campo de investigación y formación....	40
Tabla 2 Líneas temáticas de los dos congresos sobre Didáctica de las Ciencias más importantes en Latinoamérica e Iberoamérica. (2020)	47
Tabla 3 Diseño metodológico	77
Tabla 4 Caracterización del grupo de co-formación al encuentro de amigos críticos	80

Lista de figuras

Figura 1 Trabajos en los siguientes ejes o líneas temáticas. 2021	49
Figura 2 Mapa conceptual de la investigación Acción	68
Figura 3 Macro categorías evaluación secuencia didáctica	88
Figura 4 Códigos (categorías) relación matemática – física (MF).....	89
Figura 5 Códigos – categoría didáctica de la física	91
Figura 6 Códigos – categorías Influencia del contexto y políticas educativas	92
Figura 7 Propuesta para el proceso de sistematización de experiencias	96
Figura 8 Montaje de sistema masa – resorte / Medición del alargamiento del resorte	112
Figura 9 Tabla de datos recogidos en la actividad experimental por un grupo del laboratorio ..	114
Figura 10 Estructura inicial de la secuencia.....	115
Figura 11 Pensamientos, herramientas matemáticas y procesos de las ciencias naturales	116
Figura 12 Modelo UV Gowin	118
Figura 13 Grupo de estudiantes organizando su informe de laboratorio	119
Figura 14 Tabla de datos y graficas F vs X.....	123
Figura 15 Cálculos efectuados resorte 2	127

Lista de anexos

Anexo A. Secuencia de actividades Ley de Hooke	149
Anexo B. Resumen Excel, de las categorías de análisis y códigos del encuentro de amigos críticos.....	165
Anexo C. Video del encuentro con amigos críticos.....	166
Anexo D. Sistematización del encuentro y análisis encuentro de la evaluación de la secuencia, programa Atlas.ti.....	167
Anexo E. Powert Point. con las preguntas como se organizó el debate	168
Anexo F. Plan de periodo.....	172
Anexo G. Video encuentro de prueba piloto para evaluar secuencia de actividades (en lace Drive)	174
Anexo H. Fotos y videos, evidencias del trabajo de los estudiantes con relación a la secuencia. (enlace Drive).....	175

Aproximaciones de un profesor a la Didáctica de la Física: Estableciendo diálogos entre la Física y las Matemáticas en la enseñanza de la ley de Hooke

Resumen

La presente investigación hace énfasis en la sistematización de la experiencia de un profesor que se aproxima a la Didáctica de la Física a través del diseño de una secuencia de actividades para la enseñanza de la ley de Hooke y su posterior evaluación con un grupo de amigos críticos. A través de la construcción de un macro relato el profesor teje reflexiones individuales, en donde esclarece sus decisiones didácticas y las concepciones sobre la relación entre las matemáticas y la física; así como reflexiones colectivas, donde devela su práctica en términos de dilemas, decisiones y tensiones. Así mismo, se establece una empatía y confianza entre los amigos críticos que permite reconocer las diferentes concepciones sobre la relación matemática-física y que podrían tener relación con la formación inicial y el desarrollo profesional. Para finalizar, en el proceso se logra una resignificación de la relación entre las matemáticas y la física que tiene en cuenta la modelación y los procesos de formalización que surgen en la búsqueda de sentidos sobre la Ley de Hooke. La aproximación a la Didáctica de la Ciencias se da como una necesidad de analizar los problemas de la práctica y es materializada en la reflexión compartida y en la sistematización de la experiencia, incluyendo nuevos insumos para pensar la práctica docente.

Palabras claves: Didáctica de la Física, Procesos de formalización, Ley de Hooke, Sistematización de Experiencia, Amigos Críticos

Abstract

This research emphasizes systematization of experiences of a teacher who approaches Physics Didactics through the design of a sequence of activities for the teaching of Hooke's law and its subsequent evaluation with a group of critical friends. Through the construction of a macro narrative, the teacher weaves individual reflections, where he clarifies his didactic decisions and conceptions about the relationship between mathematics and physics; as well as collective reflections, where he unveils his practice in terms of dilemmas, decisions and tensions. Furthermore, an empathy and trust is established between the critical friends that allows them to recognize the different conceptions about the mathematics-physics relationship and that could be related to the initial training and professional development. Finally, the process achieves a resignification of the relationship between mathematics and physics that takes into account the modeling and formalization processes that arise in the search for meanings about Hooke's Law. The approach to Science Didactics is given as a need to analyze the problems of the practice and is materialized in the shared reflection and systematization of the experience, including new inputs to think about the teaching practice.

Key words

Didactics of Physics, Formalization Process, Hooke's Law, Systematization of Experience, Critical Friends.

Introducción

La formación continua de los profesores es uno de los elementos más importantes para la transformación de la práctica educativa. Así, se reconoce que el profesor de Ciencias construye concepciones a lo largo de su historia de vida académica que se reflejan en las acciones y decisiones que toma en el aula de clase. En concordancia con esto, Ayala (2001) menciona que las concepciones que el maestro construyó en su formación inicial, van a incidir de manera directa en sus procesos de enseñanza, sus apuestas didácticas y en efecto en el aprendizaje de los estudiantes y por tanto han sido objeto de estudio en la Didáctica de las Ciencias.

Así mismo y desde una racionalidad crítica, se evidencia que la reflexión del maestro sobre su propia práctica es fundamental y la investigación desarrollada en el campo de la Didáctica de la Física puede aportar importantes insumos para estas reflexiones.

Uno de los problemas que como profesores de Física encontramos en la práctica, tiene que ver con la relación matemática-física, ya que usualmente la física es enseñada como una aplicación de la matemática, extendiendo los problemas del aprendizaje de las matemáticas a las aulas de física, lo que genera dificultades en la enseñanza de fenómenos físicos. En este sentido como profesor surgen algunos interrogantes, que resultan interesantes en el marco de la investigación, ¿Cuál es el papel de las matemáticas al enseñar física?, ¿Cómo se forja la relación matemática-física, al abordar los fenómenos físicos? Frente a estas preocupaciones, Vizcaino y Terrazzan (2015), expresan que hay que diferenciar la matematización para aprender física o investigar en física, ya que son diferentes los efectos de la concepción de la matemática como un lenguaje que permite describir la naturaleza de forma apropiada, y la concepción de la matemática como un lenguaje inscrito en los procesos de pensamiento, que sirve para organizar y

expresar ideas, interpretar hechos desde diversas perspectivas, o para comprender y explicar los fenómenos naturales. Un ejemplo paradigmático es el de la ley de Hooke, la cual es usada como entrada para abordar las leyes de Newton, pero, por lo general se queda en la modelación de su ecuación fundamental. Teniendo en cuenta lo anterior, este trabajo tiene como propósito mostrar cómo el profesor se acerca a la Didáctica de la Física para encontrar respuestas y nuevos interrogantes a estas cuestiones sobre la relación matemática-física que subyacen de su práctica. A través de un proceso de praxis y sistematización de su experiencia, se espera una resignificación de sus estrategias de enseñanza de los fenómenos físicos, que, en el caso de esta investigación, es sobre la ley de Hooke.

La investigación cualitativa que se desarrolló se enmarca en la Investigación Acción Participativa - IAP (Cerdeira, 1993) y su diseño está basado en la Sistematización de Experiencias (Mejía, 2008; Jara, 2017). A través de la construcción de un macro relato, el profesor teje reflexiones individuales, producto del análisis de los procesos de construcción, implementación y evaluación de una secuencia de actividad diseñada a través de la competencia de indagación con el concepto de la ley de Hooke, en donde esclarece sus decisiones didácticas y las concepciones sobre la relación entre las matemáticas y la física; así como reflexiones colectivas, donde devela su práctica en términos de dilemas, decisiones y tensiones. Así mismo, se establece una empatía y confianza entre los amigos críticos que permite reconocer las diferentes concepciones sobre la relación matemática-física y que podrían tener relación con la formación inicial y el desarrollo profesional.

A continuación se presenta la estructura general del trabajo describiendo de manera amplia los elementos que el lector encontrará en cada capítulo, en el primer capítulo se modela el

problema de investigación, reflexionando desde el lugar de profesor-investigador acerca de la experiencia de formación a la investigación sobre la necesidad de la didáctica de la física en la formación inicial de profesores del área de física así como la dificultades que se presentan con los estudiantes en los procesos de formalización matemática en particular la ley de Hooke y la necesidad de resignificar los procesos de diagnóstico que se realiza en las instituciones por un ejercicio mucho más profundo donde se logre visibilizar el proceso de construcción de las habilidades y competencias que los estudiantes hasta el momento han desarrollado; en el segundo capítulo se presenta el marco conceptual de referencia a partir de un acercamiento al campo de la Didáctica de las Ciencias desde su constitución como campo de investigación y formación de profesores. Así mismo, se plantea una perspectiva del papel del pensamiento matemático en la constitución del pensamiento científico y, por tanto, la importancia de los procesos de formalización matemática en la enseñanza de la física. Para finalizar, se presentan los problemas de la enseñanza de la Ley de Hooke y las potencialidades de la competencia de indagación en la enseñanza y el aprendizaje de la Física. En el tercer capítulo se describe el tratamiento metodológico, fundamentado en la investigación acción, a través de la sistematización de experiencias, en la cual el profesor, reflexiona como investigador sobre sus propias prácticas, dialogando a la luz de la didáctica de las ciencias sobre sus prácticas educativas con otros profesores, que le permite ser autocrítico de sus procesos de enseñanza. Finalmente, el cuarto capítulo recoge los análisis más relevantes, producto del encuentro de amigos críticos, sobre la forma como el profesor se acerca a la didáctica de la física para resolver el problema de la relación entre las matemáticas y la física, a través de una secuencia de actividades, el análisis se organizó en tres categorías, que subyacen de las búsquedas e interés de la investigación las cuales fueron: 1. Didáctica de la física; 2. Relación Matemática-Física; 3.

categorías Influencia del contexto y políticas educativa. Estas categorías se fueron complementando a través de unos códigos productos de la reflexión con los colegas que participaron de la evaluación de la secuencia de actividades, por último, se plantean conclusiones relevantes de como el profesor de física se acerca a la didáctica de las ciencias, para reflexionar sobre las problemáticas que subyacen de la relación entre las matemáticas y la física, en la enseñanza de los fenómenos físicos, en nuestro caso, la ley de Hooke.

Capítulo I. Modelando el problema de investigación

De mi experiencia de formación a la investigación sobre la necesidad de la Didáctica de la Física en la formación inicial de profesores

Como profesor de física en ejercicio, he experimentado la falta de elementos para enfrentar los problemas de la enseñanza de la Física en la escuela y desarrollar procesos que respondan a las necesidades de los estudiantes que generen un cambio en la enseñanza tradicional de la Física. Al reflexionar sobre dichas carencias es necesario poner el espejo retrovisor a la formación inicial como estudiante de Licenciatura en Matemáticas y Física. En esta formación inicial, el mayor porcentaje de la malla curricular estaba enfocada en los cursos de matemáticas, el cual dejaba una proporción minoritaria para cursos relacionados con el área de física, se dictaron cuatro cursos de física fundamental con sus correspondientes laboratorios, desconectados entre sí, por lo cual, se tuvieron pocas posibilidades de reflexionar sobre la relación entre la teoría y la experimentación, lo que no permitió tener un enfoque significativo de los conceptos y fenómenos físicos planteados en los cursos de Física fundamental. Asimismo, en mi formación inicial no existieron cursos obligatorios que estimularan la reflexión sobre los

procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación de la Física, de los fenómenos físicos en relación con la epistemología del conocimiento científico, la historia de las ciencias, entre otros. Infelizmente, en los cursos de formación de Física anteriormente mencionados, impartidos por físicos sin distinción entre físicos y licenciados, tampoco estaban presentes estas reflexiones. Así, al enfrentarme a la complejidad de la enseñanza de la Física en la educación básica y media escolar, sentí que tal vez, las carencias anteriormente mencionadas podrían contribuir en mis dificultades actuales.

Atendiendo a lo anterior, algunas investigaciones sobre creencias y concepciones de los profesores de Ciencias (Gil, Carrascosa, Furió, & Martínez-Torregrosa, 1991; Pessoa de Carvalho & Gil, 1995), han mostrado que los profesores tenemos ideas, actitudes y comportamientos sobre la enseñanza debido a una larga formación "ambiental", durante el periodo en que fuimos alumnos; desde la perspectiva de Gil et al. (1991), la formación inicial ejerce sobre el profesor una notable influencia, la acción en el aula responde a experiencias reiteradas y comportamientos de forma no reflexiva, escapando así a la crítica y convirtiéndose, en un verdadero obstáculo para el cambio. De ahí que nuestras formas de enseñar física están altamente influenciadas por la forma como nos enseñaron a nosotros la disciplina en nuestra formación inicial.

Considerando lo anterior, se evidencia que la formación inicial de los profesores es una variable importante a considerar para la comprensión y transformación del pensamiento y la acción del profesor en su práctica educativa. La formación de pregrado del docente debe tener en cuenta el pensamiento del profesor y potenciarlo como un individuo que construya saberes, lo que implica considerarlo como un sujeto activo en la resignificación de saberes, la cual construye

subjetivamente en los diferentes espacios de formación. De ahí, es importante poner el foco en la formación inicial reconociendo su impacto, así como la incidencia que tienen las políticas públicas en el diseño de los programas de formación inicial y su quehacer profesional.

En la misma línea, Carvalho y Gil-Pérez (1993) citados por Castiblanco y Nardi (2014), reconocen la necesidad de que a la formación del futuro profesor se le integre problemáticas de las diferentes didácticas en la estructura curricular, con el fin de que supere la simplicidad de lo que significa enseñar ciencias, que tenga la capacidad de articular conocimientos de diferentes áreas del conocimiento para dar respuesta a diferentes problemáticas específicas de los contextos escolares, es decir reconocer que la práctica de enseñar demanda de una conexión constante y sólida entre el ejercicio docente y la investigación.

En vista de ello, es de vital importancia consolidar un campo de investigación que permita poner a dialogar de manera sistemática todas las variables y disciplinas que permean la formación profesional del profesor, considerando las apuestas y desarrollos en la investigación en los últimos años la didáctica de la ciencias en general y particular la didáctica de la física, en efecto se puede reflexionar sobre las problemáticas de enseñanza y aprendizaje de las ciencias si se empieza a reconocer la didáctica de las ciencias como un campo de investigación y formación.

De acuerdo con lo anterior y considerando que una de las grandes dificultades está inmersa en las estructuras curriculares de los programas de licenciatura (en este caso como interés de investigación, el currículo de Física), generalmente la didáctica no se asume como campo de investigación, lo que impide poner a dialogar las diferentes disciplinas y campos del saber científico que inciden de manera directa e indirecta en la formación inicial del profesor de física.

Lo anterior se evidencia en las licenciaturas en física, en cuanto a la estructuración de los currículos, en los que las universidades suelen considerar que la formación disciplinar es competencia directa de las facultades de ciencias, y que las facultades de educación deben ocuparse únicamente de la formación didáctica y pedagógica (García, 2009), lo que genera tensión en la formación disciplinar y la formación pedagógica, las cuales, al parecer, se excluyen mutuamente, lo que genera incertidumbre en la formación inicial del profesor de física, por lo cual se genera serios problemas de identidad en el futuro docente (Ayala, Historia de las ciencias y la formación de profesores: un análisis contextual, 2004).

De ahí la importancia de indagar la forma cómo un profesor en ejercicio se aproxima al campo teórico-práctico de la didáctica de las ciencias, y encontrar posibles respuestas a los problemas que se encuentra en el aula con relación a la enseñanza de la física, a través de la reflexión de la praxis del profesor; es decir, convertir la experiencia del profesor en campo de investigación, que le permita evidenciar, a través de su práctica, las problemáticas relevantes que subyacen en el proceso de enseñanza, aprendizaje y evaluación. En este sentido la sistematización, como una metodología eminentemente latinoamericana que hace énfasis en la experiencia del profesor, así como el diálogo entre pares que posibilita desde la construcción con el otro, otras formas posibles de ver, pensar e intentar resolver los problemas de la enseñanza y el aprendizaje de la física que emergen en la práctica del profesor, como insumos valiosos que le permitirán al profesor de física posicionar a la didáctica en su rol protagónico en el currículo de los futuros profesores de física. Conviene subrayar que dicho rol de la didáctica lo sustenta el carácter significativo que el maestro le inyectó a sus prácticas pedagógicas.

En el caso particular de mi trabajo, como profesor de física en ejercicio, surgen diferentes problemáticas que requieren de una reflexión profunda, como por ejemplo el papel de la formalización matemática para abordar los conceptos físicos, la relación de las herramientas matemáticas en la enseñanza de la física, el cómo se complementan las matemáticas y la física, para una optimización de los procesos de enseñanza-aprendizaje de la física, considerando que el indagar estos interrogantes hacen parte del campo de la Didáctica; y en tal sentido, poder abordar las problemáticas en la formación inicial podría contribuir a la transformación de las prácticas educativas, y a una mayor comprensión del papel de la enseñanza por parte de los futuros profesores de Física. Cabe destacar que la escogencia de la ley de Hooke, tiene que ver en el momento temporal del currículo, ya que es al inicio del año, donde se hace un diagnóstico para reconocer los saberes previos de los estudiantes, además la ley de Hooke recoge conceptos que serán estructurantes en el desarrollo del periodo tales como el concepto de fuerza, que es fundamental para la comprensión y la solución de problemas asociados a la mecánica Newtoniana.

Antecedentes

De acuerdo con los propósitos de este trabajo, la revisión de antecedentes pretende mostrar el estado actual a nivel nacional e internacional, de investigaciones que tengan como foco: la didáctica de la física y la formación inicial de profesores de física, los procesos de formalización matemática y enseñanza de la física, el diseño de secuencias de enseñanza que apunten al desarrollo de la competencia indagación, y las propuestas de sistematización de experiencias de aula en la enseñanza de la física.

Para desarrollar la búsqueda y delimitación de los antecedentes se tuvo en cuenta los tres ejes temáticos claves en esta investigación, los cuales son: la didáctica de la física, los procesos de formalización matemática y la sistematización de experiencias. Así, se utilizó la base de datos Dialnet, que cuenta con una amplia gama de trabajos de investigación de habla hispana y con revistas indexadas especialmente en el campo de la educación, Google Académico y los repositorios digitales de tesis de las Universidades del Valle, Antioquia, Pedagógica Nacional y Distrital que cuentan con maestrías en Enseñanza de las Ciencias Naturales y Física. Además, se utilizaron ecuaciones de búsqueda para optimizar las exploraciones que recogen artículos y tesis en el periodo comprendido entre el 2000 al 2021. Posteriormente, se hizo un filtro de los artículos y tesis de investigación encontradas, leyendo sus resúmenes y escogiendo los más pertinentes las cuales coinciden con los tres ejes temáticas principales de esta investigación previamente mencionados. En total, se encontraron cinco trabajos de los cuales dos son artículos y dos son tesis de maestría y 1 de Doctorado, los cuales fueron seleccionados como antecedentes por cumplir con los criterios de inclusión.

A continuación, se mostrarán las ideas centrales de los trabajos escogidos como objeto de revisión, y los análisis en los aspectos relevantes, concordantes y diferenciables con este trabajo de investigación.

Con el propósito de facilitar la comprensión y la coherencia con el problema planteado, se organizaron los antecedentes en dos grandes tópicos: sobre los procesos de formalización y enseñanza de la física y sobre la sistematización de experiencia de aula.

Sobre los procesos de formalización y enseñanza de la física.

- **Catanese Cannizzo, R. N. (2020). Construcción y formalización del fenómeno de movimiento de los cuerpos: propuesta didáctica para su enseñanza en los cursos introductorios de Física.**

En este trabajo se plantean algunas reflexiones sobre la praxis de la enseñanza de la física y su relevancia en el actuar del docente y el estudiante, en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física, al igual que en mi propuesta de investigación, este trabajo surge de las preocupaciones de la investigadora desde su experiencia como estudiante de la maestría y como docente de física, en la cual surge la necesidad de buscar estrategias de enseñanza para que los estudiantes entiendan los fenómenos físicos. Catanese (2020), describe su problemática desde las preocupaciones que hay en abordar los fenómenos físicos y su relación con la modelación matemática, planteando un problema curricular, la relación de los conceptos físicos y la modelación matemática, pone como ejemplo el caso de enseñar el movimiento de los cuerpos en el grado octavo, donde se aborda el movimiento vertical o caída libre y se necesita las ecuaciones cuadráticas que según la autora se abordan en noveno, de ahí que la investigación está puesta en analizar los criterios de orden epistémico, disciplinares, pedagógicos y didácticos, los cuales son

el soporte para diseñar y proponer una alternativa didáctica dirigidas a los maestros que enseñan el fenómeno del movimiento de los cuerpos en los primeros años del bachillerato.

Al profundizar en el aspecto disciplinar, la autora plantea que el docente debe armar un discurso sobre los objetos de estudio que pondrá en el aula, asumirlo como un fenómeno a ser observado, descrito, organizado y formalizado, deberá abandonar los métodos tradicionales de enseñanza de la física en términos de la matematización, y ahorrar esfuerzos en ahondar sobre los fenómenos, en este caso lo relacionado al movimiento. A nivel epistemológico, la autora plantea la importancia del papel de la experiencia dentro del proceso de constitución del conocimiento, y la relación con el proceso de formalización. A nivel pedagógico sugiere que el profesor reflexiones sobre la praxis, que constantemente le encuentre sentido a lo que hace en el aula de clase, donde el estudiante sea protagonista y construya sus conocimientos sobre los fenómenos y objetos físicos.

Metodológicamente esta investigación parte de un análisis histórico en la enseñanza de las ciencias, ya que, como lo plantea Ayala (2004), mirar la historia es preguntarle al pasado por el presente, para lo cual, es necesario una reconstrucción (p. 8). Lo que se puede deducir de lo anterior y lo que plantea Catenese (2020), es que el análisis histórico de cómo ha evolucionado y se han redireccionado los conceptos es de clave en la enseñanza de un profesor, en otras palabras, la formación en historia de las ciencias es fundamental en la formación inicial del profesor. En el caso de esta investigación, reconocer históricamente como galileo entendió y formulo el movimiento, te permite diseñar propuestas de aula significativas. Lo que lleva a la segunda fase de este trabajo y es el planteamiento de una propuesta de aula, lo cual Catenese (2020) la dividió en tres etapas: Etapa I. Desarrollo de actividades exploratorias; Etapa II.

Desarrollo de actividades de profundización.; Etapa III. Desarrollo de actividades de formalización.

Para el diseño de las actividades propuestas en cada una de las fases la autora se apoyó en los criterios de orden disciplinar, didáctico, pedagógico y epistemológico, los cuales fueron las variables para los análisis los cuales arrojaron conclusiones relevantes como:

- ✓ Pese a que en la escuela hay variables que condicionan la enseñanza, son los docentes los que toman las decisiones sobre los contenidos a trabajar, que es lo relevante de esos contenidos prevalecer. Catenese (2020) pone el ejemplo de prevalecer la comprensión y análisis del fenómeno (del movimiento en este caso). Por encima de la modelación matemática para resolver problemas tradicionales, como por ejemplo los que proponen los libros de textos.
- ✓ La autora considera que la física es una ciencia que busca explicar el mundo que nos rodea, con los fenómenos que en él ocurren más que matematizarlos.
- ✓ El docente y el estudiante poseen un papel importante en la construcción del conocimiento
- ✓ Las practicas experimentales son potentes para la comprensión y construcción de un campo fenomenológico, es un puente importante para conectar la experiencia, el lenguaje y el conocimiento científico para la comprensión de los fenómenos físicos.
- **Tapia-Segarra, I. E. (2018). Aprendizaje significativo en el estudio de la constante elástica del resorte con recursos didácticos de bajo costo. *Polo del Conocimiento*, 3(4), 162-184.**

El presente artículo plantea elementos de interés común a la investigación propuesta en la tesis, la propuesta metodológica y las actividades planteadas, parten de identificar en el diagnóstico deficiencias en los conocimientos básicos de física, reconoce que entonces los docentes deben buscar herramientas didácticas que fortalezcan los conocimientos que poseen de una manera creativa, interactiva y dinámica fomentando la participación grupal para que los que más conocen sobre las bases de física ayuden a los que menos conocimientos tienen sobre esta. Tapia (2018), plantea la importancia de que, antes de la práctica de laboratorio, el estudiante tenga algún conocimiento previo para un aprendizaje significativo, como es el caso particular de la práctica de los resortes para lo cual debe conocer el concepto de: masa, fuerza, desplazamiento, período, elasticidad, constante elástica del resorte, tiempo, conocer las unidades básicas del sistema internacional, entre otros¹.

Tapia (2018), hace un llamado de atención al plantear que al ser la física una disciplina científica, maneja conceptos y algoritmos exactos para su estudio, ya sea en forma de ley o ecuación. El autor cita a Linn & Butler (1993), para expresar una crítica a la enseñanza de la física tradicional, plantean que se plantean conocimientos aislados, las pruebas son respuestas cortas y/o de selección múltiple², de cosas triviales y memorísticas.

El autor justifica las actividades propuestas desde un enfoque constructivista, para que el proceso de enseñanza y aprendizaje sea dinámico, que el estudiante tenga un papel protagónico, cuestione, analice, investigue y sea capaz de construir sus propios conocimientos³. En tal sentido

¹ Se plantean unos conceptos previos que el estudiante debe manejar, para abordar la experiencia de laboratorio de la ley de Hooke.

² Una mirada crítica a las formas de evaluar en física

³ Implícitamente se puede inferir, la importancia de la competencia de indagación en las ciencias naturales

el uso de buenos recursos didácticos es un gran apoyo para el docente y facilita el aprendizaje significativo de los estudiantes (Tapia, 2018).

En la metodología se plantea una actividad experimental utilizando dos técnicas:

- ✓ Método estático-Ley de Hooke: La Ley de Hooke describe fenómenos elásticos como los que exhiben los resortes
- ✓ Método dinámico-Movimiento armónico simple M.A.S.: Utilizando el método dinámico, el estudio se centra en el efecto dinámico que la masa del resorte tiene sobre las oscilaciones verticales del sistema, el cual está constituido por un resorte uniforme de masa m y constante de elasticidad K , con una masa M sujeta en su extremo inferior.

Parafraseando a Tapia (2018) se deducen algunas conclusiones de este trabajo.

- ✓ Los recursos didácticos facilitan el aprendizaje de los estudiantes, incluyendo medios de observación y experimentación, ahorran tiempo, centran el interés, motivan la clase, concretan e ilustran lo que se está explicando, se economizan esfuerzos para conducir a los alumnos a la comprensión de los hechos y conceptos.
- ✓ Para cumplir con su objetivo como campo problemático, la didáctica tiene que considerar seis elementos fundamentales: el alumno, los objetivos, el profesor, la materia, las técnicas de enseñanza, el entorno económico, cultural y ambiental
- **Ramírez, Cardona, & Mosquera. (2011). A propósito de la formalización de los fenómenos físicos: un análisis desde la perspectiva newtoniana. *Revista Científica*, 1(13), 215-224.**

En este artículo los autores abordan el estudio de los procesos de formalización de los fenómenos físicos los cuales dan pistas para la enseñanza de las ciencias, el cual va a permitir esclarecer la relación físico-matemática y el papel que juega la experimentación en el aprendizaje de las ciencias. Entonces lo que primero que se va a rescatar del artículo es la **Relación matemática-física en la enseñanza de las ciencias:** Ramírez y Mosquera (2011), plantean que se observa en muchas prácticas de enseñanza en docentes y alumnos, una tendencia a matematizar la física confundiendo con la mera aplicación de fórmulas y algoritmos a los conceptos y las teorías físicas, mientras que otros se inclinan por una enseñanza y aprendizaje de los conceptos y teorías físicas que no involucran el uso de formalismos matemáticos. Dicho de otra manera, las concepciones de enseñanza (profesor) y de aprendizaje (estudiante), permean la forma como se abordan los conocimientos científicos. Es decir, la relación matemática-física establecida por estudiantes y docentes obedece a formas particulares de considerar los elementos que intervienen en ella (Ramírez y Mosquera, 2011).

El estudio de los procesos de formalización permite una aproximación al sistema que conecta los anteriores elementos y que configura la idea de ciencia, concepto que determina las posibles maneras de enseñar y aprender la física. Para caracterizar los procesos de formalización los autores escogen un fenómeno en particular para indagar la relación físico-matemático en dichos procesos, por la cual se utiliza un estudio de caso donde, se realiza un estudio de caso en el que se aborda la teoría de Newton sobre la luz y el color, además de las formas explicativas que dan algunos estudiantes en su intención de formalizar el fenómeno de la propagación de la luz. Del estudio realizado los autores deducen las características de los procesos de formalización de los fenómenos físicos.

- Organización de experiencias: se compilan las experiencias frente a lo conocido del fenómeno, es decir, se recogen todos los conocimientos adquiridos hasta el momento sobre el mismo.
- El papel de la experiencia en el proceso de formalización: permite orientar la visualización de un fenómeno, es decir la percepción de los objetos por medio de los sentidos y los conocimientos desarrollados. Algunas experiencias son explícitas en los axiomas planteados por Newton, las cuales se traducen en un resumen de lo que hasta la época se había tratado en Óptica.
- Experiencias concretas: son aquellas experiencias que se hacen explícitas al momento de identificar su procedencia y el conocimiento utilizado, un ejemplo de ello son los axiomas planteados por Newton, los cuales se traducen en un resumen de lo que hasta la época se había tratado en Óptica, aquí las experiencias derivan de la adquisición de conocimientos socialmente aceptados.
- Experiencias complejas: existen una serie de experiencias cuya procedencia es desconocida, parecen ser fruto de las múltiples relaciones que el sujeto establece con el medio cultural, social y consigo mismo. Un ejemplo de ello es la forma cómo Newton pensó y construyó los diferentes experimentos para explicar y comprender la dispersión de la luz.
- Caracterización y cuantificación: en esta parte a los atributos o cualidades del fenómeno les es otorgada una forma cualitativa o cuantitativa.
- Representación: es un producto de las relaciones entre la actividad del sujeto con un objeto (por objeto se significa una serie distinta de fenómenos, cosas, hechos, etc.), donde

se codifica la percepción de estos en imágenes mentales que son plasmadas mediante iconos, símbolos, insignias de carácter gráfico.

- Cuantificación: el sujeto reconoce algunas nociones físicas cuando establece una posible relación entre conceptos, esto permite crear la posibilidad de cuantificar algunas características, atributos o cualidades de estos. Un ejemplo es el trabajo que Newton hace al establecer un isomorfismo entre rayo y línea recta, atribuyéndole una forma a la propagación de la luz que le permite establecer relaciones matemáticas entre los grados de refrangibilidad (ángulo de desviación de los rayos) para caracterizar la formación de los colores; es así, como la luz de color azul es más refrangible que la luz de color rojo.
- Experimentación: la experimentación es entendida como todo proceso intelectual y tangible en el cual se pone en juego el comportamiento de las características, atributos o cualidades de un fenómeno con el objetivo de encontrar relaciones entre ellos o relaciones no conscientes, es decir, nuevos conocimientos.
- La matematización se da juntamente con la cuantificación y búsqueda de relaciones entre las características del fenómeno. En este punto, el objetivo es hallar relaciones matemáticas entre las características cuantificables, además poner en juego la relación de dependencia de estos atributos, esta descripción puede ser estrictamente cualitativa. Los autores plantean que la formalización matemática, las matemáticas tiene un papel preponderante, ya que la matematización es el resultado de la cuantificación de variables en la experimentación, en el caso de Newton la asignación de modelos matemáticos para expresar el fenómeno físico da cuenta del nivel de conocimiento que él tenía de la matemática, porque manejando la geometría y la trigonometría de su tiempo pudo darle forma al fenómeno de la luz.

Según la investigación de Ramírez y Mosquera (2011), se puede determinar algunas reflexiones importantes:

- El objetivo no es transmitir la ciencia como el cúmulo de conocimientos ya establecidos, se trata de construir conocimientos que favorezcan el enriquecimiento del proceso de formalización de los fenómenos, mostrando la ciencia como un proceso dinámico en permanente construcción.
- Los procesos de formalización son explícitos en los que reflexionan sobre el fenómeno físico más allá de las herramientas matemáticas, se van enriqueciendo del contexto y los conocimientos culturales en determinada época.
- En la enseñanza de la física, la matematización es un componente poco explorado en los procesos de formalización de aquellos que dan forma a un fenómeno, esto viene dado por el requerimiento de un mayor nivel de apropiación
- La enseñanza de las ciencias debe favorecer los procesos de formalización desarrollados por estudiantes y docentes mediante la implementación de unos nuevos objetivos pedagógicos⁴.

Sobre sistematización de experiencias educativas.

- **Grajales Buitrago & Ruiz Quintero, (2018). Uso de materiales didácticos en la formación de profesores de matemáticas de básica primaria, para la enseñanza de la representación bidimensional de poliedros: una experiencia de tutoría PTA.**

⁴ Esta misión se le puede encargar a la didáctica de las ciencias caracterizada como un campo de investigación.

Este trabajo de investigación cobra relevancia en la propuesta, especialmente en la incidencia del uso de material didáctico en la formación de profesorado en este caso en los profesores de matemáticas, pero que, de alguna manera, no se desliga de la formación de profesores a nivel general. Sobre todo, en lo relacionado a la sistematización de experiencias

En el proyecto se utilizó un enfoque metodológico de naturaleza cualitativa, como lo es la Investigación Acción Participativa - IAP (Cerdeira, 1993), al ser docentes y tutores sujetos de investigación en la implementación de un diseño metodológico basado en la Sistematización de Experiencias (Mejía, 2008; Jara, 2017) citado por Grajales y Ruiz (2018), tal y como lo dice Mejía (2008); de ese proceso de reconstrucción y análisis riguroso de las experiencias didácticas vivenciadas, se consolida una propuesta para formación de profesores de Matemáticas de CI de BP gestada bajo los preceptos de la DM, que también influye de forma directa en la formación de los tutores investigadores participantes de este proceso en el rol de formadores. Como interés de esta propuesta investigativa se sacarán los aspectos relevantes que están enfocados en el papel del maestro como investigador, capaz de hacer su experiencia de aula procesos de reflexión e investigación donde se ponga en juego la praxis educativa.

Grajales y Ruiz (2018), autores de esta propuesta de investigación, plantean la importancia de que el maestro se posicione como un investigador, capaz de poder documentar su experiencia diaria, como un proceso reflexivo, digno de ser valorado en el ámbito académico, ya que en el proceso de investigación educativa, el “ser maestro”⁵ implica ser referente de los otros maestros para ayudarlo en su proceso evolutivo de la práctica escolar, Eloísa Vasco(1982) citado Grajales y Ruiz (2018), esto significa que todos los involucrados, profesores y formadores de

⁵ Palabra que encierra todas las dimensiones que enaltece la trascendencia de un profesor en ejercicio.

profesores deben reconocerse como actores, reflexivos, autónomos, capaces de resignificar sus prácticas educativas, pero con un amplio dominio en didáctica, pedagogía, historia por supuesto disciplinar, en este caso en particular de los conocimientos matemáticos escolares, por lo cual se requiere de Didáctica de las Matemáticas, como un campo de investigación, capaz de poner a dialogar las disciplinas⁶ (Bedoya, 2002, citado por Grajales & Ruiz, 2018).

De las conclusiones del este trabajo que resultan de interés para esta investigación, se puede destacar:

- La sistematización de todas las experiencias planteadas llevó a los autores a destacar la importancia y la potencialidad para un maestro investigador el volver a recorrer sobre lo ya transitado para construir nuevos conocimientos y trascender desde la riqueza de nuestras propias experiencias (Grajales & Ruiz, 2018).
- Se asume la naturaleza escolar donde el formador de formadores y el profesor en formación, dialogan sobre problemáticas en el campo educativos, haciendo de la escuela, un ambiente de investigación y reflexión permanente.

Soto Alvarado, M. B. (2019). Influencia de una propuesta formativa centrada en la modelización en la evolución del modelo científico escolar de energía en futuros docentes de física y matemática. Universitat Autònoma de Barcelona. Tesis Doctoral.

El presente trabajo está puesto en reconocer las concepciones que los futuros profesores poseen sobre el concepto de energía, entendiendo que es un concepto estructurante en el currículo de ciencias naturales, pero su enseñanza- aprendizaje se convierte en una situación compleja, dado

⁶ Poner a dialogar el campo disciplinar de las matemáticas, con la historia, la pedagogía, epistemología, etc.

la complejidad y universalidad del concepto, sin embargo se considera que la comprensión del concepto en toda su dimensión puede ser necesario y fundamental para desarrollar pensamiento científico, tomar decisiones didácticas fundamentales, aportando a la alfabetización científica de los estudiantes, Soto (2019). La autora considera esencial que los futuros profesores en su formación inicial participen de prácticas científicas, que le permitan ir construyendo sus propias estructuras de lo ella llama modelo científico escolar (MCE). Lo que intuimos de la lectura del trabajo, es que el futuro profesor se acerque a las ciencias y su naturaleza, experimente lo que es la actividad científica escolar, lo que nutre su futuro en la actividad docente. Cabe resaltar que metodológicamente no solo se analizó las ideas previas y concepciones alternativas de los estudiantes (futuro profesores), si no la enseñanza de las ciencias centrada en la modelización o modelización centrada en la indagación, (Schwarz & Gwekwerere, 2007; Couso & Garrido, 2017; Couso, 2014), Autores citados por Soto (2019).

El objetivo principal de este trabajo estuvo puesto en conocer qué actividades de la secuencia de enseñanza aprendizaje (SEA)⁷ contribuyen en mayor relevancia al desarrollo del modelo de energía de los futuros profesores periodos menos refinados a periodos más refinados, siguiendo la lógica de las progresiones de aprendizaje para la elaboración de dichos periodos (Duschl, Maeng, & Sezen, 2011), citados por Soto (2019). La autora ratifica que el contexto de esta investigación se centra en la formación inicial del profesor de ahí que otro objetivo fue conocer las concepciones de los estudiantes sobre el contenido (energía) y la metodología a enseñar este contenido, que son elementos del conocimiento didáctico del contenido de los mismos (Shulman, 1986; Mellado, 2003), citados por Soto (2019).

⁷ Termino que suponemos se les da a las secuencias didácticas que preparan los profesores para la enseñanza en el contexto curricular chileno, donde la autora ha centrado su investigación.

Con relación al marco teórico se centra en conceptualizar lo que es la practica científica y la actividad científica escolar, trata de diferenciar entre los diferentes tipos de modelos y hace una descripción del proceso de modelización, de la secuencia de enseñanza aprendizajes centradas en el proceso de modelización, además de referenciar la formación inicial del profesor en especial sobre el conocimiento didáctico del contenido.

Dando respuesta a los objetivos, Soto (2019) plantea algunas conclusiones que detallamos a continuación:

- Los futuros profesores presentan dificultad de diseñar una SEA modelizadora coherente desde la perspectiva metodológica, así como desde una perspectiva de la transposición o reconstrucción del contenido a enseñar. Una de las dificultades es las rutinas son las prácticas tradicionales y rutinarias de enseñanza y aprendizaje, proponerles alternativas de prácticas científicas donde se construyan ideas que desconocen, con una metodología de aula altamente interactiva, centrada en el dialogo en el aula entre estudiantes y docente, no fue sencillo para los futuros profesores.
- Por otro lado, Soto (2019), plantea una idea inspirada desde la perspectiva de progresión de aprendizaje citando a (Couso,2014) el cual plantea que el aclarar y reconstruir didácticamente el contenido en versiones adecuadas para los diferentes niveles de escolaridad es esencial. Por tal razón, plantear ideas del modelo científico escolar claras coherentes y específicas, identificando su secuenciación también fue un reto como diseñadores, también lo fue encontrar fenómenos paradigmáticos reproducibles en el aula que contribuyeran a la construcción del modelo.

Construcción del problema

Teniendo en cuenta la revisión de antecedentes, es posible determinar que la didáctica de las ciencias, y, particularmente la didáctica de la física, juega un papel fundamental en la formación inicial de profesores de física además la necesidad de que los profesores en ejercicio realicen ejercicios de sistematización de experiencias que permitan.

La autorreflexión sobre sus propias prácticas. También, que existe un desafío enorme en la formación inicial del futuro profesor de física frente a los retos actuales que presenta la sociedad actual y que se constituyen en una dificultad que tiene consecuencias directas en la enseñanza de la física que van a impartir posteriormente en el ejercicio de su carrera profesional.

En este sentido García (2011), reitera que hasta hace unas décadas la discusión estaba centrada en la pugna de qué era más importante en la formación de un futuro licenciado en física, el contenido disciplinar o el fortalecimiento didáctico y pedagógico, ante lo cual los maestros de las facultades de las ciencias exactas, generalmente responsables de la formación disciplinar en la malla curricular de las licenciaturas de física, insisten que la formación pedagógica se puede obtener después, ya que un conocimiento adecuado de lo que ha de ser enseñado es garantía de una buena enseñanza, “quien sabe física, sabe enseñar física”; sin embargo, investigaciones posteriores demostraron que esto no es del todo cierto y que era necesario hacer énfasis en los problemas de la enseñanza, ya que no basta con saber, se requiere conocer la didáctica de las ciencias y sus relaciones con otros saberes, es decir nos debemos plantear ¿Cuál es el papel de la Didáctica? Posicionar la didáctica de la física como un campo de investigación nos permitirá reflexionar sobre nuestras prácticas educativas, poner en diálogo con pares educativos las diferentes problemáticas que subyacen de la experiencia de enseñanza de la física.

Una de las problemáticas que en mi práctica educativa siempre ha sido de especial interés es la relación de las herramientas matemáticas con los conceptos físicos que se enseñan en la mecánica newtoniana, se le suele dar mucho espacio a las operaciones algorítmicas que a la comprensión del fenómeno físico y los profesores carecemos de suficiente claridad para poner una equivalencia clara entre el uso de las herramientas matemáticas y su pertinencia o relevancia en la enseñanza de los conceptos físicos, en otras palabras hay que poner el foco en la formalización matemática y su papel en la enseñanza de la física, de ahí la necesidad de reivindicar el papel de la didáctica de las ciencias a través de la praxis educativa, de un profesor en su actividad pedagógica.

De acuerdo con lo anterior, se reconoce la praxis educativa del profesor de física como esa capacidad que tiene el profesor de pensar sobre su práctica, reflexionar sobre su quehacer pedagógico, colocando en diálogo el saber que emergen de la didáctica de las ciencias, que le permite al profesor poner en juego la idea de la didáctica de las ciencias como un campo de investigación y formación, investigación en el sentido que le permite al profesor reconocer que hay unos problemas y unas teorías y unas prácticas que se pueden considerar en el aula de clase pero además es formativa en el lógica de que el profesor está en continua formación y resignificación de sus prácticas

En ese orden de ideas, el diseño de secuencia de aula, la posterior aplicación en clase de la experiencia y su sistematización, se establece como una forma potente de poner en juego la praxis del profesor, en relación al posible diálogo que realiza con el campo de la didáctica de las ciencias y que permite comprender la forma como el profesor desde su quehacer pedagógico se acerca a la didáctica y resignifica su experiencia, en particular en aspectos relacionados con el

diálogo entre las matemáticas y la física en los procesos de formalización matemáticas así como el desarrollo de la competencia de indagación en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física.

De acuerdo con lo anterior se propone la siguiente pregunta problema:

¿Cómo se acerca un profesor a la Didáctica de la Física para plantear diálogos entre la Física y las matemáticas para la enseñanza de la ley de Hooke?

Objetivos

Objetivo general.

Sistematizar la experiencia de enseñanza y evaluación con pares, de una secuencia de actividades que promueva el aprendizaje de la Ley de Hooke, planteada desde el acercamiento a la Didáctica de la Física, procurando diálogos entre matemáticas y Física.

Objetivos específicos.

- Construir una secuencia de actividades para la enseñanza de la ley de Hooke en la educación media basada en los diálogos entre las matemáticas y la física desde la didáctica de la física
- Construir un diálogo con pares de las áreas de matemáticas y Física la secuencia didáctica de actividades que permita resignificar la propuesta de intervención en el aula.
- Sistematizar la experiencia de aula en diálogo con el encuentro entre pares que permita reconocer las relaciones y acercamientos de los profesores con la didáctica de las ciencias.

Capítulo II. Marco conceptual de referencia

En este capítulo se presenta un acercamiento al campo de la Didáctica de las Ciencias desde su constitución como campo de investigación y formación de profesores. Así mismo, se plantea una perspectiva del papel del pensamiento matemático en la constitución del pensamiento científico y, por tanto, la importancia de los procesos de formalización matemática en la enseñanza de la física. Para finalizar, se presentan los problemas de la enseñanza de la Ley de Hooke y las potencialidades de la competencia de indagación en la enseñanza y el aprendizaje de la Física.

La Didáctica de las Ciencias como un campo de investigación y formación de profesores de física

La Didáctica de las Ciencias es un campo de investigación que se ha venido constituyendo con los aportes de diferentes disciplinas y el trabajo de una comunidad académica que tiene como foco mejorar los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación de las Ciencias. Sin embargo, aún es usual que al utilizar la expresión “Didáctica de las ciencias” esta remita a dos comprensiones o posturas teóricas; la primera, donde se considera a la Didáctica como un conjunto de estrategias técnicas y acciones para desarrollar en el aula, por lo general asociada a otras disciplinas como la pedagogía y la psicología; la segunda postura teórica y a la que nos afiliamos en esta investigación, es en la que se posiciona a la Didáctica de las Ciencias como un campo de investigación autónomo, interdisciplinar, compuesto por una comunidad, con problemáticas propias y desarrollos teóricos que la configuran como una disciplina. En este sentido Toulmin (1997), plantea las características que constituyen una disciplina como “un conjunto de problemas específicos, la existencia de una comunidad profesional, un punto de vista

general y compartido sobre la disciplina, estrategias y procedimientos adecuados y poblaciones conceptuales en evolución vinculadas a los problemas específicos” (Toulmin, 1977, citado por Tamayo, 2009, p. 32).

Así, la Didáctica de las Ciencias se ha encargado de problematizar el saber de las ciencias y su enseñanza, o lo que en el campo se ha denominado conocimiento científico y conocimiento científico escolar, reconociendo su complejidad desde la epistemología, Filosofía e Historia de las ciencias; los profesores de ciencias naturales, a través de su formación inicial y continuada, los saberes y conocimientos que ponen en juego, sus creencias y concepciones; los estudiantes que aprenden ciencias, con sus propios procesos de aprendizaje, historias de vida, contextos, creencias; el contexto del aula de clase y el papel de esta formación científica en la construcción de pensamiento crítico y ciudadanías (Adúriz-Bravo & Izquierdo, 2002; Porlán & Ariza, 1998 citados por Nardi y Castiblanco, (2012)

Ahondando en lo anterior, los profesores Bravo e Izquierdo (2002), hace más de quince años publicaron en la revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias el artículo titulado, **“Acerca de la Didáctica de las Ciencias como disciplina autónoma”**, en el que describen el proceso de constitución de la Didáctica de las ciencias como una disciplina que había alcanzado la madurez epistemológica para considerarse autónoma, aunque conservando sus vínculos constitutivos con otros campos, tales como la pedagogía, la psicología, la epistemología y las ciencias naturales. En ese artículo, Bravo e Izquierdo (2002), plantean un metamodelo desde lo epistemológico, sociológico e histórico, que sustenta el carácter autónomo y la independencia de la Didáctica con relación a la pedagogía, la psicología educativa y de las propias ciencias naturales. En este sentido, apoyados con Porlán y Ariza (1998) identifican cinco etapas

relevantes en desarrollo evolutivo de la didáctica de las ciencias naturales que se presentan a continuación en la Tabla 1:

Tabla 1

Evolución de la Didáctica de las Ciencias como campo de investigación y formación

Etapa	Periodo	Características
Adisciplinar	Finales del siglo XIX-mediados del XX	Poca homogeneidad entre los autores del campo. Impera la visión positivista de las ciencias y el espectro didáctico está basado en el método científico.
Tecnológica	Años 50-60	Coincide con el impulso fuerte del cambio curricular en los años 50 especialmente la psicología educativa. Se presenta una revolución política y social por el posible estallido de una guerra nuclear. Esto obliga a cuestionarse el papel de una ciencia neutral. Se plantean otras alternativas de entender las ciencias y por ende los procesos de enseñanza emergiendo ideas sobre ella que ponen en juego otra manera de comprender la actividad científica y por tanto sus procesos de enseñanza. Estados Unidos toma la delantera con propuestas curriculares influenciada por científicos, psicólogos y pedagogos reconocidos, pero sin profundos cambios en lo didáctico, sigue imperando una enseñanza positivista de las ciencias. Se intenta plantear problemas fuera de las ciencias para mejorar la enseñanza, dichos intentos fracasan y urge la necesidad de un campo propio y autónomo, por eso varios autores coinciden, como la época donde nace la D.C como un campo de investigación.
Proto-disciplinar	60-80	Se consolida una comunidad de investigadores que empiezan a trabajar problemas de las ciencias, desligándose de la psicología. No hay hegemonía, ni convergencia en las problemáticas delimitadas por cada grupo, Se crean diferentes líneas de investigación.
Disciplina Emergente	80-2000.	En la década del '80, los didactas de las ciencias de los países punteros comienzan a preocuparse por la coherencia teórica del cuerpo de conocimiento acumulado. Se reconoce la existencia de un conjunto de personas guiadas por la misma problemática, y se considera necesario un análisis más riguroso de los marcos conceptuales y metodológicos para conducir la exploración sistematizada de esta problemática. Se reconocen problemáticas en común y la importancia de estudios más rigurosos del campo de las ciencias.
Disciplina Consolidada.	2000-en adelante.	La madurez de la disciplina hace que se propongan manuales para la enseñanza de esta. Joshua y Dupin (1993), crean el primer manual universitario. Se empieza a consolidar un discurso comunicable y diccionarios de didáctica de las ciencias.

Fuente: (Adúriz-Bravo & Izquierdo, 2002).

Como se evidencia en la tabla anterior, la evolución del campo de la Didáctica de las Ciencias ha sido constante y permeada por el contexto socio histórico que determina la

comprensión de la importancia de la formación científica en la sociedad como una forma de aportar a la formación de un sujeto que le aporte a la construcción de una sociedad más justa y equitativa.

Particularmente, el periodo disciplinar, en donde se consolida el discurso y se divulga a través de manuales, resaltando el carácter de enseñabilidad de la Didáctica de las Ciencias, hace que se justifique su papel en la formación inicial y continuada de los profesores de ciencias naturales y por tanto se constituya en un elemento fundamental en la profesionalización docente.

Como se puede evidenciar, la constitución de la Didáctica de las Ciencias como disciplina autónoma ha sido un proceso que se escapa de ser lineal, por el contrario, es necesario reconocer el trabajo y esfuerzo de muchos investigadores del campo, el cual abrieron un camino importante para posicionar la didáctica de las ciencias como un campo de investigación que ha contribuido a transformar las prácticas escolares y la comprensión de los contenidos así como las formas de enseñar ciencia en los diferentes niveles educativos.

¿Qué compone el campo? ¿Cuáles son sus ideas fundamentales?

En el anterior apartado, se evidenció el devenir de la constitución del campo, influenciado por el contexto socio histórico y las concepciones dinámicas sobre ciencia y su enseñanza. Sin embargo, es necesario, para los fines de este trabajo, recoger las principales ideas que constituyen el acervo de conocimiento desarrollado en el campo de investigación y formación, ya que justamente son estas ideas, las que constituyen la enseñabilidad de la

Didáctica de las Ciencias (DC)⁸ y por tanto su papel en los procesos de formación de profesores de Ciencias.

¿Cuál es el objeto de estudio de la Didáctica de las Ciencias? ¿Cuáles son las ideas fundamentales del campo?

Si se reconoce que la Didáctica de las Ciencias es una disciplina autónoma, como lo plantean anteriormente Aduriz e Izquierdo (2002), es necesario comprender que compone la disciplina. Teniendo en cuenta lo anterior, en este apartado se mostrarán algunos problemas específicos de la Didáctica, la existencia de una comunidad que se agrupa y reúne en eventos nacionales e internacionales, así como algunas investigaciones que han caracterizado el estado actual de la Didáctica de las Ciencias.

En primer lugar, Astolfi y Develay (1989), citado por Aduriz-Bravo e Izquierdo (2002), mencionan que el término "Didáctica" *es independiente de la pedagogía*. Así, la Didáctica se interesa por las situaciones de aula, las representaciones de los estudiantes y las formas de intervención del profesor. Así mismo, reconoce que la disciplina recoge las contribuciones de la Psicología, Historia y Epistemología; sin embargo, es necesario distinguir entre didáctica general y didáctica específica, que no responden a las realidades del aula. En esta primera delimitación del objeto de estudio de la Didáctica se toma distancia de la pedagogía a través de la problematización de las situaciones de aula y en las formas de intervención del docente en los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación de los conocimientos científicos, reconociendo los aportes de otras disciplinas como la psicología, la historia y epistemología para abordar

⁸ Didáctica de las Ciencias (DC), la referenciamos con mayúscula para diferenciarla de la "didáctica" como el proceso de planear y hacer actividades en el aula.

problemáticas de las ciencias y no como una simple técnica. En esta misma vía, Astolfi y Develay (1989) citado por Aduriz e izquierdo (2002), haciendo una síntesis y refiriéndose a las aportaciones de otros autores como Host (1978) y Tiberghien (1985), delimitan cuatro áreas fundamentales de investigación:

- Investigaciones en torno a la construcción y evaluación de un modelo didáctico alternativo.
- Investigaciones sobre los contenidos disciplinares, derivando en investigaciones curriculares.
- Investigaciones sobre los métodos de enseñanza de las ciencias, articulando las dimensiones epistemológicas, psicológicas y de interacción social (estudios de representaciones de los alumnos, aprendizaje por resolución de problemas, etc.).
- Investigaciones sobre la organización del aula en relación con propuestas innovadoras concretas.

Frente a la discusión sobre Didáctica General vs. Didácticas específicas, Pessoa de Carvalho y Gil Pérez (2000) mencionan, que la Didáctica de las Ciencias debe ser el campo articulador que ponga a dialogar las demás disciplinas para resolver problemas, que ponga en dialogo articulador la formación inicial del profesor (teoría) con su práctica docente (praxis educativa), lo que se supone es una de las características principales de la Didáctica, que le da el

Porlán (1998), citado por Adúriz & Izquierdo, (2002), por su parte afirma que el principal objeto de estudio de la didáctica de las ciencias son los procesos de enseñanza y aprendizaje en el contexto del conocimiento científico, en tanto se abordan en ellos procesos materiales y naturales. Así, la Didáctica de las Ciencias no se limita a la simple descripción y explicaciones

de dichos procesos, ya que se plantea preguntas trascendentales como: ¿Qué enseñamos cuando enseñamos ciencias?, ¿Qué se aprende en ciencias? ¿Qué se evalúa en ciencias? ¿Cómo se aprende las ciencias?, ¿Qué papel juegan las condiciones sociohistóricas en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las Ciencias? ¿Qué relación hay entre enseñanza de las ciencias, la sociedad y la cultura?

Por su parte, Cachapuz, Praia y Jorge (2002) mencionan que:

Es necesario pensar en la “Nueva didáctica” como una estrategia de innovación. Una que busque aportes de la Epistemología, la Historia de las Ciencias y la Psicología del Aprendizaje, y que necesite responder a las especificidades de las disciplinas para dar respuesta a desafíos educativos más amplios, involucrando contextos sociales.

Sanmartí (2002), por su lado menciona que la Didáctica de las Ciencias tiene el desafío de problematizar la selección de contenidos a enseñar generando modelos y prácticas adecuadas a cada tipo de contenidos. Se debe tener en cuenta que cada disciplina tiene un problema y una estructura conceptual específicos. Lo anterior, confirma el papel fundamental que juega la Didáctica de las Ciencias como campo de investigación y formación para resignificar el currículo y la función social y cultural de la enseñanza de las ciencias de acuerdo con un proyecto más amplio de sociedad y sujeto que se educa, así como la singularidad de cada disciplina, distinguiendo la enseñanza de la Física y de las Matemáticas.

Viennot (2004) citado Castiblanco y Nardi (2014) , dentro de sus múltiples aportes a la Didáctica de la Física considera que un criterio fundamental en el maestro, es que tenga la capacidad de poder dictaminar cuáles son los conceptos fundamentales, estructurantes o esenciales de la física a enseñar; insiste en la postura que el profesor de física debe reflexionar y

ser consciente de la importancia de ser coherente en sus formas de enseñar, lo cual le permita orientar estrategias novedosas en los procesos de enseñanza y aprendizaje, no solo quedándose en innovar métodos, si no poder reconocer las tendencias, explicaciones de conceptos científicos que trascienden a la luz del sentido común.

Hasta este punto, los autores mencionados ponen el énfasis en dos cosas: por un lado, en la elaboración y experimentación de modelos y currículos alternativos que presten atención especial a las variables mediadoras relacionadas con los alumnos (concepciones alternativas, obstáculos de aprendizaje, dimensión social del aprendizaje, contexto educativo, etc.), y por otro lado, cuáles son los objetos de enseñanza y aprendizaje, que desde un punto de vista epistemológico, se aleja de la idea de que enseñar es transmitir y aprender es solo memorizar. Así, al cuestionarse ¿Qué es lo que se enseña cuando se enseña ciencias? ¿Qué es lo que se aprende cuando se aprende ciencias?, problematizan la relación entre conocimiento científico y conocimiento científico escolar. Por tanto, uno de los pilares de la Didáctica de las Ciencias es que la ciencia del científico es diferente de la ciencia escolar y sin embargo la ciencia escolar es actividad científica; en este sentido, la ciencia escolar es producto de una actividad de producción de conocimiento científico escolar, con el propósito no solo de acumular conocimientos, sino desarrollar competencias y habilidades para la producción y significación del conocimiento científico.

Más recientemente, Castiblanco y Nardi (2014), hacen una caracterización del campo a través de los referentes de algunos investigadores en la enseñanza de las Ciencias y concluyen que si bien el área no tiene un paradigma hegemónico que oriente la investigación en el campo, su resultado se da por la convergencia de preocupaciones comunes del interés de mejorar la

calidad de la formación de profesores y las prácticas educativas. Así mismo, resaltan el carácter inter o multidisciplinar del área y la diversidad de objetos de investigación (Castiblanco & Nardi, 2014).

Líneas de investigación iniciales y actuales

Desde su génesis, la DC ⁹está marcada por la integración de lo epistemológico, psicológico y pedagógico, los cuales constituyen las bases teóricas de esta. De dicha integración surge una perspectiva original e independiente, cada vez menos deudora de fuentes externas. Por tanto, es orientada hacia una visión más fenomenológica del objeto de estudio, hacia metodologías más abiertas y una concepción más relativa del conocimiento, (Porlán & Ariza, 1998, citados por Adúriz & Izquierdo, 2002).

Según Astolfy y Develay (1989), citados por Porlán, plantean que entre los años de 1980 a 1985, se realiza un proceso de integración y reelaboración por la comunidad científica y se fijan tres líneas de investigación presentes en el campo:

- a) Una línea **epistemológica**, que trata de hacer una lectura didáctica de la estructura de los contenidos científicos y de los problemas; b) una línea más **psicológica**, que se preocupa por analizar y describir las concepciones que tienen los estudiantes sobre los fenómenos de la realidad, las características de dichas concepciones y los procesos a través de los cuales se producen y evolucionan; y c) una **línea pedagógica** de carácter más general que se plantea la estructura y la dinámica de la comunicación en el aula de ciencias. (p. 181)

⁹ DC (Didáctica de las Ciencias como campo de investigación).

Sin embargo, estas líneas han ido diversificándose y actualmente en el campo se cuenta con una gran diversidad de propuestas de investigación echando un vistazo a los principales congresos a nivel nacional (Colombia) e internacional, se puede evidenciar la multiplicidad de líneas de investigación que actualmente se tienen en cuenta en la Didáctica de las Ciencias. El Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias promovido por la REDLAD (Red latinoamericana de investigación en didáctica de las ciencias experimentales) y el congreso Internacional de Investigación en Didáctica de las Ciencias organizado por la revista Enseñanza de las Ciencias y la Universidad de Sevilla, presentan las siguientes líneas temáticas, en dos eventos en Latinoamérica e Iberoamérica en donde se encuentra la gran mayoría de la comunidad de Educadores de Ciencias Naturales de habla hispana:

Tabla 2

Líneas temáticas de los dos congresos sobre Didáctica de las Ciencias más importantes en Latinoamérica e Iberoamérica. (2020)

Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias	Congreso Internacional de Investigación en Didáctica de las Ciencias
Educación Científica en Educación Infantil y Educación Primaria.	Educación científica en contextos formales en Educación Infantil y Educación Primaria.
Educación Científica en Educación Secundaria.	Educación científica en contextos formales en Educación Secundaria.
Educación Científica en contextos no formales, informales y virtuales.	Educación científica en la universidad
Didáctica de las Ciencias Naturales en la Educación Superior.	Educación científica en contextos no formales e informales.
Educación Ambiental.	Formación inicial y permanente de profesorado de Educación Infantil y Educación Primaria.
Educación Científica Intercultural.	Formación inicial y permanente de profesorado de Educación Secundaria y Universidad.
Historia, Filosofía y Sociología de la Ciencia y Naturaleza de la Ciencia.	Educación para la sostenibilidad.
Aprendizaje, Modelización y Argumentación en la enseñanza de las ciencias	Historia y naturaleza de la ciencia.
Metodologías de Investigación en la Didáctica de las Ciencias Naturales	Aprendizaje de las ciencias.
STEM y didáctica de las ciencias naturales	Perspectivas culturales, sociales y de género en la educación científica y tecnológica.
	Uso de pruebas en la argumentación.

	Educación científica en contexto y controversias sociocientíficas.
	El dominio afectivo en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.
	Diseño, implementación y evaluación de programas y propuestas didácticas
	Medio ambiente y salud en la educación científica.

Fuente: (Amador-Rodríguez, 2021, p. 2).

De la variedad de líneas temáticas en estos dos eventos, se evidencia como el campo ha venido ampliando las problemáticas que aborda y que ha conceptualizado el papel de la educación en ciencias más allá del aula de educación secundaria, avanzando a los niveles de Educación infantil, primaria, secundaria y universidad. Así mismo, contemplando la educación en espacios no formales y vinculando reflexiones sobre la interculturalidad, la educación ambiental y el papel de las emociones en el aprendizaje de las Ciencias.

Debido a los intereses de este trabajo, resalta las líneas de investigación dedicadas a la formación de profesores en los cuatro niveles anteriormente mencionados. En esta misma vía, en Colombia, se desarrolla el Congreso Internacional de Formación de Profesores de Ciencias Naturales, que es uno de los eventos más importantes de la comunidad en Enseñanza de las Ciencias Latinoamericana. En este espacio se presentan trabajos en las siguientes líneas o ejes temáticos para el 2021: (Ver Figura 1).

Figura 1

Trabajos en los siguientes ejes o líneas temáticas. 2021



Como se evidencia, se entrecruzan las líneas que dieron origen al campo y emergen nuevas preocupaciones que muestran el carácter dinámico y dialéctico de la formación de profesores con la sociedad.

Por ejemplo, la temática formación de profesores y educación en ciencias para la ciudadanía y la paz, los contextos rurales, la diversidad, inclusión, el multiculturalismo, interculturalidad y género, se relaciona con las discusiones y necesidades sociales que, en los últimos años en Latinoamérica, y particularmente en Colombia, emergen con el proceso de paz.

Vínculos entre el desarrollo del pensamiento matemático y el pensamiento científico

Partiendo del interés de investigación del presente trabajo, nos adentramos a buscar la relación entre el desarrollo y evolución del pensamiento científico y sus nexos con el pensamiento matemático.

Al revisar la organización curricular de los conocimientos que se transmiten en la escolaridad y que suponen los saberes básicos que cualquier ciudadano debe tener para integrarse en la sociedad, se evidencia una clasificación que tiene implícita una jerarquización. Esa clasificación demarca lo que son las ciencias naturales o “duras” y las humanidades o ciencias blandas. Bajo esta demarcación, es muy difícil encontrar puntos de encuentro y proyectos interdisciplinarios que aborden problemas desde un punto de vista complejo y complementario. Así mismo, la jerarquización se da también al interior de esos grupos de disciplinas, ya que, dentro de las ciencias naturales, la Física y la biología son vistas de manera diferente. Por tanto, cabe preguntarse ¿De dónde viene esta clasificación? ¿Qué implicaciones tiene en la enseñanza de la Física?

En principio, es necesario resaltar que la clasificación entre ciencias naturales y humanidades se construyó a lo largo del siglo XVIII bajo criterios ontológicos, epistemológicos y metodológicos. Así, las matemáticas y las ciencias naturales son asociadas con una mayor racionalidad, lo que las agrupa en las disciplinas científicas, mientras se excluyen bajo este criterio las llamadas humanidades. A propósito, Gianella (2006) menciona que:

El sentido contemporáneo de disciplina científica es un producto tardío que fue excluyendo a otros campos como la metafísica y la filosofía en general, además de otras áreas que

ambiguamente se caracterizan como de las “humanidades”, y que dan forma e incorporan nuevas disciplinas, como las llamadas ciencias sociales. (p. 2)

Sin embargo, en esa clasificación de las disciplinas científicas a las que se les asocia la máxima expresión de la racionalidad, también se evidencia una subdivisión por la naturaleza epistemológica del conocimiento que producen, es decir, mientras en matemáticas las entidades y objetos matemáticos no necesariamente deben coincidir con la “realidad”, en las ciencias naturales debe existir una correspondencia con hechos del mundo.

A mediados del siglo XX se avanzó en una nueva clasificación en la que las matemáticas, la lógica y la informática se agruparon bajo el nombre de ciencias formales y la Física, Astronomía, Química, Biología, Geología, entre otras, se asociaron bajo el nombre de ciencias fácticas (Gianella, 2006). Si bien esta nueva clasificación parece que rompe con la dicotomía ciencias naturales-ciencias sociales o humanidades, no supera la demarcación que impide contemplar las relaciones entre teorías que se producen al interior de cada una de estas disciplinas. En el caso de las matemáticas y la física, se asume la relación casi instantánea, sin problematizar las distancias y acercamientos dependiendo de los campos al interior de cada una de ellas. Frente a esto se hace necesario develar las relaciones y distancias entre estas dos áreas de conocimiento y preguntarse ¿cuáles son las relaciones que se establecen entre Física y Matemáticas y de que se compone la relación?

Frente a esta pregunta, Vizcaino et al. (2015) establecen diferencias entre la matematización para la física y la matematización para la enseñanza de la Física. Así, consideran en principio las características de la matematización en la física y los aspectos interrelacionados a esta: “1) las diferentes consideraciones sobre qué es explicar un fenómeno físico, 2) el

lenguaje apropiado para presentar tales explicaciones 3) lo que se considera como matematizar un fenómeno físico” y para abordar estos aspectos, se recurre a la Historia de las Ciencias, en donde se identifican tres momentos históricos en los que se pueden evidenciar las diferentes significaciones de la matematización para la física, esto es:

Según la clasificación propuesta por autores como Paty (2003), Gingras (2001) y Cantor (1977), [...] la primera época trata sobre la filosofía natural desarrollada en la Grecia antigua; la segunda sobre la revolución científica a partir del siglo XV, y la tercera, desde los comienzos del siglo XX con el surgimiento de la física moderna y su desarrollo (Vizcaino et al., 2015, p. 97)

Así, en la antigua Grecia, existía una división entre la Filosofía natural, Astronomía y Matemáticas. El campo de estudio de la filosofía natural eran los fenómenos y se utilizaba un lenguaje lleno de definiciones con adjetivos que buscaban dar respuesta al porqué de los fenómenos naturales, mientras que la Astronomía hacía uso de la geometría y matemáticas para elaborar modelos que pudieran ser usados en la predicción de los fenómenos, sin que tuviese que encajar la explicación filosófica con el modelo. Esto se puede evidenciar en los epiciclos como herramienta geométrica que modelaba el fenómeno de retrogradación de Marte.

Con el desarrollo de la Ciencia a través de los trabajos de Galileo, la matemática se combina con la experimentación, de tal manera que es vista como un instrumento para construir y expresar con mayor precisión las explicaciones sobre los fenómenos naturales. Es en este periodo que se cimienta la idea de las matemáticas como un lenguaje para la física a propósito de la máxima atribuida a Galileo *“Las matemáticas son el lenguaje en el que Dios escribió el universo”*. Con los trabajos de Newton en mecánica y óptica, se ve el avance de esta idea en la

que las matemáticas y la experimentación forman una dupla sobre la que se erige la verdad y la racionalidad.

En el periodo de la física moderna, nuevas discusiones sobre la medición, la observación y, por tanto, el papel de las matemáticas, vuelven a ponerse de relieve. La pregunta por el sentido de las ecuaciones y su correspondencia con los fenómenos cada vez más imperceptibles, genera reflexiones sobre lo que significa que las matemáticas sean un lenguaje.

Como se puede evidenciar, hablar de matematización en la física, también tiene fuertes lazos con el momento histórico en el que se desarrolló la ciencia y ha venido cambiando con ella. Un primer acercamiento a una definición de matematización se recoge de (Vizcaino et al., 2015) que mencionan:

En términos generales, la matematización de la física es definida como un proceso mediante el cual las metodologías de trabajo de los físicos se fueron interrelacionando cada vez más con los símbolos, conceptos y metodologías de trabajo de la matemática, para constituir explicaciones más complejas. (p. 99)

Frente a la idea extendida de las matemáticas como un lenguaje de la ciencia, también se pueden evidenciar nuevas conceptualizaciones, en las que se considera el sentido amplio del término lenguaje, avanzando hacia formas de comunicación, explicación y construcción de pensamiento. Según el matemático Salomon Bochner (1991) citado por Vizcaino et al. (2015) menciona: “[...] La matemática no es apenas para formular, clarificar y tornar manejables de forma rigurosa conceptos y leyes científicas [...] sino también, en ciertas situaciones cruciales se muestra como un elemento esencial tanto de su creación como de su desarrollo” (p. 237).

En conclusión, reconocer desde la historia de las Ciencias, los vínculos que se han tejido entre las matemáticas y la física y cómo la pregunta por ellos también es una pregunta por la forma en que se hace y valida la ciencia, podría contribuir a la formación de los profesores y a plantear nuevas propuestas de enseñanza que tengan en cuenta estos vínculos, alejándose de posturas que promueven los prerrequisitos matemáticos para aprender física, pues como menciona Redish citado por Vizcaino et al. (2015)

El aprendizaje de la matemática en sí mismo no garantiza aprender a usarla en otros contextos. Sin embargo, el aprendizaje de la física implica el aprendizaje de cómo usar símbolos y relaciones entre símbolos para poder expresar ideas y construir explicaciones. (p. 101)

Reflexiones en torno a la formalización y matematización en la enseñanza de la Física

Uno de los problemas en la filosofía de la ciencia, está asociado a la relación entre los objetos teóricos construidos y su correspondencia en el mundo. Así, al hablar del “vector fuerza”, por ejemplo, ¿estamos ante un objeto del mundo o una abstracción de la realidad? Sin ir más lejos, el papel del científico que se dedicaba a estudiar la realidad física en el siglo XIV, su principal labor era de ser “intérprete” de dicha realidad, mientras que, en los siglos venideros, el problema de la observación y la medición, ubicó al científico como parte de la misma realidad que pretendía explicar (Vizcaino et al., 2015). Lo que se puede inferir es que, antes de Galileo, se interpretaba los fenómenos de manera superficial, por decirlo de alguna manera, pero Galileo fue el pionero de darle rigurosidad al ejercicio científico, de hecho, se lo conoce como el pionero del método científico al incluir la medición y la observación como bases de la experimentación. de ahí en adelante, para que alguna explicación o planteamiento teórico sobre un fenómeno natural,

tenía que seguir unos pasos, de observación, medición y uso de las matemáticas. Un ejemplo latente, es el de Isaac Newton, el cual según dice la historia, publicó doce años después de que había escrito sus leyes, perfeccionando las matemáticas, que le permitieran sustentar sus planteamientos y observaciones del mundo natural. Por lo tanto, empezó a tener relevancia en el estudio de los fenómenos naturales la formalización matemática como un requisito de validez científica, incluso Albert Einstein preguntó alguna vez: “¿Cómo es posible que las matemáticas, producto del pensamiento humano, independiente de la experiencia, se ajusten excelentemente a los objetos de la realidad?”. En este sentido al aterrizar la idea al contexto educativo la relación de los procesos de matematización y formalización en la enseñanza de la física, se vuelven objeto de estudio, en el campo de la didáctica de las ciencias.

Los procesos de formalización matemática de los fenómenos físicos.

Después de explorar las diferencias y el devenir histórico que ha moldeado las relaciones entre las Ciencias y las Matemáticas y cuestionando la actividad escolar, cabe preguntarse cuál es el papel de la formalización y el uso de modelos matemáticos en la enseñanza de la Física.

Vizcaino et al. (2015, p. 98), plantean:

De esta forma, explicar no es el simple hecho de describir con palabras las relaciones representadas en una ecuación; la explicación se da necesariamente cuando hay comprensión de las representaciones del fenómeno, tanto en el campo de las funciones que relacionan las magnitudes involucradas, como en el campo de los porqués de la existencia de tales funciones.

Es decir, los autores plantean una dificultad de los profesores al enseñar física, no se trata de repetirle al estudiante lo que expresa una ecuación física, es decir, no es suficiente con

recitarle que en la ley de Hooke la fuerza es equivalente al producto de la constante de elasticidad por la elongación del resorte¹⁰, es necesario que el estudiante entienda integralmente que significa la relación de esas tres variables, su significado histórico, epistemológico y fenomenológico, que está comunicando del fenómeno físico, esto ayudará al estudiante a entender el sentido de la ley y su aplicación en contextos específicos

Ayala, Garzón y Malagón (2007), plantean algunos interrogantes al respecto de los procesos de formalización matemática, buscando tener luces sobre el problema de relacionar los conceptos físicos con los matemáticos, plantean que este problema podría eliminarse si se consideran como formas de conocimiento que se unen en el proceso de comprender los fenómenos físicos:

En el proceso mismo de comprender los fenómenos físicos se hacen explícitas ciertas formas matemáticas que nacen del proceso de formalización en sí mismo; en otras palabras, que la física y la matemática pueden compartir formas similares en cuanto se pueden considerar que son elaboraciones formales de lo externo. (p. 40)

Lo que se puede interpretar es que no se trata de mezclar contenidos físicos con contenidos matemáticos y forzarlos a coincidir, se trata de procesar pensamientos, comprender el lenguaje de la naturaleza, comunicarse y relacionarse con el mundo exterior, a través de representaciones y modelos.

En este sentido la matematización en física, debe diferenciarse en dos líneas: el uso de las matemáticas para aprender Física o para investigar física ya que una cosa es pensar la

¹⁰ $F = K \cdot X$, donde F = fuerza; K = constante de elasticidad y X = la elongación del resorte.

matemática como un lenguaje que permite describir la naturaleza de forma apropiada, y otra muy diferente es la matemática como un lenguaje inscrito en los procesos de pensamiento, ya sea para organizar y expresar ideas, para interpretar hechos desde diversas perspectivas, o para comprender y explicar los fenómenos naturales (Vizcaino et al., 2015). En consecuencia y haciendo la transposición a la escuela, la formalización como proceso de pensamiento permite empezar a integrar de manera significativa la relación entre la física y las matemáticas.

Se puede afirmar, entonces que formalizar es un proceso de pensamiento a través del cual se da forma a las abstracciones internas de interpretar, entender y reconocer el universo y los aspectos “externos” en los cuales el devenir del mundo, puede ser reconocido (Ayala et al., 2007). Por lo tanto, formalizar en ciencias es un proceso de precisión del contenido del conocimiento científico, mediante el encuentro de determinado modo de los objetos y fenómenos en estudio con ciertas estructuras materiales que poseen un carácter, relativamente estable y permiten en virtud de ello, esclarecer y fijar los aspectos esenciales y lógicos de los objetos.

Para esclarecer un poco el término de formalización, es necesario describir los tipos de formalización (Ayala et al., 2007):

- Formalización de carácter pragmático: se establece en el uso del lenguaje, no se necesita tener una estructura teórica, ni reflexionar en profundidad, se genera en el lenguaje común, se utilizan operaciones básicas de la aritmética.
- Aplicación de las matemáticas en el análisis de los fenómenos físicos: en este tipo de formalización corresponde a desarrollos cognitivos en los que formalizar no se limita a superponer una estructura formal o una estructura matemática a un fenómeno para

analizarlo y comprenderlo, si no que se requiere, ante todo, construir la posibilidad misma de formalizarlo y matematizarlo.

- Axiomatización de las teorías físicas y unificación de campos fenoménicos: en este tipo de formalización se construyen principios generales que pueden conectar e implicar principios diversos, que organizan a su vez una variedad de campos fenoménicos, así como definir rangos de validez de los mismos; elaborando con ello, simultáneamente, nuevos sistemas teóricos consistentes y campos fenoménicos unificados. En esta forma de sistematizar, el lenguaje al bordar los conceptos juega un papel importante en esa relación matemáticas-física. Como esta actividad se realiza sobre la forma (sobre la estructura de la teoría) se le suele asignar un carácter puramente matemático.
- Matematización de un campo fenoménico: en este tipo de formalización donde se analiza las formas de razonamiento utilizadas en la organización de la experiencia, y se las organiza; una característica propia de los procedimientos matemáticos. Newton en sus Principia y Dirac en su tratado de Mecánica Cuántica, por ejemplo, generar objetos matemáticos con un campo semántico correspondiente alrededor de ellos para referirse al mundo físico, presentar en ambos casos sistemas de proposiciones matemáticas con sentido físico.

Consideraciones relevantes en los procesos de formalización.

Aunque en principio se considera la formalización como una variable central para analizar el conocimiento y los procesos cognitivos en cualquier área del conocimiento, pero cuando se trata de la física, se hace un tratado especial, se dice que se hace a través de las matemáticas, lo cual las pone en un panorama de estrecha relación cuando se van abordar explicaciones de la naturaleza y sus interacciones, cosa que no suele suceder en

otras disciplinas. Redish(2006) citado por Vizcaino y Terrazzan (2015) argumenta que comprender la relación entre física y matemática involucra poder diferenciar entre lo que es hacer matemática y usar la matemática en la explicación de la física. Esto nos presenta una idea interesante en la relación que hay entre las matemáticas y la física, cuando un científico que está analizando un fenómeno natural y pretende describirlo, no está pensando por separado el mundo natural y el mundo matemático, él pone a dialogar el fenómeno y lo interpreta a través de representaciones del universo matemático, se sumerge en una espiral de ir y volver entre los dos mundos, validando el conocimiento físico a través de la modelación matemática, pero también crea significado de los objetos matemáticos a través de la interpretación física. En otras palabras, una teoría física no tiene validez científica si no tiene una demostración matemática.

La indagación como competencia científica desde el desarrollo conceptual y experimental de la ley de Hooke

Para entender la indagación como una competencia de las ciencias naturales, hay que diferenciarla de la indagación como metodología, de ahí que es necesario hacer un barrido teórico de lo que se entiende de indagación científica como una competencia de las ciencias naturales. las dificultades e incertidumbres para definir dicho concepto, según Barrow (2006), no hay una definición precisa generalizada de lo que es la indagación. Algunos la relacionan con las estrategias de enseñanza para potencializar el aprendizaje, otros con la capacidad de fomentar la curiosidad y el cuestionamiento de lo que se hace, una tercera es la forma de construir conocimiento a través de fomentar la capacidad investigativa a la luz de la experimentación .

Conscientes de la complejidad de definir la indagación vamos a relacionar algunos autores que han ahondado en el tema y poder aproximarnos a una forma de comprender los procesos de indagación en el contexto escolar.

Reyes y Padilla (2012), plantean que hay dificultades para tener una definición precisa, por eso nos traen un barrido de algunos autores y su concepción del concepto de indagación, a continuación, relacionamos la definición con su respectivo autor:

- Schwab (1966), citado por Reyes & Padilla, (2012) dice que el proceso de indagación comprende una sistematización de procedimientos, los cuales están relacionados con los pasos de la experimentación científica: Ir al laboratorio (experimentar), toma de datos e interpretación de los mismos, discusión, uso de informe de investigación¹¹, uso de las herramientas tecnológicas, laboratorios virtuales , para aproximarse al saber sabio del científico. Schwab sugiere que el proceso de indagación empiece con una actividad experimental, antes de empezar con una clase donde se presente el conocimiento científico establecido.
- En 1996 el Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos de América (NRC, 1996, p. 23, citado por Reyes & Padilla, 2012, p.) presenta la siguiente definición:

Indagación: “las diversas formas en las que los científicos estudian el mundo natural y proponen explicaciones basadas en la evidencia derivada de su trabajo. La indagación también se refiere a las actividades de los estudiantes en la que ellos desarrollan conocimiento y comprensión de las ideas científicas”.

¹¹ En el contexto escolar, se le denomina, informe del laboratorio.

- Martin-Hansen (2002), citado por Reyes & Padilla, 2012), apoya la perspectiva anterior y define la indagación como el trabajo que realiza el investigador para estudiar el mundo natural o a las actividades de los estudiantes para acercarse a la actividad científica.

De acuerdo a lo que se infiere de las miradas anteriores, el foco ha sido puesto en las acciones del estudiante, no manifiestan nada sobre lo que se espera de la acción del profesor.

Por consiguiente, Reyes y Padilla (2012), señalan que existen, al menos, tres visiones de lo que es la indagación: 1. lo que hacen los científicos; 2. lo que hacen y aprenden los estudiantes, y 3. lo que saben y saben hacer los profesores en el aula.

Otros autores definen la indagación como un proceso que conecta la enseñanza y el aprendizaje:

La indagación es una serie de comportamientos inherentes a los seres humanos, para encontrar explicaciones razonables de un fenómeno del que se quiere saber¹², esta se alcanza cuando el contenido y los conceptos son comprendidos con el significado del contexto como fueron descubiertos, de ahí la importancia de que los profesores de ciencias tengan una formación integral, no solo formado en lo disciplinar, se necesita que tengan formación en historia, epistemología, filosofía de la ciencia, entonces la enseñanza basada en indagación compromete a la educación en ciencias, incluya en su currículo a la naturaleza de la Ciencias¹³,

¹² Por ejemplo indagar sobre un fenómeno físico). Es un proceso que se complementa, cuando aprendemos algo que no sabíamos (investigación).

¹³ Esta mirada de indagación, justifica que en la formación de profesores se potencialice el campo de investigación de la didáctica.

por otra parte dicho currículo debe integrar los componentes: 1. habilidades de indagación(lo que debe saber los estudiantes); 2. el conocimiento acerca de la indagación(lo que debe comprender de la naturaleza de la indagación); y 3). una aproximación pedagógica para la enseñanza de los contenidos científicos (lo que deben hacer los docentes) (Novak, 1964; Bybee, 2000; Rutherford, 1964; Bybee, 2004, citados por Reyes & Padilla, 2012).

Diferentes aproximaciones de enseñanza y el aprendizaje basado en indagación.

Parece natural, entonces, que a lo largo de un siglo se encuentren una variedad importante de interpretaciones y asociaciones del concepto de indagación. Enseñar ciencias basados en la competencia de indagación incorpora una serie de estrategias pedagógicas que favorecen la participación activa del estudiante y un conjunto de actitudes y valores relacionados con la forma que los científicos desarrollan su trabajo (Dysa, 2014).

Si se revisan los estándares y lineamientos curriculares del MEN, para examinar cómo están viendo la competencia de indagación, se observa que desde la propuesta del ICFES (2016), la competencia de indagación se concibe como “la capacidad para formular preguntas y procedimientos adecuados con el fin de buscar, seleccionar, organizar e interpretar información relevante y así dar respuesta a esas preguntas” (p. 87).

Para comprender mejor el significado de “capacidad”, se acudió a Ferreyra y Peretti (2010) citado por Reyes y Padilla (2012), quienes la definen como

[...] procesos cognitivos y socioafectivos, que garantizan la formación integral de la persona; se manifiestan a través de un contenido o conjunto de ellos y constituyen, en este

sentido, una base desde la cual se siguen procesando, incorporando y produciendo nuevos conocimientos. (p.3)

Algunas aproximaciones al contexto histórico de la Ley de Hooke.

De acuerdo con los trabajos de. Ramos Castiblanco (2013), la reflexión sobre la elasticidad de los objetos sólidos empieza en el siglo IV a. C. Cuando en tiempos de Aristóteles los filósofos griegos se preguntaron ¿por qué las piezas de madera son más débiles cuanto más largas son, y porqué se doblan más fácilmente cuando más altas son?

Pasaron Veinte siglos después, para que Galileo Galilei en 1638 publicó su trabajo sobre las fuerzas en los materiales, planteando la idea de que no todos los cuerpos poseen cierta elasticidad, los cuerpos rígidos que tienden a romperse, no poseían elasticidad , un error de precisión que cometió Galileo, por desconocer la naturaleza de la elasticidad, Ramos Castiblanco (2013). Lo que más adelante se descubrió, que todos los cuerpos por muy rígidos que parezcan, tienen un porcentaje de elasticidad, pequeño en comparación con los objetos flexibles, pero igual hay elasticidad.

Según Castiblanco (2013), estas ideas erróneas perduraron hasta que Robert Hooke, científico inglés, en 1635, mientras se encontraba trabajando como ayudante en el laboratorio del científico irlandés Robert Boyle, describió cómo un cuerpo elástico se estira de forma proporcional a la fuerza que se ejerce sobre él, dicha relación la formuló en lo que hoy se conoce como la Ley de Hooke o Ley de Elasticidad. Cabe destacar que Hooke, mantuvo por mucho tiempo una Pugna con Isaac Newton, ya que Hooke era muy crítico del trabajo de Newton y Newton reclamaba los créditos del descubrimiento de la ley de los resortes o ley de elasticidad, aunque al final se comprobara y se atribuyera el crédito a Robert Hooke, 18 años después de su

descubrimiento y reconocida como la Ley de Hooke. Murió a la edad de 68 años en la ciudad de Londres, Inglaterra en el año de 1703.

La ley de Hooke y su relación con la Mecánica Newtoniana.

En el contexto escolar la ley de Hooke, se relaciona con las leyes de Newton, se introduce en la parte de la mecánica que estudia las condiciones de equilibrio de los cuerpos , bajo la acción de fuerzas (Primera ley de Newton), a esta parte de la temática se le denomina ESTÁTICA, y se le puede definir como: parte de la Mecánica que estudias las formas , para que un cuerpo, sobre el cual actúan fuerzas externas se mantenga en equilibrio: Para comprender los significados de esta temática ,se debe tener conocimientos básicos de “ Fuerza” (representación gráfica, efectos sobre los cuerpos, peso, masa, deformación , etc.) (Sanger, 2005).

La Ley de Hooke describe fenómenos elásticos como los que exhiben los resortes. Dicha ley Afirma; que el desplazamiento o la deformación sufrida por un objeto a causa de una fuerza, será directamente proporcional a la fuerza deformante o a la carga, es decir a mayor fuerza, mayor desplazamiento, o como lo expreso Hooke en latín: *Ut tensio sic vis* (“como la extensión, así la fuerza”). Aunque se pueden encontrar varias interpretaciones de la ley, debido a la trasposición didáctica del saber científico al saber escolar, otra definición usual en los libros de texto o páginas de internet es la siguiente: La deformación elástica que sufre un cuerpo es proporcional a la fuerza que produce tal deformación, siempre y cuando no se sobrepase el límite de elasticidad. Robert Hooke (1635-17039), estudió, entre otras cosas, el resorte. Su ley permite asociar una constante a cada resorte. La ley de Hooke es sumamente útil en todos aquellos campos en los que se requiere del conocimiento pleno de la capacidad elástica de los materiales.

La ingeniería, la arquitectura y la construcción son las disciplinas en las que es usada más frecuentemente.

Por ejemplo, esta ley permite predecir el efecto que el peso de los automóviles tendrá sobre un puente y sobre los materiales de los que está hecho (como el metal). También permite calcular el comportamiento de un fuelle o un conjunto de resortes, dentro de alguna máquina específica o aparato industrial. La aplicación más conocida de la ley de Hooke es la elaboración de los dinamómetros: aparatos compuestos por un resorte y una escala que permiten medir escalarmente fuerzas.

En cambio, para calcular la elasticidad de los sólidos elásticos, se deberá generalizar la ley de los resortes, dado que la distribución de la tensión en sus cuerpos es mucho más complicada que un fuelle. Para eso, se recurre a las ecuaciones de Lamé-Hooke, que poseen fórmulas específicas para cada sólido según su forma específica: unidimensional, tridimensional isótropo o tridimensional ortótropo. Pero estos son temas que requieren una elaboración mucho más compleja y técnica (Sanger, 2005).

Capítulo III. Marco metodológico

Esta investigación se inscribe en el paradigma de la investigación cualitativa con un enfoque interpretativo. Según Moreira (2002, pág. 4) , el interés de este tipo de investigaciones que se desarrollan en la Enseñanza de las Ciencias está en “una interpretación de los significados atribuidos por los sujetos a sus acciones en una realidad socialmente construida, a través de observación participativa, es decir, el investigador queda inmerso en el fenómeno de interés”.

Así, la naturaleza de los datos es cualitativa y por tanto son analizados reconociendo esta característica y es a través de la narrativa detallada que el investigador persigue la credibilidad de sus resultados y modelos interpretativos, dejando de lado la búsqueda de la universalidad.

Por otro lado, en este tipo de investigaciones, el contexto en el que se encuentra el investigador y los participantes, no es independiente del objeto de estudio. Así, la realidad que se construye depende de las comprensiones que los sujetos establecen en su contexto y con el contexto. En esa vía, y desde una perspectiva de la diversidad cultural, se comprende la escuela como un escenario que tiene un saber propio, prácticas endógenas que la hacen única y con unas potencialidades claves de autodesarrollo que usualmente no se reconocen en una relación dialéctica con la sociedad, determinada por una cultura (Geertz, 1998), definida como un entramado de significados que se construyen y resignifican en el actuar de los individuos que interaccionan y que van forjando una forma de relacionarse, comunicarse, unas formas de cooperación en una determinada situación.

Interpretando la definición de Geertz, se puede reconocer las particularidades del entorno social y cultural en el cual está inmerso la institución se hace vital para la intervención en la comunidad.

Así mismo, la dicotomía sujeto-objeto en este tipo de investigaciones desaparece, pues el objeto de estudio se construye en la interacción entre los sujetos y al ser el investigador partícipe del contexto, se establece una relación sujeto- sujeto en la búsqueda de comprensiones. Así, los profesores que son parte de esta investigación son entendidos como sujetos de conocimiento y con prácticas que evocan unas formas de entender e intervenir el mundo, una práctica que se reconoce como una forma de conocimiento. En este sentido, la relación entre el investigador (profesor Universidad del Valle), e investigado (profesor IE) debe pasar de una relación sujeto – objeto en la cual el objeto es pasivo y no tiene conocimientos o experiencias que aportar a la investigación a la idea de Sujeto – sujeto en el cual el profesor de las IE tiene unos conocimientos y unas prácticas que pueden ser validadas y potenciadas desde el proceso de investigación (Fals-Borda, 1987).

Así, la investigación se inscribe dentro de las investigaciones de acción-participación que tienen como característica principal es mejorar la práctica (Moreira, 2002). Además, retomando a Kemmis y McTaggart (1988; apud Kemmis, 1988, p. 174, citados por Moreira, 2002),

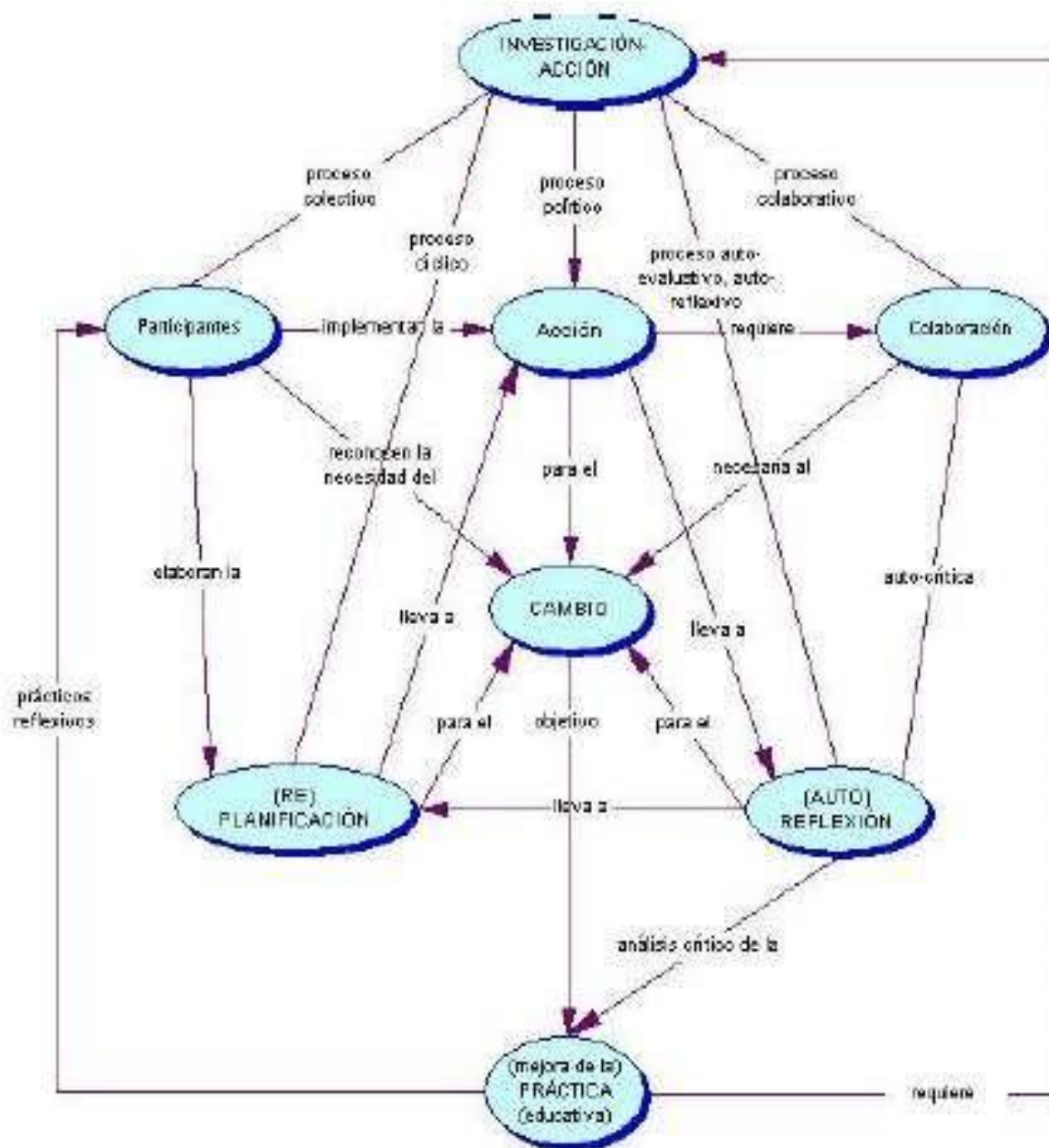
La investigación-acción es definida como una forma de investigación colectiva auto reflexiva emprendida por participantes de situaciones sociales para mejorar la productividad, racionalidad y justicia de sus propias prácticas sociales o educativas, así como su comprensión respecto a dichas prácticas y respecto a las situaciones en que ocurren. (p. 16)

A continuación, se retoma el mapa conceptual propuesto por Moreira (2002) sobre la investigación-acción, en el que se resalta la comprensión del proceso investigativo como colaborativo, político y colectivo, enfocado al cambio y que requiere procesos de auto reflexión

y evaluación para mejorar la práctica y que implican al sujeto investigador en ese proceso de manera activa en el cambio.

Figura 2

Mapa conceptual de la investigación Acción



Fuente: (Moreira, 2002).

Desde los planteamientos anteriores relacionados con la comprensión del entorno educativo y de la relación sujeto – sujeto, la sistematización se torna relevante para dar respuesta a esta idea, ya que se le viene entendiendo como el proceso de reconocer y valorar la práctica, como una construcción colectiva de conocimientos sobre el quehacer, orientada a extraer aprendizajes, compartirlos, y cualificar los; en este sentido poder reflexionar de manera consiente y sistémica de las propias experiencias del profesor, es un proceso de investigación igual de válido en las metodología cualitativas; es por eso que, a continuación, se presenta un escrito sobre mis propias búsquedas de los procesos de enseñanza de la física desde mis propias prácticas en la experiencia como docente de física, y las reflexiones y concepciones construidas en mi formación.

La Sistematización

Existen varios tipos de conocimiento y uno de ellos es el conocimiento producto de la práctica cuya relevancia es adquirida gracias a la experiencia que permite a los individuos adquirir conocimiento, habilidad a través de acción participativa o derivada de su vivencia en la vida cotidiana y en su quehacer profesional. La experiencia, según la apreciación de varios especialistas como (Mejía, 2008), responde directamente a demandas sociales en correspondencia a necesidad práctica donde participan uno o varios sujetos.

Ahora bien, en el ámbito educativo la experiencia representa particular importancia ya que sobre ella se dilucida un gran cúmulo de conocimientos que enriquecen la praxis pedagógica y que amerita la sistematización como una manera de organizar la experiencia.

En este sentido las experiencias resultan importantes para ayudar a transformar la realidad social, la cual se construye, a partir del contexto educativo desde sus primeras etapas.

Por ende, surge la sistematización como un mecanismo que permite analizar y contrastar por medio de las analogías sin diatribas que ayudan a interpretar las múltiples experiencias surgidas de las realidades del contexto donde se desenvuelve el ser humano.

Para Jara la sistematización se puede entender como “Es aquella interpretación crítica de una o varias experiencias que, a partir de sus ordenamientos y reconstrucción descubre o explicita la lógica del proceso vivido, los factores que han intervenido en dicho proceso, cómo se han relacionado entre sí, y por qué lo han hecho de ese modo” (Jara, 1994, p. 1).

Otro aspecto necesario para señalar es que, las experiencias constituyen un proceso inédito e irrepetible y por eso, en cada una de ellas se tiene una fuente de aprendizajes que se debe aprovechar precisamente por su originalidad, de manera tal que se necesita comprender esas experiencias, resultando fundamental extraer sus enseñanzas, comunicarlas y compartir sus aprendizajes [...] (Jara, 2014, p.18).

En definitiva, la sistematización viene a convertirse en un proceso importante por sus amplios aportes brindados a la construcción de conocimiento; afirmación que colinda con la apreciación de Jara (1994) quien sostiene:

Lo esencial de la “Sistematización de Experiencias” reside en que se trata de un proceso de Reflexión e interpretación crítica sobre la práctica y desde la práctica, que se realiza con base en la reconstrucción y ordenamiento de los factores objetivos y subjetivos que han intervenido en esa experiencia, para extraer aprendizajes y compartirlos. (p. 1)

La Sistematización como un proceso de investigación.

Para este trabajo la sistematización es un tipo de investigación que permite a los sujetos investigadores realizar reflexiones y análisis sobre los procesos educativos y sociales, conllevando a centrar la práctica hacia la construcción de experiencias, donde los sujetos participantes sean protagonistas activos en los aprendizajes, reconociendo las problemáticas del contexto sociocultural en el que están inmersos los integrantes.

En este sentido, si los procesos sociales se involucran como aspectos fundamentales dentro de la sistematización, los actores que intervienen de modo directo en la práctica serán tomados en cuenta como sujetos participantes, como portadores en la construcción de saberes y como lectores de su propia experiencia, lo cual permitiría un diálogo entre quienes leen desde afuera como sistematizadores y los protagonistas de la práctica, de manera que los aprendizajes se conviertan en actos y posiciones mucho más reflexivos. En este sentido, Jara (1994), expresan:

La decisión por sistematizar una experiencia de trabajo popular o de innovación educativa no surge espontáneamente. Es el resultado de una decisión voluntaria de unos sujetos que llegan a reconocerla como una necesidad por diversas razones: promotores de una experiencia, al cabo de un tiempo de transcurrida y que quieren hacer un balance de lo construido; protagonistas de la experiencia que quieren recuperar y reflexionar sobre la experiencia en su conjunto o sobre una dimensión de la misma; agente externo que conoce y valora una práctica o varias prácticas de un campo y considera importante sistematizar; últimamente, organizaciones de apoyo o instituciones financiadoras que transcurrido un

tiempo de acompañamiento a una o varias experiencias y deciden darse una visión crítica de su trayectoria e incidencias. (p. 2)

Para el profesor investigador es fundamental conocer e intentar comprender la realidad, el contexto social donde está desarrollando su praxis, reconocer a los sujetos que intervienen en la complejidad de la escuela, con el ánimo de no convertirlos en simples espectadores u oyentes, o como tradicionalmente se plantea “objetos” de investigación, en este sentido el profesor investigador construye y reconstruye saberes colectivamente a medida que interactúa y vive la experiencia, es por ello que la sistematización se convierte en un procesos flexible ya que depende de los sujetos y los contextos que evidentemente son cambiantes.

Con reflexionar y analizar una experiencia pedagógica de una propuesta de actividades para la enseñanza de la ley de Hooke, reconociendo los procesos de formalización y el desarrollo de la competencia de indagación, se pretende aportar al conocimiento utilizando las posibilidades investigativas que la sistematización nos brinda. Es así como mediante un proceso de identificación de algunos aspectos fundamentales en el momento de destacar una práctica como significativa, se dará paso al análisis de la experiencia, percibiendo al docente como el actor directamente implicado dentro de la misma, ya que es a partir de su práctica que se podrá lograr un proceso reflexivo y la reconstrucción de la experiencia.

Ruta posible del proceso de sistematización de la experiencia.

Para entender de manera más específica el proceso de sistematización, y como una de las posibles metodologías, vale la pena incluir los aportes que Óscar Jara (1994) propone para implementar dentro de dicho proceso, donde se reconocen parte de sus ventajas y se evidencian unos momentos dentro de su composición:

¿Cómo sistematizar? Una propuesta en cinco tiempos.

Primer tiempo: el punto de partida.

Se parte de la propia práctica del profesor, lo que implica preguntarse ¿Qué aspectos de mi práctica pedagógica me preocupa? ¿Cuáles experiencias de aula con mis estudiantes pueden ser socializadas con otros colegas? ¿cuáles son las mayores dificultades de los estudiantes hacia el aprendizaje de la física? ¿qué siento cuando desarrollo una u otra actividad con mis estudiantes?, son algunas de las cuestiones que pueden orientar el punto de inicio de lo que se va a sistematizar siempre con la premisa que no se puede sistematizar lo que no se ha vivido, son los actores de la experiencia los llamados a sistematizar la misma.

En este momento es importante tener claridad sobre el propósito de la sistematización, así como estableciendo las formas y los medios para la toma de los registros en cada una de las fases de la experiencia.

Segundo tiempo: las preguntas iniciales.

En este punto, Jara plantea realizarnos tres preguntas que permitan orientar la sistematización: ¿Para qué queremos sistematizar? (definición del objetivo de la sistematización). Se trata de definir el sentido, la utilidad, es decir, el resultado que se pretende con la sistematización. En este sentido en la presente investigación se considera fundamental recoger la manera como profesor me aproximo a la didáctica de las ciencias, en la aplicación de una secuencia de actividades asociada con la ley de Hooke y como a través del dialogo entre pares de reconstruye saberes en colectivo a partir del dialogo y la reflexión pedagógica.

¿Qué experiencias queremos sistematizar (delimitación del objeto por sistematizar)? Las experiencias por sistematizar en particular en esta investigación se centran en la manera como el

profesor desarrolla una secuencia de actividades para la enseñanza de la ley de Hooke y como a partir de este ejercicio se aproxima a la didáctica resignificando y dándole sentido al campo de investigación y formación.

¿Qué aspectos centrales de esas experiencias nos interesa sistematizar? (delimitación del eje de sistematización). Se busca definir el enfoque y delimitarlo, de manera que no se disperse el aspecto central del proceso. En este momento es importante tener en cuenta los intereses y posibilidades personales, así como la misión que se quiere lograr con la investigación.

Tercer tiempo: recuperación del proceso vivido.

Aquí se habla de dos momentos específicos: reconstruir la historia y ordenar y clasificar la información.

Reconstruir la historia: se trata de tener una visión global y cronológica de los principales acontecimientos que sucedieron durante la experiencia. Aquí es indispensable recurrir a los registros, en este trabajo en particular se usó el macrorelato que se constituye en un escrito que permite recoger los hechos o acontecimientos que se reconstruyen no sólo son descriptivos, sino que deben dejar evidencia de las interpretaciones que de ellos dan los sujetos protagonistas. Es necesario incorporar en esta reconstrucción los acontecimientos del contexto relacionados con la experiencia.

Cuarto tiempo: la reflexión de fondo. ¿Por qué pasó lo que pasó?

Este tiempo hace referencia a la interpretación que se le hace a la experiencia, a lo sucedido durante el proceso de sistematización.

Análisis, síntesis e interpretación crítica del proceso: para realizar esta reflexión de fondo es necesario hacer un ejercicio analítico; localizar las contradicciones que se presentaron en el proceso y, a partir de estos elementos, observar de nuevo el conjunto del proceso, es decir, realizar una síntesis que permita elaborar una conceptualización a partir de la práctica sistematizada. Este momento tiene una duración indeterminada; puede durar un día o un año entero. Aquí es posible implementar una guía de preguntas críticas sobre el proceso de la experiencia y que permitan identificar los factores esenciales que han intervenido en él y explicar la lógica y el sentido de la experiencia.

Quinto tiempo: los puntos de llegada.

Este último tiempo da muestra de las conclusiones —teóricas y prácticas— a las que se llegó a lo largo de la reflexión. Formular las conclusiones y dar cuenta de los aprendizajes (comunicar los aprendizajes) es de vital importancia, pues ello permitirá evidenciar si los objetivos propuestos se pueden cumplir.

Formular conclusiones: las cuales responden a las preguntas formuladas en la guía de interpretación crítica, teniendo como referencia principal el eje de la sistematización. También deben estar orientadas a responder a los objetivos planteados.

Las conclusiones teóricas pueden tener la forma de formulaciones conceptuales surgidas de la reflexión a partir de la experiencia y estar relacionadas con las formulaciones teóricas del saber específico. Las conclusiones prácticas serán las que se desprenden de la experiencia y que deben recuperarse para mejorar o enriquecer la propia práctica o la ajena.

Comunicar los aprendizajes: se hace necesario producir algunos materiales que permitan compartir con otras personas lo que se ha aprendido. Así, se atiende a la dimensión comunicativa de la sistematización.

Por lo anterior, se puede evidenciar que existen unos procesos implícitos que permiten ser incorporados en el momento de llevar a cabo la sistematización como una herramienta investigativa. Dichos procesos podrán ser utilizados como instrumentos que se adaptan y se modifican de acuerdo con la manera en que se desarrollen la experiencia y la práctica escogida. De ahí que la sistematización posibilite reconstruir una trayectoria vivida, puesto que, al ser reconocida como una alternativa de investigación educativa, permite que se aplique en cualquiera de los espacios que involucran el ámbito escolar, donde se logrará un proceso enriquecedor a partir de la práctica, el redescubrimiento y la interpretación de la experiencia.

Diseño Metodológico.

A continuación, se presenta a manera de síntesis, la relación entre los objetivos específicos, el proceso de praxis a través de la sistematización de experiencias y las acciones del investigador. (Ver Tabla 3).

Tabla 3*Diseño metodológico*

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACCIONES- INVESTIGADOR	ELEMENTOS PARA/DE LA REFLEXIÓN
Construir una secuencia de actividades para la enseñanza de Ley de Hooke en la educación media.	Desarrollo de la secuencia Didáctica para la enseñanza de la Ley de Hooke.	Descripción del diseño con las decisiones tomadas por el profesor-investigador
Establecer diálogos entre las matemáticas y la Física desde los elementos que aportan la Didáctica de la Física, para superar dificultades en la enseñanza de la ley de Hooke	Escritura del macrorrelato	Reflexión sobre la praxis a partir de la escritura del macrorrelato
Construir un diálogo con pares de las áreas de matemáticas y Física la secuencia didáctica de actividades que permita resignificar la propuesta de intervención en el aula.	Grupo de co-formación con amigos críticos	Análisis con categorías de la videograbación. Uso de Atlas Ti. Categorías a priori según el marco teórico y categorías emergentes.
Sistematizar la experiencia de aula en diálogo con el encuentro entre pares que permita reconocer las relaciones y acercamientos de los profesores con la didáctica de las ciencias.	Escritura del macrorrelato	Reflexión sobre la praxis a partir de la escritura del macrorrelato

Fuente: Elaboración propia.

Instrumentos para la construcción de los datos y las reflexiones de esta investigación.

- Relato de la experiencia. En este instrumento se relata de manera clara y amplia toda la experiencia del maestro desde las preocupaciones que se plantea de su práctica educativa, buscando respuesta en la didáctica de las ciencias, sobre la relación de la física y las matemáticas en el abordaje de los fenómenos físicos, recoge las ideas de cómo se surge la propuesta de actividades, porque surgió y las intenciones de implementarlas y que insumos relacionados con los procesos de enseñanza son relevantes, además de recoger los aspectos relevantes de manera reflexiva, a la luz de la didáctica, de los insumos trabajados con los estudiantes. Por otra parte, se expresa de manera de

autocrítica, las apuestas didácticas del profesor de como resuelve el problema de la relación matemáticas-física, apoyados de las sugerencias y comentarios de los amigos críticos que hicieron parte de la evaluación de la secuencia de actividades relacionadas con la ley de Hooke.

- **Secuencia de actividades sobre la Ley de Hooke**

La secuencia de actividades que se diseñó, recoge elementos de la Didáctica de las Ciencias, derivada de las reflexiones y apuestas y preguntas que se hace el maestro, sobre cómo abordar la relación matemática y física, con un concepto introductorio las leyes de Newton como es la ley de Hooke, además que coincidió con el momento de la investigación empezando periodo escolar, utilizando una apuesta curricular del área de ciencias naturales de la institución educativa, dónde le dan un papel relevante al diagnóstico, como un punto de partida para diagnosticar los procesos de aprendizaje de los estudiantes. Se utilizó como base la competencia de indagación de las ciencias naturales y el uso de actividades experimentales para fortalecer el diagnóstico y darle un carácter significativo en la relación de enseñanza-aprendizaje y evaluación de los contenidos físicos.

- **Grupo de discusión- Grupo de co-formación con amigos críticos**

En la investigación tradicional, los grupos de discusión son entendidos como una técnica de investigación cualitativa que se sitúa en el contexto del discurso social.

Canales y Peinado (2007) mencionan que

Como la entrevista abierta o en profundidad, y las historias de vida) trabaja con el habla. En ella, lo que se dice-lo que alguien dice en determinadas condiciones de enunciación-, se asume como punto crítico en el que lo social se reproduce y cambia, como el objeto, en suma, de las ciencias sociales. En toda habla se articula el orden social y la subjetividad. (p. 289)

Sin embargo, obedeciendo a las condiciones y características de esta investigación, así como la elección de los participantes que fue por conveniencia, decidimos llamar a este espacio un **grupo de co-formación con amigos críticos**. Este nombre obedece a dos elementos, por un lado, la intención de que más que extraer “datos” de la conversación con otras personas, este espacio es co-formativo en la medida en que permite la reflexión entre colegas, que además por su cercanía con el investigador, ya sea porque compartieron espacios de trabajo o de formación inicial, fueron elegidos. La expresión amigos críticos se retoma de la investigación de los profesores Azam & Goodnough (2018), y se resignifica, comprendiendo a estas personas como

Aquellas y aquellos colegas con quienes se establecen diálogos para compartir y discutir dilemas, angustias, alegrías, experiencias y reflexiones sobre la práctica docente, permitiendo movilizar y construir reflexiones sobre la propia práctica, identidad docente, problemas, formación, entre otras, desde una mirada crítica, afectiva y respetuosa. (Alvarado-Guzmán, Belissimo & Nardi, en prensa).

Los criterios para componer este grupo de amigos críticos fueron:

- Ser docente de matemáticas o física en el nivel de enseñanza media.

- Haber compartido un espacio de trabajo y/o formación inicial con el investigador.
- La experiencia en la enseñanza de la Física y las matemáticas
- Ganas de participar en el espacio.

Un elemento para resaltar es que se conocían pocas mujeres, se convocó a dos mujeres y no pudieron participar, por lo cual el grupo quedó conformado solo por hombres. A continuación, se presentan los perfiles de los amigos críticos, se utilizarán nombres de científicos y/o matemáticos para resguardar la identidad de cada uno de ellos.

Tabla 4

Caracterización del grupo de co-formación al encuentro de amigos críticos

NOMBRE FICTICIO	FORMACIÓN	RELACIÓN CON EL INVESTIGADOR	ASIGNATURA QUE ENSEÑA EN COLEGIO
Feynman (F)	Licenciatura en matemáticas y Física Maestría en Tecnología Doctorado en Educación- Física	Compartieron espacio de formación inicial y posgrado.	Física 10° y 11° Institución pública Docente de Física Universidad ICESI
Gauss (G)	Licenciatura en matemáticas y Física Maestría en educación-énfasis matemáticas	Compartieron espacio de formación inicial y trabajaron juntos en una institución	Matemáticas 10° y 11° Institución educativa privada. Participante de proyectos de formación de profesores.
Pitágoras	Licenciado en matemáticas y física Maestría en docencia con énfasis en nuevas tecnologías	Trabajaron juntos en una institución	Matemáticas 11° Institución educativa privada. Profesor de posgrado Universidad Nacional sede Palmira

Fuente: Elaboración propia.

Contexto de la investigación.

La secuencia didáctica se diseña en el mes de agosto del año 2019 mientras estoy como profesor de Física en el nivel medio, grados 10° y 11°, en una institución educativa privada en la ciudad de Cali- Colombia. En ese mismo año cursaba el tercer semestre de maestría en Educación con Énfasis en Enseñanza de las Ciencias en la Universidad del Valle y estaba cursando un diplomado en enseñanza de las ciencias a través de la indagación en la universidad ICESI.

El grupo de co-formación con amigos críticos se desarrolla en el año 2021 a través de la plataforma Zoom, debido a las restricciones propias de la pandemia causada por el Covid-19. Antes de esto, se desarrolló un grupo de co-formación piloto (ver anexo C), con colegas que fueron invitados para validar las preguntas del espacio y el formulario de Google sobre la secuencia didáctica, este grupo tuvo una finalidad importante y era el de aportar sugerencias, para mejorar la secuencia de actividades y poder mejorar el encuentro dialógico entre los amigos críticos, en cuanto a las preguntas detonadoras, los tiempos y las intenciones de la investigación. Ver Anexo D

Si bien, entre la experiencia en sala de aula y su respectivo diseño hasta el grupo de co-formación con amigos críticos, pasó algún tiempo, es justamente este un elemento que contribuyó a profundizar la reflexión sobre la práctica, que permite hacer traslaciones y modificaciones en otros contextos. Algunos elementos más específicos del contexto aparecen como objeto de análisis en el macrorrelato.

Capítulo IV. Resultados y análisis

A continuación, se presentan los resultados de la investigación de acuerdo con los objetivos que evidencian el proceso de praxis y sistematización de mi experiencia. Se inicia con los objetivos 1 y 3 con el fin de ubicar al lector en las reflexiones tejidas en el macrorrelato que incluyen estos dos procesos.

A continuación, las decisiones didácticas que se tomaron para el diseño de la secuencia didáctica.

Objetivo 1. Construir una secuencia de actividades para la enseñanza de Ley de Hooke en la educación media.

A continuación, se presentan las decisiones que guiaron el diseño de la secuencia de actividades. La estructura de esta secuencia conjuga tanto exigencias particulares de la institución educativa en la que se inscribió, específicamente directrices del departamento de Ciencias, así como elementos que como profesor-investigador consideré convenientes y pertinentes para el trabajo.

Una secuencia de actividades basada en la indagación como diagnóstico.

La actividad de diagnóstico al inicio del año escolar se entendía en el contexto de esta institución específica, como una prueba, examen o taller, que evidenciará lo que “no saben los estudiantes y se requiere reforzar” a modo de pre-requisitos. En consecuencia, me propuse darle un significado diferente a la actividad diagnóstica. Plantee una secuencia didáctica cuyo eje articulador partía de una actividad experimental basándome en la competencia de indagación, que me permita, a través de la experimentación, poder identificar fortalezas y debilidades, ya no

tanto en conceptos específicos, sino en las competencias esenciales de las ciencias naturales, además de poder contrastar en un espacio donde el estudiante tenga un papel más activo en su proceso de enseñanza y pueda estructurar su propio conocimiento científico.

La ley de Hooke como concepto-puente dentro de la red conceptual y procedimental para la comprensión del concepto de fuerza y la introducción a la mecánica Newtoniana.

Tomar la decisión de escoger una práctica experimental que pueda evidenciar los saberes previos abordados en grado noveno y que empalmen secuencialmente con los contenidos planteados en el primer periodo, relacionado con la mecánica traslacional planteada por Newton. La práctica escogida fue sobre la ley de Hooke. Los criterios para la escogencia de la guía se dan porque considero se pueden abordar conceptos como masa, peso, fuerza y la formalización matemática de la relación entre variables (pensamiento variacional).

El uso de herramientas tecnológicas como un “ahorro cognitivo¹⁴” para manejar los datos y reducir el tiempo dedicado a las ecuaciones matemáticas.

Los estudiantes desarrollaron la modelación matemática en lápiz y papel con los datos de un resorte, y con los datos de otro resorte usando geogebra. Esto con el fin de comparar cuál de los procesos resulta más efectivo para comprender el modelo matemático y los conceptos involucrados en la actividad experimental.

¹⁴ Cabe destacar que cuando hablamos de “ahorro cognitivo” nos remitimos al contexto escolar y hace referencia, cuando se utiliza herramientas ya sean de tipo tecnológico como laboratorios virtuales, softwares educativos que le ahorren el trabajo operativo a los estudiantes, para canalizar sus esfuerzos y energías de pensamiento en los análisis de los fenómenos físicos y / o pensamientos matemáticos. Sin preocuparse por la operatividad, la que sin el uso de herramientas genera un desgaste mental, que luego no se aprovecha en el pensamiento crítico y complejo.

La competencia de indagación como apuesta didáctica para fortalecer conceptos físicos.

Más allá de escoger la competencia como una exigencia de los estándares de competencias de la políticas educativas y del pedido del área de ciencias naturales, pude contactar en la reflexión con los pares académicos y mi praxis, que la competencia trascendió a una puesta de ver la indagación como una propuesta metodológica aprovechando la potencia que tienen las actividades experimentales en una clase de física, para profundizar no sólo en los conceptos físicos, las concepciones alternativas de los estudiantes, que me permitieron poder ver como se acerca el estudiante a esa relación físico-matemáticas y como el maestro propone actividades que permitan minimizar los obstáculos epistemológicos que se presentan en los procesos de formalización de los fenómenos físicos

La V de Gowin como modelo para presentar el informe de laboratorio.¹⁵ Ver anexo A. Pág. 7

La V de Gowin ofrece un modelo que se aleja del tradicional esquema del informe de laboratorio y podría ser más “amigable” para el estudiante. Además, logra un “ahorro de tiempo” al enfocarse en el procedimiento y la síntesis de lo que se hace en el experimento, para dedicar más tiempo a los análisis y plenaria de las conclusiones de los grupos.

La evaluación del diagnóstico a través de preguntas tipo Prueba Saber 11°.

La institución solicitaba un resultado “medible” en términos de calificación para el proceso de diagnóstico y también enfatiza en la importancia de preparar a los estudiantes para la prueba saber 11°.

¹⁵ Modelo utilizado como apuesta curricular del área de ciencias naturales de la institución, para presentar el informe del laboratorio y/o actividad experimenta.

El laboratorio virtual como puente para establecer relaciones entre las experiencias de los estudiantes y el concepto científico a enseñar.

Atendiendo a los obstáculos epistemológicos, que percibí con los estudiantes en la práctica asociados a las variables independiente (que piensan que es el peso que le ponía al resorte) y dependiente (que asumen como la elongación del resorte), usé el laboratorio virtual como un puente para introducir el concepto de fuerza involucrado en la ley de Hooke y analizar nuevamente este fenómeno. La ventaja es que el laboratorio virtual se da en un contexto ideal y evita la situación de la incertidumbre.

Reflexiones y aprendizajes en el grupo de amigos críticos.

Objetivo 3. Construir un diálogo con pares de las áreas de matemáticas y Física la secuencia didáctica de actividades que permita resignificar la propuesta de intervención en el aula.

En el marco de la investigación se convocó a tres amigos críticos, profesores de matemática y física para que, en un contexto dialógico entre pares, se evaluará la secuencia de actividades planteada como un recurso didáctico en el marco de la planeación curricular de la enseñanza de la física en el grado décimo.

Inicialmente se convocó a los participantes enviándoles la secuencia didáctica implementada (ver anexo A) para que, a la luz de su experiencia como docente, evaluará la secuencia desde la pertinencia curricular y didáctica. Posteriormente, a través de la plataforma Zoom se citó a los docentes invitados, a un diálogo entre pares para conversar sobre elementos relevantes de la secuencia didáctica, denominado grupo de co-formación con amigos críticos. La

sesión fue grabada para permitir más adelante ser objeto de análisis. Se les explicó, la metodología, en el cual el encuentro tenía como objetivo tener un ejercicio dialógico entre pares académicos de valoración de una secuencia didáctica para la enseñanza de la ley de Hooke, este es un espacio que nos invita a una construcción colectiva y reflexión sobre nuestras prácticas donde al final planteamos una propuesta para el mejoramiento de la enseñanza de la física.

Compartí con ellos la pregunta que había originado esta investigación: **¿Cómo se acerca un profesor de Física a la Didáctica de la Física para plantear diálogos entre la Física y las matemáticas para la enseñanza de la ley de Hooke? (Ver Anexo C y E).**

Con la pregunta problema, les hice un contexto de la investigación, el cual está enmarcada en la formación inicial de profesores y el empoderamiento de la Didáctica de las ciencias como un campo de investigación que permita reivindicar la praxis del profesor como elemento clave de reflexión hacia la enseñanza de la física y en este caso particular sobre la ley de Hooke.

Para motivar y orientar el diálogo planteé la siguiente pregunta: **Desde sus contextos e intereses, ¿Qué mantendrían, cambiarían o agregarían a la secuencia para la enseñanza de la Ley de Hooke y por qué?**

Los participantes abrieron el debate tratando de contestar a la pregunta desde sus concepciones, experiencias y formación profesional, el cual fue nutriendo el debate a la luz de las diferentes intervenciones, como profesor-investigador y para profundizar en el diálogo planteé una preocupación desde mi experiencia de aula, les hable que una de las dificultades cuando se enseña física que he podido recoger desde mi práctica es que: los profesores de Física dedicamos mucho tiempo y energía en la modelación matemática y nos olvidamos de los

fenómenos físicos. Les compartí que esta preocupación la cual guio el diseño de la secuencia, pues busqué hacer un uso racional de las matemáticas y enfocarme en el fenómeno físico. Luego pregunté: **¿La secuencia didáctica logra cumplir este propósito? ¿Qué actividades adicionales a las que hacemos cotidianamente en nuestro ejercicio pedagógico deberíamos agregar con el propósito de abordar el problema de la relación física - matemáticas?**

¿Qué significa que las matemáticas sean un lenguaje para la física?

El abordar estos interrogantes en la discusión permitió que el debate se centrara en torno a tres categorías identificadas en la revisión de la videograbación: 1. la relación entre las matemáticas y la física; 2. El papel de la didáctica en las decisiones de la práctica de enseñanza del maestro 3. Otros elementos que impactan la planeación de la secuencia: currículo institucional, misión y visión educativa de la institución, políticas públicas, las cuales serán objetos de análisis en la grabación de las intervenciones. (Ver Anexo B y Anexo D).

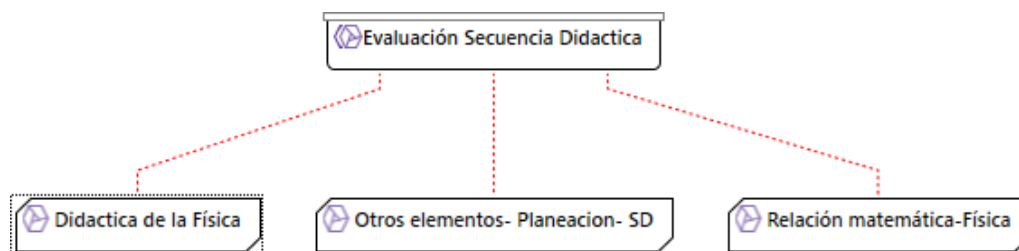
¿Cómo se analizaron las videograbaciones?

Como la presente investigación está centrada en la sistematización de experiencia de la aplicación de una secuencia didáctica, las categorías son un filtro que permite converger y centrar la atención en unas variables significativas, las cuales surgieron en la intervención de los profesores invitados al encuentro de pares, mediados por los intereses del investigador, poniendo en consideración los elementos estructurantes de la investigación y escuchando los audios; a través del programa ATLAS.ti se organizó el análisis en códigos, los cuales sustentaron la pregunta problema de la tesis y los interrogantes e ideas que surgieron del diálogo de los profesores invitados, los cuales se organizaron en tres grandes categorías:

- Primera categoría, Relación Matemáticas-Física.
- 2. Didáctica de la Física.
- 3. Influencias del contexto y políticas educativas.

Figura 3

categorías evaluación secuencia didáctica



Fuente: Elaboración propia.

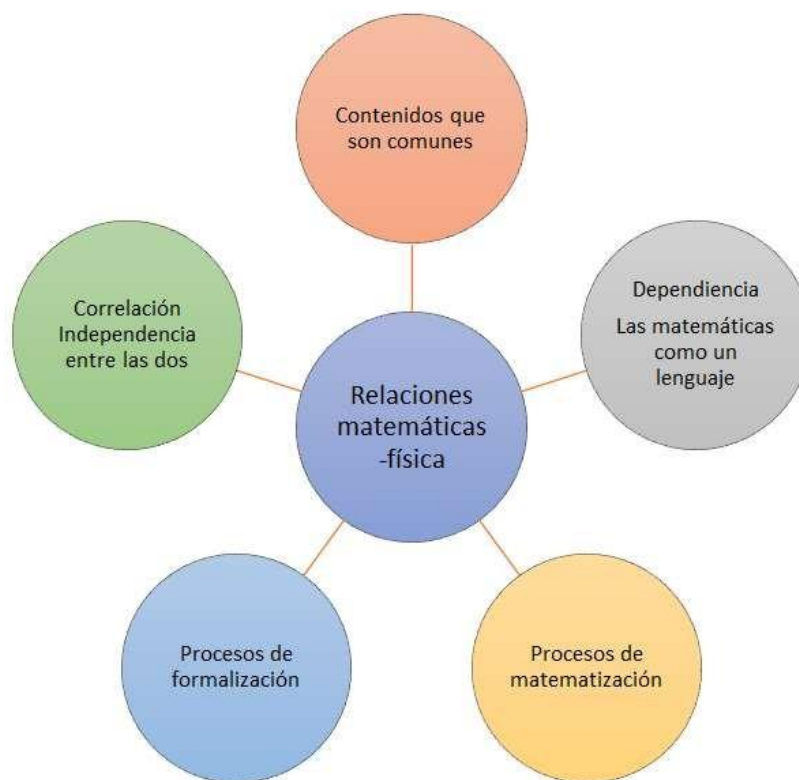
Las preguntas anteriores obedecían a tres categorías generadas a priori que se muestran a continuación, aclarando que cada categoría, contiene códigos, los cuales se estructuraron con palabras claves, que retome de las intervenciones de los participantes al dar su opinión sobre la secuencia de actividades y reflexionar sobre las categorías. (Ver Anexos B y C).

Relación matemática-física (MF):

(Ver Figura 4).

Figura 4

Códigos - categoría relación matemática – física (MF)



Fuente: Elaboración propia.

En esta categoría se evidencia la importancia de caracterizar el papel de las matemáticas como un lenguaje que permite entender los fenómenos físicos, y no como una herramienta obligatoria para enseñar y aprender física, de ahí que concebimos las matemáticas como un lenguaje que permite escuchar a la naturaleza y sus interacciones, que es una de la esencia de la física, entender cómo se comporta la naturaleza y cómo interacciona. De ahí que en los procesos de formalización se relacionan en forma compleja en dichas interacciones, puesto que no existen fronteras entre una y otra. De esta manera, cuando se experimenta, por ejemplo, la organización de las experiencias, la caracterización, matematización y socialización están inmiscuidas en el

mismo proceso. No puede considerarse que una de las acciones corresponda, exclusivamente, a un aspecto de los procesos de formalización.

De lo anterior, se puede referencia el carácter pedagógico que el proceso de formalización debe tener en la resignificación de la manera como el profesor debe enseñar la física, el objetivo ya no es transmitir una cantidad de conocimientos ya elaborados, sino construir conocimiento favoreciendo el enriquecimiento del proceso de formalización de los fenómenos, mostrando la ciencia como un proceso dinámico en permanente construcción. Por tanto, el maestro de ciencias debe fomentar el aprendizaje de las matemáticas, pero al interior de la física, mostrándola como parte de la física.

Didáctica de la Física:

En ella se evidencian elementos de diseño, currículo, metodológicos y de evaluación que se traen del campo de la Didáctica y soportan las decisiones en el aula.

La Didáctica de las Ciencias Naturales constituye la didáctica especial que tiene, por objeto de estudio, el proceso de enseñanza-aprendizaje de los contenidos relacionados con los sistemas y los cambios físicos, químicos y biológicos que tienen lugar en el universo, teniendo en consideración el lugar del hombre en la relación naturaleza-sociedad.

Figura 5

Códigos – categoría didáctica de la física



Fuente: Elaboración propia.

Categoría emergente- Influencias del contexto y políticas educativas.

Esta categoría surge de la discusión que emergió en el encuentro, donde surgieron elementos tales como, la manera en que el diseño de la secuencia de actividades estuvo permeado por las políticas educativas del MEN, a través de los estándares y lineamientos curriculares, es especial en su estructura inicial, que tanto las políticas institucionales y la visión de ciencias del grupo de área de ciencias naturales de la institución educativa se ve reflejada en la frecuencia.

Los códigos que salieron de esta categoría son:

Figura 6

Códigos – categorías Influencia del contexto y políticas educativas



Fuente: Elaboración propia.

Relación física y matemáticas

Los amigos críticos refieren una relación entre la matemática y la física de dependencia, donde la primera es entendida como un lenguaje que es usado en la física (Pitágoras). Es decir, es vista como un complemento que ayuda a comunicar o explicar los fenómenos físicos, por tanto, no debe ser un fin en la clase de física. híbrido entre el lenguaje y la matematización como un proceso dentro de la formalización (Feynman).

Es un error pensar que las matemáticas están en el mismo lugar, si es un curso de física, la prioridad la tiene la física, no las matemáticas. La física en ciencias naturales es un acierto curricular (comentario del Profesor Feynman). Tiempo (1:06:06 - 1:08:40) Anexo B y C

Aspectos relevantes de las reflexiones de los tres profesores:

- Las matemáticas simplemente son un complemento para la física.
- Gauss difiere de darle un carácter minimalista a la física, plantea que hay relaciones, aunque reconoce que la prioridad es la física, cree que las matemáticas complementan el trabajo de los análisis de los fenómenos físicos. En el caso del profesor Gauss, se ve sus apuestas e intereses en dicho comentario, ya que a pesar de ser licenciado en Matemáticas y Física. Toda su experiencia docente ha sido en el área de matemáticas, de hecho, sus estudios de posgrado, también.
- Contrario al profesor Feynman, el cual plantea que, si es importante las matemáticas, pero como el lenguaje que me permita comunicar o explicar los fenómenos naturales, no como el fin en la clase de física. Su experiencia en el aula ha sido en física y sus estudios de posgrado, también.

Lo que se puede deducir de cómo se da la relación matemática-física en las apuestas didácticas y los materiales de la enseñanza, van a estar permeadas por la formación del profesor.

Gauss plantea que la pregunta de relacionar la pendiente de la recta con la constante de elasticidad, es clave en esa relación físico-matemática. El análisis anterior se hace de las páginas 6,7,8 y 9 de la secuencia de actividades. (Ver Anexo A). Se ve un acercamiento y reflexión del maestro a los procesos de formalización matemática en los fenómenos físicos, aunque no es consciente de dicho acercamiento.

Acercamiento a la Didáctica

El acercamiento a la Didáctica de la Física se da para problematizar y tomar decisiones en el aula. las apuestas didácticas y decisiones curriculares que como profesor se tomen en los procesos de enseñanza depende mucho de las concepciones teóricas de la formación inicial y de las preferencias o inclinaciones ya sea hacia las matemáticas o hacia la física.

Feynman plantea:

Que la formación inicial permea nuestras visiones y construcciones de nuestro quehacer pedagógico. Nosotros podemos tomar una visión, de acuerdo a nuestros intereses, si damos matemáticas o si damos física. De acuerdo a la visión y los intereses del maestro se puede usar las matemáticas como un lenguaje o como una herramienta de matematización, lo cual se ve reflejado en los materiales didácticos.

Estoy de acuerdo con el profesor, ya que, de alguna manera al hacer una autocrítica de la secuencia, a pesar de que, en el discurso teórico y mis preferencias hacia la enseñanza de la física, la secuencia refleja mucha influencia de la formación inicial de la licenciatura donde estaba más cargada hacia la didáctica de las matemáticas. tal como se evidencia en las sugerencias de los tres profesores los cuales coinciden en lo siguiente:

- Proponen quitar las actividades donde se evidencia mucha matematización, ejemplo hallar pendiente de la recta, hablar de la función lineal. No caer en tanta matematización como se observa en la secuencia.
- Pitágoras planteó que no debemos encasillarnos a cumplir esos pasos de la secuencia, qué fluya la discusión del fenómeno físico (visión de didáctica de las ciencias)

Influencias del contexto y políticas educativas

Los amigos críticos reflexionan sobre el peso de la tradición que guía las decisiones y la inversión de tiempo en ciertas actividades, que no permiten traer nuevos contenidos. Cuando se daba sugerencias para mejorar la secuencia, se evidenciaba en uno de los profes la influencia de los lineamientos curriculares de Ciencias naturales, ya que recomendaba, que la secuencia no solo se potenciará la competencia de indagación, sino también la explicación de fenómenos, que es otra de las tres competencias principales de las ciencias naturales, según los estándares de competencias. A mi manera de ver la estrategia de utilizar la competencia de indagación como una metodología, incluye la explicación de fenómenos, ya que el diseño de la secuencia parte de una actividad experimental y el estudiante tendrá que explicar las conclusiones, producto de las observaciones y toma de datos.

Mi macrorrelato. Sistematizando la praxis

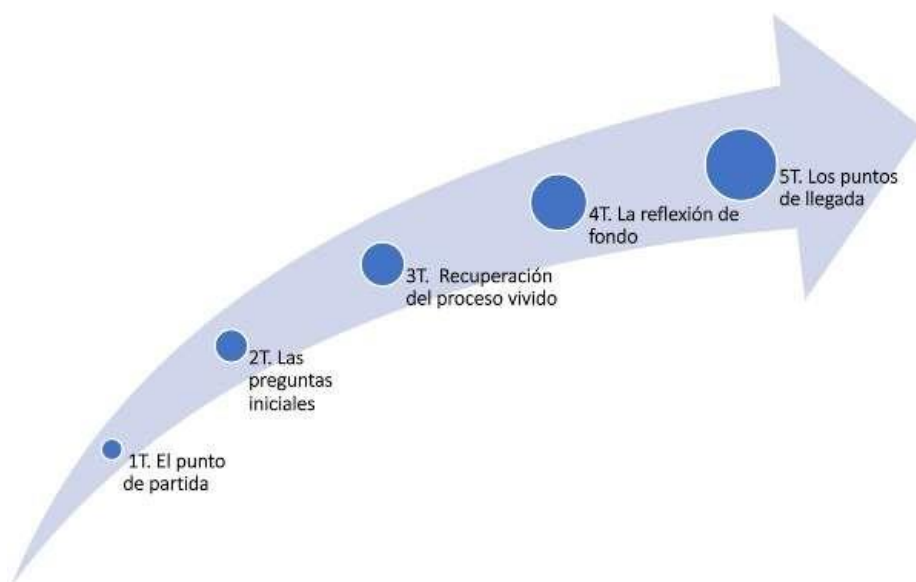
Objetivo 2 y 4. Establecer diálogos entre las matemáticas y la Física desde los elementos que aportan la Didáctica de la Física, para superar dificultades en la enseñanza de la ley de Hooke

Sistematizar la experiencia de aula en diálogo con el encuentro entre pares que permita reconocer las relaciones y acercamientos de los profesores con la didáctica de las ciencias.

A continuación, se presenta el macro relato, que representa el camino transitado, con los aciertos y desaciertos que he realizado en el ejercicio de la praxis y la investigación para la transformación de la práctica. Para la organización del macro relato, se ha seguido la propuesta de cinco tiempos propuestos por Jara (1994) (ver Figura 7).

Figura 7

Propuesta para el proceso de sistematización de experiencias



Fuente: Elaboración propia.

Primer tiempo: El punto de partida. Orígenes de la idea de trabajo.

Esta experiencia de investigación surge de las reflexiones y experiencias que, como maestro de física en ejercicio de diferentes colegios privados de la ciudad de Cali, han surgido referente a las prácticas de enseñanza de los conceptos de física y las dificultades de aprendizaje de los estudiantes sobre dichos conceptos. Dentro de mi experiencia como profesor de física he venido encontrando varias situaciones en la relación entre la enseñanza de los conceptos físicos y el aprendizaje de los estudiantes. Una de estas situaciones relevantes es la relación de los conceptos y fenómenos físicos con los procesos matemáticos. Particularmente eso se evidencia en la enseñanza de la mecánica newtoniana con los temas de fuerza, inercia y la resolución de problemas utilizando las leyes de newton. (Ver Anexo F).

Con relación a lo anterior, Ayala (2004), plantea que concepciones que el maestro construyó en su formación inicial, va incidir de manera directa en sus procesos de enseñanza, sus apuestas didácticas y en efecto en el aprendizaje de los estudiantes.

En el encuentro entre pares se puede evidenciar esta preocupación, cuando el profesor Feynman, manifiesta a la luz del análisis de la secuencia didáctica planteada y escuchar el discurso del profesor al explicar la justificación del diseño, una insistencia en poner en la misma balanza los conceptos matemáticos con los conceptos físicos y advierte que si la clase es de física, se debe enfatizar en los fenómenos físicos.

A continuación, se cita textualmente lo que manifiesta el profesor Feynman el cual se puede notar en tiempo (1:06.51) (ver Anexo C).

No me queda claro como en una clase de física no le voy a dar lugar a la física, porque cuando tú (refiriéndose al moderador) comienzas a decir eso, que no se le quite una a la otra o algo así, estarías hablando como si fueran ciencias iguales y no ciencias iguales, la visión de ellas es diferente y esa es la lucha que hemos tenido nosotros(se refiere a los maestros de física),darle lugar a la física, cuando hablamos de matematizar la física es uno de los errores, pensar que las matemáticas y la física tienen la misma visión de ciencias, no es así. Yo en este caso si soy profesor de física y si estoy haciendo este ejercicio (secuencia didáctica) como actividad pedagógica o didáctica, todavía no hemos hablado de la relación con el entorno. Yo la física la pongo en su lugar, y la física llamémosle así, le va a quitar el espacio a la visión de las matemáticas, que tiene propiamente en una clase de matemáticas.

En la intervención del maestro, se puede inferir su visión de ciencias y la importancia de su formación como licenciado y sus estudios de posgrados relacionados a la enseñanza de la física, lo cual le da elementos para entender la didáctica de la física como un campo de investigación donde se permite reflexionar sobre el papel de la física y su relación con las matemáticas.

Además, me hace un llamado de atención, sobre la concepción un poco simplificada que tengo sobre la enseñanza de la física y el uso de las herramientas matemáticas, ya que ve una preocupación muy marcada, de pensar la obligatoriedad de siempre utilizar algoritmos matemáticos en las clases de física, más adelante cuando abordemos los análisis que le hicieron a la secuencia didáctica, encontraremos sugerencias al respecto.

A propósito de esta problemática, Ayala et al. (2007) plantean las dificultades de los maestros en enseñanza de la física parten en la elaboración de las explicaciones y el desarrollo o abordaje de los elementos matemáticos explícitos al abordar las explicaciones de los fenómenos físicos. las complejidades al enseñar física se dan desde diferentes aristas, entre ellas y una de interés en esta investigación es la relación o unificación entre los conceptos físicos y matemáticos, al respecto Ayala et al. (2007), mencionan que es muy común separar la formalización de los fenómenos en física, de la matematización, lo que lleva a usar ejemplos de causa y efecto y se adopten modelos y fórmulas matemáticas para los cálculos que respondan a la solución de problemas donde se utilizan los conceptos físico, lo que según los autores lleva a que no se comprendan ni los conceptos físicos y tampoco el modelo matemático, lo que genera un distanciamiento abismal entre la teoría y el campo fenomenológico de la física como forma de

interpretar la naturaleza. Un ejemplo de esta problemática se presenta en la enseñanza de las leyes de Newton (como por mostrar un ejemplo), lo cual expresamos a continuación:

Resulta que cuando me enfrento a la planeación curricular del grado décimo de básica secundaria, tradicionalmente te encuentras con la temática relacionada a la mecánica newtoniana, tal es el caso que cuando se aborda el tema, los contenidos y problemas de la primera ley de Newton ($\sum F = 0$), nos encontramos que ciertos contenidos y/o herramientas matemáticas se necesitan para modelar y resolver problemas que involucran las leyes de Newton, entre los contenidos más relevantes encontramos: vectores, componentes rectangulares de un vector, conceptos de geometría y razones trigonométricas.

En efecto considero que un estudiante para resolver problemas que involucran las leyes de Newton, requiere de unos conceptos geométricos y trigonométricos bases, en el contexto educativo de la enseñanza media, cuando se revisa los planes de clases de matemáticas y física, no hay elementos de integración para atender estas dificultades. Por ejemplo, para trabajar la primera ley de Newton a través de problemas de equilibrio traslacional se requiere de herramientas de modelación de ecuaciones y conceptos trigonométricos, como es el caso de las razones trigonométricas. En mi experiencia como profesor de física en ejercicio, he venido reflexionando acerca del problema curricular de no poder trabajar las áreas integradas, al menos en aspectos fundamentales como los que estoy poniendo en consideración (la relación matemática-física). En efecto, esta ruptura de las áreas trabajadas de manera aislada condiciona de manera recurrente las apuestas didácticas que el profesor se piensa con el objetivo de resignificar la enseñanza de los conceptos físicos. Poniendo el caso de la planeación curricular,

una de las apuestas didácticas más importantes, es el hacer uso de la competencia de indagación en las actividades experimentales y prácticas de laboratorio.

Para contextualizar la idea donde quiero llegar conviene subrayar dos conceptos importantes que van a estructurar la secuencia de actividades que propusimos y que más adelante vamos a presentar, como una apuesta didáctica y pedagógica para tratar de subsanar las dificultades antes mencionadas, dichos conceptos son el concepto de competencia y el de indagación.

Vasco (2003), citado por Cárdenas y Saavedra (2017), define la competencia como la relación entre conocimientos, habilidades, actitudes, comprensiones y disposiciones cognitivas, metacognitivas, socio afectivas y psicomotoras, que facilitan la eficacia y la eficiencia del sentido de una actividad en un contexto nuevo. Así pues, la competencia en la educación abarca una formación integral, donde se tienen en cuenta todas las dimensiones del ser humano para potencializar sus capacidades.

Otro concepto es indagación, se plantea en los lineamientos curriculares del MEN, dicha competencia se propone desarrollar en el área de Ciencias Naturales en donde se define, según el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior [ICFES] (2013), como la capacidad para plantear preguntas y procedimientos adecuados para buscar, seleccionar, organizar e interpretar información relevante para dar respuesta a esas preguntas. En efecto, la indagación en ciencias naturales trae consigo, entre otras cosas, reflexionar a través de preguntas, hacer predicciones, identificar variables, realizar mediciones, organizar tablas de datos obtenidos, analizar resultados analizar resultados, trabajar la incertidumbre, plantear conclusiones.

Aparte de eso, se puede deducir que la indagación está estrechamente relacionada con la capacidad investigativa, de ahí que estrategias de enseñanza que involucren actividades experimentales potencializan en los estudiantes el desarrollo de esta competencia, amplían la capacidad para construir el conocimiento a partir de sus propias experiencias. Es así, como un modelo didáctico en la escuela por indagación podría favorecer el desarrollo en los niños de la habilidad de formular preguntas investigables, una capacidad central al pensamiento científico y que ha sido poco explorada aún” (García & Furman, 2014, p. 80, citado por Cárdenas y Saavedra, 2017). Por ello, dentro de las apuestas didácticas y las estrategias de enseñanza, decidí fortalecer la competencia de indagación. Un momento crucial donde se le apuesta a fortalecer la indagación, es en las actividades experimentales donde se pretende después del proceso de experimentación:

- Escuchar a los estudiantes presentar sus resultados y comprensiones del proceso de indagación realizado en la actividad experimental.
- Presentar los referentes teóricos sobre los conceptos involucrados en la actividad experimental para contrastarlo con los conocimientos previos de los estudiantes
- Generar la discusión entre lo que piensan los estudiantes del fenómeno físico y lo que les plantea la ciencia.
- Evaluar el proceso.

Resulta que, en ese proceso metodológico, sale a relucir el problema de la incertidumbre en la toma de datos y el uso de las herramientas matemáticas que se utilizan en la modelación del fenómeno. Entendiendo que la incertidumbre en las ciencias y particularmente en las actividades

experimentales como un concepto clave a profundizar, tal como lo advierte el profesor Feynman en el Tiempo (0:49:02 - 0:51:03); (ver Anexo C), del encuentro entre pares: *“La idea es generar una actividad científica en el aula, más que resolver operaciones, la incertidumbre es una actividad científica que se puede profundizar”*.

Coincidimos con el profesor Feynman con la necesidad de cambiar las viejas prácticas en la enseñanza de la física. Pero salen a la luz los vacíos en la formación inicial, en especial cuando te enfrentas a las dificultades que presentan los estudiantes en el uso de las herramientas matemáticas, lo cual me impedía avanzar en los objetivos planteados, ya que me dedicaba a explicar en muchas ocasiones procesos de modelación matemática, desviándose del propósito que es la explicación de los conceptos físicos, esto me generaba “desgaste”¹⁶ y confusiones por parte de los estudiantes, ya que en ocasiones no se lograba las comprensiones esperadas, ni en el refuerzo de las herramientas matemáticas, ni el propósito principal de entender los planteamientos teóricos del fenómeno físico. Lo que supone un “desgaste” en el proceso de enseñanza aprendizaje, ya que sentía que me perdía como maestro del foco principal que es el fenómeno físico y terminaba con la sensación de estar impartiendo una clase de matemáticas, no de física.

Estas como una de muchas situaciones de mi práctica educativa, me generaban grandes preocupaciones e interrogantes, entre una de ellas era cómo mejorar mis prácticas de enseñanza, para lograr mejores comprensiones y motivaciones de los estudiantes hacia la ciencia (en este caso la física), con relación a esas búsquedas de respuesta de cómo generar estrategias de

¹⁶ Cuando nos referimos al término desgaste en educación, hacemos referencias a utilizar el tiempo de la clase en acciones de enseñanza innecesarias con relación a los saberes relevantes que se quieren desarrollar.

enseñanza que permitieran minimizar los riesgos de caer en el instrumentalismo matemático y lograr avanzar en las competencias de las ciencias naturales, ¿Cómo minimizar las dificultades de aprendizaje de los estudiantes para aprender la física que se les enseña?, esto sumado a las presiones de los tiempos para cumplir con el plan de estudios por período que te plantea la institución educativa. Al plantearse estos interrogantes siempre aparecía el mismo cuestionamiento, ¿Dónde está el problema?:

- En el currículo, como se abordan los contenidos, conceptos y competencia de la física, no es el adecuado.
- Los estudiantes no quieren aprender y por mucho que el maestro se esfuerce en llevar buenas estrategias de enseñanza, no se esperan los resultados deseados.
- Las estrategias y materiales de la enseñanza, si son los adecuados para lograr aprendizajes significativos
- ¿Será que el problema está en las concepciones de enseñanza de la física del maestro? lo que impide el aprendizaje de los estudiantes.

En este sentido mis búsquedas y mis reflexiones estuvieron puestas en mi formación y en especial en la didáctica de las ciencias, tal como plantean (Cachapuz et al., 2002), es prioritario pensar en una reivindicación de la didáctica, lo que ellos llaman la “Nueva didáctica”, una didáctica que busque los aportes de la Historia de las Ciencias, la Epistemología, las teorías de la Psicología del aprendizaje, para responder de una manera integral a las necesidades de las disciplinas, que les permita dar respuesta a los desafíos educativos, involucrando los contextos sociales .

Consciente de que la evolución de la didáctica de las ciencias como un campo de investigación que permite reflexionar sobre los procesos de enseñanza, aprendizaje, brindarle al profesor herramientas para descubrir lo que es esencial de la física a enseñar, que sea consciente de la importancia en las formas de enseñar Viennot (2004), de ahí que reflexionar desde la didáctica de las ciencias es entenderla como una actividad, dinámica, cambiante, que se pueda relacionar con otras áreas del conocimiento, la tecnología, sociedad y el entorno ambiental (Cachapuz et al., 2002), la didáctica como campo de investigación debe permitirnos resolver uno de los principales problemas, y es que modelos y prácticas son los adecuados para cada tipo de contenido, en otras palabras debe brindarnos a los profesores, criterios claros para escoger los contenidos apropiados que requiere el entorno sociocultural en el que nos movemos, tener en cuenta las concepciones de los estudiantes, sus obstáculos epistemológicos, el sentido común, las características de quien enseña y quien aprende (Sanmarti, 2002); Viennot, 2004; Astolfi y Develay (1989); Cachapuz et al., 2002).

En este sentido la reflexión me ha orientado a hacerme las siguientes preguntas:

¿Qué física enseñar en la escuela?, ¿Qué conceptos prevalecen o qué conceptos son los estructurantes y prioritarios para enseñar en cada periodo, debido a limitación de tiempo?

¿Se puede enseñar física sin las herramientas matemáticas?, ¿Qué tipo de estrategias y herramientas se deben utilizar para potenciar el aprendizaje de los estudiantes? ¿Qué material didáctico sería potente para mejorar mis prácticas de enseñanza? ¿Cuáles son las ventajas de los experimentos para potencializar el aprendizaje?

De estas inquietudes se desprende la necesidad de formación en la enseñanza de las ciencias que me permita ir encontrando respuestas a las muchas preocupaciones. Mi primera

experiencia de formación en la enseñanza de las ciencias fue en el marco del diplomado cursado en la universidad ICESI de la ciudad de Cali titulado; “Enseñanza de las ciencias a través de la indagación”. La experiencia en el diplomado me permitió comprender el papel de las experiencias significativas a la luz de las actividades experimentales y laboratorios, como un punto de partida para la exploración científica del estudiante en un aula de clase, además del uso de secuencias didácticas que permitan de una manera secuencial poder llevar un proceso coherente entre la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación. De esta experiencia se empezó a estructurar la secuencia didáctica que detallare a continuación.

Contexto de la experiencia significativa. ¿Cómo surge la experiencia?

La experiencia se da en el marco de mis prácticas educativas como profesor en ejercicio de física en grado décimo de un colegio en el sur de Cali. Al abordar la planeación curricular general del colegio, la cual está dividida en tres periodos, cada periodo el docente debe presentar una planeación periódica para la revisión a su respectivo jefe de área y un plan de periodo que se les entrega a los estudiantes, donde se resume los estándares de desempeño, la estructura conceptual, los criterios de evaluación y el material de la enseñanza y los instrumentos de evaluación (ver anexo plan de periodo). En ese plan de periodo se plasma los intereses y objetivos que maestro como maestro me planteo respecto a los procesos de enseñanza y evaluación, lógicamente respetando los lineamientos curriculares que como área de ciencias naturales tiene el colegio.

Una de las apuestas pedagógicas que se plantea el área de Ciencias Naturales como inicio de un periodo es darle una relevancia al diagnóstico, saber cómo llegan los estudiantes en el área, respecto a los conocimientos del año anterior, como se potencializaron las competencias del área.

Lo que Viennot (2004) plantea que se debe tener en cuenta las concepciones alternativas de los estudiantes, sus maneras de razonar y entender los conceptos físicos. Por ello para el área de ciencias naturales del colegio, la figura del diagnóstico es de vital importancia en la planeación curricular como punto de partida y cimiento para los diferentes procesos que se van a llevar en el periodo, además de dar luces para la planeación de estrategias didácticas significativas que permitan intervenir en las dificultades de los estudiantes, reforzar conceptos y competencias que van a potencializar unos mejores aprendizajes.

El Origen de la Secuencia de actividades.

La primera apuesta didáctica que me propuse en el caso de la planeación, fue cambiar el sentido del diagnóstico de los años anteriores, el cual estaba puesto en hacerles una prueba escrita a los estudiantes de los supuestos conceptos y/o temas que vieron en el grado 9, para luego calificarla y de acuerdo a las preguntas con mayor dificultad hacer un refuerzo explicándoles en clases las respuestas a la luz de los conceptos correspondientes en cada pregunta, la experiencia arrojó que a pesar de tener la intención de reforzar ciertos conceptos que servirían para potencializar los aprendizajes, los resultados seguían siendo poco satisfactorios.

Los pocos resultados del proceso rutinario de las planeaciones anteriores, la reflexión constante de la praxis, ayudado del fortalecimiento teórico de la didáctica de las ciencias como un campo de investigación y las conversaciones entre colegas profesores me generó la necesidad de cuestionar las estrategias y materiales de enseñanza. Aprovechando la experiencia de formación que tuve en el marco del diplomado de indagación cursado en el 2017 en la universidad ICESI, de ahí que es relevante enfatizar la importancia de la formación continua del

profesor, que le permita reflexionar día a día sobre la praxis educativa, que le permita tomar decisiones y apuestas sobre las estrategias de enseñanza, capaces de enfrentar los desafíos pedagógicos que le presenta la escuela y en particular de esta experiencia, los retos en la enseñanza de la física. El diplomado me ayudó a profundizar en las competencias de ciencias naturales y reconocer la importancia en los procesos de enseñanza-aprendizaje que tiene la Indagación como metodología y como competencia vital en el desarrollo de la capacidad investigativa de los estudiantes, tal como lo define Schwab (1966) citado por Reyes y Padilla (2002), plantea que el proceso de indagación comprende lo siguiente: hacer uso de laboratorio, lectura y uso de reportes de investigación, discusión de problemas y datos, interpretación de datos, interpretación y discusión del papel de la tecnología y reconocer las conclusiones alcanzadas por científicos; por lo cual se puede reconocer una visión de la educación científica mediante la indagación y sugiere que los profesores la utilicen primero al realizar experimentos en el laboratorio, en lugar de empezar por una clase teórica; es decir, que presenten la ciencia como indagación y que los estudiantes la utilicen para aprender conocimientos de ciencia. En consecuencia, me permitió reevaluar mis estrategias de enseñanza y apuestas metodológicas, reconociendo la importancia de las actividades experimentales en las clases de ciencias y cómo incluirlas de manera significativa en todo el proceso de planeación del año lectivo. Con estas claridades teóricas sobre la competencia de indagación y teniendo los lineamientos curriculares y estándares de competencias del MEN el cual define la competencia de indagación desde la propuesta del ICFES (2013), la competencia de indagación se concibe como “la capacidad para formular preguntas y procedimientos adecuados con el fin de buscar, seleccionar, organizar e interpretar información relevante y así dar respuesta a esas preguntas” (p. 29).

En consecuencia me propuse darle un significado diferente a la actividad diagnóstica, en vez de plantear un examen que en el pasado no ha llevado a mejora sustanciales en las comprensiones de los fenómenos físicos de los estudiantes, me aventuro a plantear una secuencia didáctica cuyo eje articulador partía de una actividad experimental basándome en la competencia de indagación, que me permita a través de la experimentación poder identificar fortalezas y debilidades, ya no tanto en conceptos específicos, sino en las competencias esenciales de las ciencias naturales, además de poder contrastar en un espacio donde el estudiante tenga un papel más activo en su proceso de enseñanza y pueda estructurar su propio conocimiento científico.

Primer momento de la planeación de la secuencia, las decisiones.

Tomar la decisión de escoger una práctica de laboratorio que pueda evidenciar los saberes previos abordados en grado 9 y que empalmen secuencialmente con los contenidos planteados en el primer periodo, relacionado con la mecánica traslacional planteada por Newton. La práctica escogida fue sobre la ley de Hooke, el cual se plasma en una guía #1 (como primer material de la enseñanza en el plan de periodo (ver en Anexo A el anexo de guía #1 y el plan de periodo), los criterios para la escogencia de la guía, se da porque considero se pueden abordar conceptos como masa, peso, fuerza y la formalización matemática de la relación entre variables (pensamiento variacional). Con respecto a los criterios de selección de las actividades, el profesor Feynman manifiesta (0:36:25 - 0:38:35): (Anexo C).

Es interesante el contexto actual, porque te escuché decir que todos los que estamos aquí somos licenciados en matemática y física, aquí nos puede llevar a la siguiente experiencia, realmente cuando tenemos un proceso de formación en la licenciatura en física, se genera

esto, este tipo de visiones por nuestra formación, entonces muchas veces observamos cursos disciplinar con ciencias básicas o como se maneje en cada universidad donde nos hayamos formado, donde encontramos los cursos de física, los cursos de matemáticas, pero también desde el punto de vista pedagógico empezamos a tener un tipo de formación y a veces esas formaciones no son cincuenta, se enfocan más en el aspecto educativo de las matemáticas que en el de la física o viceversa, pero que haya un equilibrio es complejo, muchas veces el equilibrio se da a tus visiones e intereses, si me voy por el lado de la física, quiero ver didáctica de la física, quiero ver historia de la física. A medida del tiempo en cuanto a mi experiencia, compañeros les comento, comencé con el tiempo a comprender, que muchas veces nosotros podemos tener desde los dos puntos de vista como profesores de matemática o profesores de física y de acuerdo a nuestros intereses empezar a tener postura.

Es interesante analizar la intervención anterior del profesor Feynman, porque de alguna manera resume y ratifica la justificación y el interés de este proyecto de investigación, él toca varios puntos interesantes:

- La importancia de la formación inicial del profesor, dado que, dependiendo de nuestra formación, adquirimos unas visiones de cómo enseñar, ya sea las matemáticas o la física.
- Hay una dificultad en nuestra formación inicial, ya que como formados en licenciatura en matemáticas y Física de la universidad del Valle, no hay un equilibrio en la formación en matemática y la formación en física tanto en la parte disciplinar, como en la enseñanza de la física y en cursos relacionados con la didáctica de la física (en nuestro caso estaba inclinada la balanza a la formación matemática y la didáctica de las matemáticas).

- De acuerdo a nuestros intereses, de cuál de las dos partes nos inclinemos a enseñar, vamos a tomar posturas de la importancia que le damos a cada una. Ya que vamos a dedicar esfuerzo en profundizar teóricamente en sus didácticas. Tal es mi caso, el cual me incline por la enseñanza de la física, entonces mis estudios de posgrados, seminarios y cursos, son por el lado de las ciencias, ejemplo mi énfasis de la maestría en enseñanza de las ciencias y el énfasis de este proyecto de investigación situado en la formación inicial del profesor de física y el papel de la didáctica de la física en las decisiones didácticas y pedagógicas.
- La reflexión de nuestras prácticas educativas entre pares, amplía nuestro espectro didáctico y podemos profundizar a la luz de la didáctica de las ciencias.

¿Por qué escogí la ley de Hooke?

La elección de ésta práctica tiene que ver con la intención de poder conectar el abordaje de algunos conceptos que los estudiantes trabajaron en el grado 9 y que les causa dificultad diferenciarlos conceptualmente (la diferencia entre masa y peso). Ver anexo F

Lo que puedo deducir es que la escogencia de un concepto o material de la enseñanza, está permeado por las concepciones del maestro y las condiciones curriculares de la institución donde trabaja, además de la pertinencia del contenido en el tiempo, ya que implícitamente hay un concepto de fuerza , y en el inicio del periodo, ese concepto es estructurante e importante para la comprensión de los conceptos físicos a trabajar, Hooke no formuló la expresión: $F = kx$; lo que en realidad descubrió Hooke fue que : hasta un límite, cada objeto se extiende en proporción a la fuerza aplicada a él, por el contrario, cuanto más se estira algo elástico, más resistencia ofrecerá a ser más estirada.

Dentro de la planeación de la secuencia se plantean cinco actividades:

Actividad 1: Experimentación y toma de datos. ver anexo secuencia

En este primer momento, lo que se hace es entregarle al estudiante la guía #1 antes de la práctica, con el fin que tengan un primer acercamiento al objetivo de la actividad y puedan familiarizarse con la propuesta experimental¹⁷. Los estudiantes deben presentar antes de la práctica un mapa conceptual, con el fin de asegurar que se apropien de lo que van a hacer y de los conceptos involucrados en la práctica. El día de la práctica antes de ir al laboratorio se explica el paso a paso, mostrando el material a utilizar y su uso en el laboratorio, además de las normas de seguridad y los criterios de evaluación para la valoración de la práctica (Acuerdos del área de Ciencias Naturales). Cabe resaltar que previamente se escogen los grupos, con un máximo de cuatro estudiantes, el cual considero suficiente para un buen aprovechamiento de los roles en la práctica y en la entrega del informe.

Ya en el laboratorio los estudiantes empiezan a realizar la actividad experimental con el material entregado. En un primer momento se les entrega unas pesas con diferente masa para que las pesen en una balanza y anoten los datos. En este procedimiento se encuentra con un interrogante habitual y es que los estudiantes cuestionan que, porque se habla que se está calculando la masa, si uno lo que está es “pesando”, o sea que lo que debe registrar en la tabla es el peso.

Este cuestionamiento me permitió ir logrando uno de los primeros objetivos del planteamiento de la actividad experimental y era poder diagnosticar con que prerrequisitos

¹⁷ Es un pedido de los acuerdos de área.

conceptuales venían los estudiantes, lo que Viennot (2004) define como concepciones alternativas y confirmar mi hipótesis que en los grados anteriores, no se tratan algunos conceptos con la rigurosidad que requieren, como es el caso de la diferencia entre masa y peso, el cual permite ir pensando cómo abordar dichos obstáculos conceptuales. Después que los estudiantes miden los pesos en la balanza y anotar los datos en sus cuadernos, cada grupo organiza su montaje utilizando el soporte universal donde va a ubicar el resorte para colocar las respectivas pesas.

Mientras tanto otro integrante del grupo debe medir la longitud inicial del resorte, la cual va a servir como referente para saber cuándo es el alargamiento del resorte provocado por el peso de cada una de las pesas.

Figura 8

a. Montaje de sistema masa – resorte / b. Medición del alargamiento del resorte



a



b

Fuente: Elaboración propia.

Empiezan a colgar cada una de las diferentes pesas para registrar el alargamiento del resorte, una de las cosas relevantes en esta parte del procedimiento es observar la dependencia que tienen los estudiantes de las instrucciones del maestro los cuales se pueden evidenciar en momentos de la práctica como:

- Cuando van a medir el alargamiento del resorte, se les da una sugerencia y es que midan la longitud inicial del resorte y luego que pongan la pesa midan la longitud final para luego con la diferencia de la longitud final y la longitud inicial, se mide el alargamiento del resorte con el correspondiente peso, todos realizaron el mismo procedimiento, a ningún grupo se le ocurrió poner la regla al final del resorte, poner las pesas para solamente medir cuánto se alarga. Lo que me permite inferir la poca creatividad para desempeñarse en un entorno experimental.
- Otra de las situaciones que demuestra la poca autonomía y dependencia de la instrucción del profesor en la fase experimental, se presenta cuando se les exige como mínimo 8 pesos diferentes y solo tienen 4 pesos diferentes, 1 de 25 gramos, 1 de 50 gramos, 2 de 100 gramos y una de 200 gramos, preguntan que cómo toman el valor de 150 gramos y que otros valores pueden tomar, son muy poquitos los grupos que logran solucionar el problema combinando por ejemplo la pesa de 100 con la 25 gramos y obtener el dato de 125 gramos, lo que al final termina siendo la sugerencia del maestro.

Los anteriores ejemplos ilustran algunas falencias en la competencia de indagación, auspiciada por la manera tradicional como se abordan los laboratorios, donde se le da al estudiante todo el recetario que tiene que desarrollar, llenar los cuadros y seguir las instrucciones al pie de la letra. Por esto una de las primeras apuestas como docente para romper paradigmas es

proponerle a los estudiantes que construyeran su propia tabla donde organizaron las variables iniciales y los datos obtenidos desde una coherencia como grupo, ya que un criterio de evaluación del laboratorio es que planteen una organización de la tabla, que recoja de manera integral y clara toda la experiencia del laboratorio, para que en una posterior sustentación e informe de laboratorio, la tabla debe mostrar de manera clara la coherencia de la toma de datos, en los diferentes momentos de la actividad experimental.

Figura 9

Tabla de datos recogidos en la actividad experimental por un grupo del laboratorio

Tabla con los datos recogidos, después de haber ido al laboratorio y hacer actividad con resorte sobre masa agregada.

Resorte	Masa	Resorte	Masa	Resorte	Masa
Resorte #1	100g	100g	100g	100g	100g
	100g	100g	100g	100g	100g
	100g	100g	100g	100g	100g
	100g	100g	100g	100g	100g
	100g	100g	100g	100g	100g
Resorte #2	100g	100g	100g	100g	100g
	100g	100g	100g	100g	100g
	100g	100g	100g	100g	100g
	100g	100g	100g	100g	100g
	100g	100g	100g	100g	100g
Resorte #3	100g	100g	100g	100g	100g
	100g	100g	100g	100g	100g
	100g	100g	100g	100g	100g
	100g	100g	100g	100g	100g
	100g	100g	100g	100g	100g

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a este primer momento y en la evaluación de la secuencia de los pares académicos escogidos el profesor Gauss interviene haciendo un llamado de atención como

aparece el concepto de pendiente de la recta, en el cuadro principal donde son relevantes los conceptos físicos, el profesor Gauss manifiesta puntualmente lo siguiente (0:15:00):

Veo que en el cuadro de apertura que tu planteas una serie de elementos que son para mí, contrapuestos, por ejemplo, hablas de unidad didáctica: leyes del movimiento; tema general: ley de Hooke, luego aparecen unos contenidos, la mayoría hacen referencia lógicamente al entorno físico, pero hay uno que no aplica allí, y es el de pendiente de la recta y ese es netamente matemático, es mi opinión.

Figura 10

Estructura inicial de la secuencia

Resumen de las competencias y habilidades de pensamiento involucradas en la secuencia didáctica

Competencia de ciencias Naturales: Indagación
Conceptos Estructurantes: • Fuerza (Física). • Proporción (Matemáticas) • Función lineal (Matemáticas)
Contenido: Ley de Hooke

Fuente: Elaboración propia.

Figura 11

Pensamientos, herramientas matemáticas y procesos de las ciencias naturales

Pensamiento Matemático	• Numérico • Variacional • Sistema de datos • Métrico (medición de elongación del resorte)	Habilidades de Ciencias Naturales	• Explorar hechos y fenómenos. • Analizar problemas • Observar, recoger y organizar información relevante. • Utilizar diferentes métodos de análisis. • Evaluar los métodos. • Compartir los resultados.
Procesos Matemáticos	• Resolver • Proponer • Comunicar • Argumentar • Representar	Proceso de Ciencias Naturales	Físico

Fuente: Elaboración propia.

La intención del esquema sacado de la secuencia de actividades, es mostrar las competencias y procesos de las matemáticas y la física, que considera el maestro se abordan en la secuencia planteada. claramente el profesor Gauss, hace un llamado de atención, partiendo del esquema, el sugiere que los pensamientos matemáticos y los procesos matemáticos no deberían ir en ese esquema principal, ya que confundiría a los estudiantes y los perdería de centrarse en el foco, principal los cuales son los conceptos físicos.

El profe Gauss dice (0:18:03): *“Comparto de alguna manera la postura del profe Feynman, que de pronto se difiere de todo, de que se quiere saber del entorno físico, pienso que no cabía allí”*.

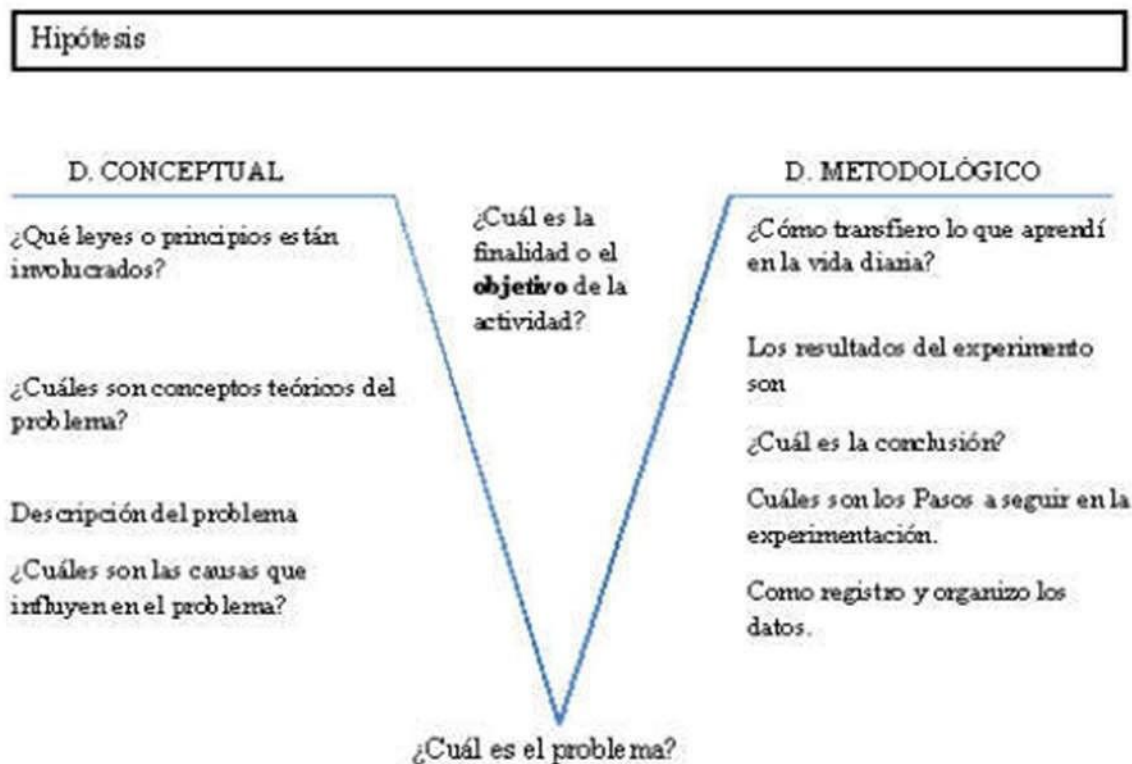
Con este llamado de atención, aterriza un poco una de las tendencias que como maestro evidencio en la práctica y es el afán de querer equiparar las herramientas matemáticas al mismo nivel de los conceptos físicos, aunque debo admitir que también hay una cierta presión de cómo se concibe la relación ciencias naturales-matemática en el PIA (Plan Integrado de Área). El profe Feynman, como profesor de colegio, reconoce las limitantes en la transversalidad de las áreas

Momento 2:

En este segundo momento hay dos intenciones claras:

- La primera es que el estudiante materialice a través de un informe de laboratorio los análisis de los resultados de la experiencia
- La segunda es poder indagar sobre los conceptos involucrados en la experiencia, para poder tener un punto de partida sobre los conceptos a fortalecer como cimientos del aprendizaje del periodo.

Los estudiantes después de tomar los datos en la clase anterior se reúnen en sus grupos de trabajo, en primer lugar, para terminar de completar los datos, haciendo uso de los cálculos correspondientes. Para organizar el trabajo se le entrega a cada grupo el anexo de la guía # 1 (ver anexo), el cual va a orientar la organización del informe de laboratorio con los datos obtenidos en la actividad experimental, con el modelo de informe conocido como UV- Gowin. (Ver Figura 12).

Figura 12*Modelo UV Gowin*

Fuente: (Herrera & Sánchez, 2010).

Este modelo se plantea en la primera semana de clase cuando se está presentando la propuesta del área, sus proyecciones y los acuerdos académicos, en este espacio se da instrucciones de cómo se organiza el modelo mostrando diferentes adaptaciones. con ayuda del anexo de la guía los estudiantes empiezan a resolver los procesos e interrogantes y planteamiento de la guía. (Ver Anexo A).

Figura 13

Grupo de estudiantes organizando su informe de laboratorio



Fuente: Elaboración propia.

Respecto de las actividades en el anexo de la guía, se plantea una discusión interesante, que relataremos a continuación:

Pitágoras dice (0:21:20-0:22:43) (ver anexo D y/o C:

Esa actividad 1 y la actividad 2, de la página 6, la guía que tienen que diligenciar los estudiantes, esas preguntas abiertas, o sea las podemos ver en la página, 6, 7, 8 y 9, todas esas preguntas hacen referencias a la reflexión entorno, a los conceptos tratados allí, en esas actividades, ley de Hooke, peso, masa, fuerza, etc. Pero si vamos a la página 10, dice calcule la pendiente de la recta y la ecuación de la recta de acuerdo a la gráfica escogida. Utilizas un recurso tecnológico, como es geogebra, para que los muchachos lo puedan

comprender y después mencionas la pregunta ¿Qué relación encuentra entre la pendiente de la recta de las gráficas y la constante de elasticidad del resorte?, ahí yo pienso que esa pregunta es clave, porque ahí hay elementos del entorno físico y elementos de las matemáticas que los está relacionando.

De la intervención del profesor podemos inferir varios elementos:

- Concepciones de enseñanza, explica sus intenciones que tiene el uso de herramientas virtuales (cuando habla de geogebra).
- Implícitamente empieza a dar respuesta a la pregunta de la relación matemática-física en la ley de Hooke, cuando plantea que la pregunta ¿Qué relación encuentra entre la pendiente de la recta de las gráficas y la constante de elasticidad del resorte? Es clave, por los elementos de las dos áreas.

En ese momento para detonar el discurso, les propuse el siguiente interrogante ¿pero logro hacer esa relación (matemática-física), sin hacer los otros procedimientos de modelación matemática, calcular la pendiente de la recta, la ecuación, etc.? ¿lograría esa relación conceptual, sin hacer los otros cálculos matemáticos?

El profesor Feynman interviene (0:24:00) Anexo C o D e interpreta que mis intenciones con esas actividades, el entiende que mis intenciones con los puntos de la secuencia es lograr una habilidad de modelización, es decir que los estudiantes comprendan, la relación directa proporcional entre la fuerza y la elongación, obviamente debe hacerse un uso de las herramientas matemáticas, el profe aclaro dos términos importantes: **Modelización** enfocado en estrategias de enseñanza de las ciencias y **Modelación** como el reconocimiento de patrones, él dice que lograr

la relación, también está en el uso del lenguaje, si hablamos de pendiente de la recta, podríamos hablar del concepto de **Razón de Cambio**.

De ésta intervención de los profesores participantes, me quedaron varias reflexiones relevantes:

- Se necesita estudiar más a fondo sobre la formalización matemática en física, ya que por ejemplo desconocía la diferencia que plantea el profesor Feynman, donde plantea que la modelización está más enfocada en las estrategias de la enseñanza de las ciencias y la modelación en el uso de patrones matemáticos, un aspecto que desconocía al plantear la secuencia, y quizás el no tener claro las diferencias, permearon las actividades de la secuencia.
- El uso del lenguaje es importante en el acercamiento significativo entre las matemáticas y la física al abordar los fenómenos físicos. Este por la sugerencia que me pareció interesante del profe Feynman, al sugerirme que, en vez de hablar de Pendiente de la recta, se hablara del concepto de razón de cambio (se puede inferir que es un concepto ligado más al análisis de los fenómenos físicos, que a las herramientas matemáticas), que sigue relacionado a la variación entre dos magnitudes (pensamiento variacional), pero sin fraccionar la relación entre las matemáticas y la física, tal como lo plantean Vizcaíno y Terrazan (2015), debido a que una cosa es pensar las matemáticas como un lenguaje que permite descubrir la naturaleza de forma apropiada, y otra muy diferente y otra muy diferente en la matemática como un lenguaje inscrito en los procesos de pensamiento, ya sea para expresar, organizar las ideas, para interpretar los hechos desde diferentes ángulos, o para comprender y explicar los fenómenos naturales.

- Otra de las cosas importantes, tiene que ver en poder resignificar los referentes teóricos de la enseñanza de la física, a la luz de las interpretaciones de los pares académicos en la discusión como amigos críticos que hicieron de mi praxis, plasmada en la secuencia de actividades.

Momento 3. Resignificando los procesos de enseñanza.

Este momento tenía como objetivos

- **Plantear actividades que resignifiquen las viejas prácticas a través de la competencia de indagación.**
- **Identificar como el estudiante se acerca y resuelve el problema de la relación Físico-Matemática.**

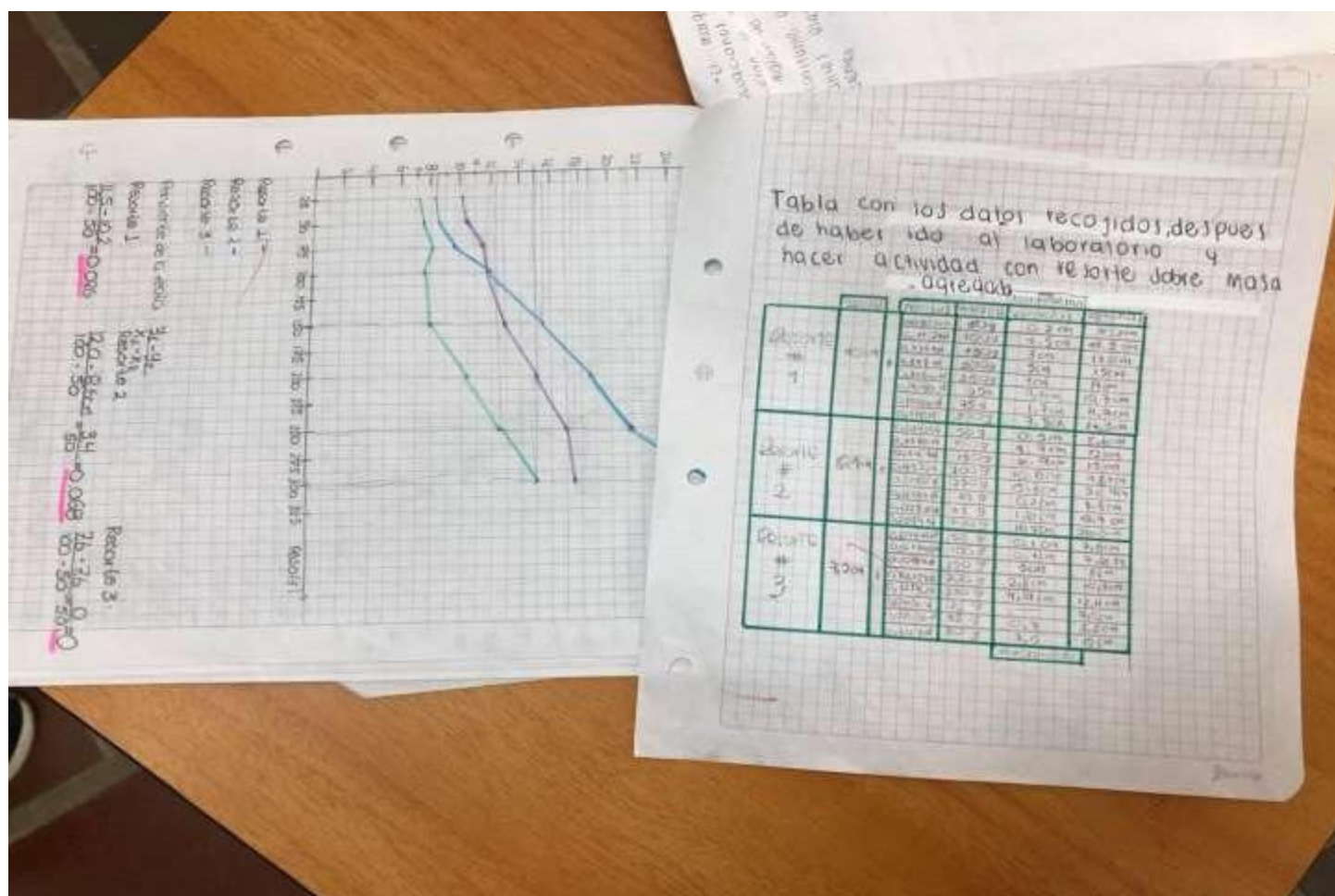
Una de las situaciones de resignificación, tuvo lugar en el momento de plantear los informes de laboratorio, en mis viejas prácticas, les ponía en las guías de laboratorio los objetivos y la pregunta problema a resolver con la práctica. En esta apuesta, los estudiantes de acuerdo a la reflexión fruto de la actividad experimental, tenían que plantear como hipótesis los objetivos de la práctica y la pregunta problema, que se está respondiendo en la práctica experimental. (Ver anexo A. punto 4)

En este momento el profesor Pitágoras, cuestiona el hecho de que el modelo UV_Gowin sea innovador, ya que para él sigue siendo un modelo tradicional y conductual, debido que se le sigue planteando un esquema, sugiere que los estudiantes planteen su propio modelo para presentar su informe de resultados de la experiencia.

Otro de los momentos que genera gran impacto entre la conexión de la práctica y la teoría, es cuando los estudiantes construyen su propia tabla de datos, con el reto de diseñar una tabla coherente, donde están plasmados todos los datos obtenidos, se forman unas discusiones interesantes entre los integrantes del grupo en cómo seleccionar los criterios de organización de las variables en la tabla. (Ver Figura 14).

Figura 14

Tabla de datos y graficas F vs X



Fuente: Elaboración propia.

Otro momento importante en la construcción del informe, sucede en el punto 4. Anexo A. del análisis de resultados, ya que pedí intencionalmente que construyeran la gráfica relacionando el peso y el alargamiento, de dos maneras, en una gráfica la variable dependiente sería el peso y la independiente el alargamiento del resorte y en la otra gráfica lo contrario, luego cada grupo escoge de acuerdo a la experiencia la gráfica más coherente, argumentando el motivo de la decisión¹⁸. La justificación y la gráfica escogida por los estudiantes (ver pie de página), me planteó la necesidad de más adelante en la plenaria grupal, donde cada grupo expone las conclusiones de la práctica de laboratorio, poder contrastar el conocimiento alternativo del estudiante con el conocimiento científico.

Aquí se presenta un obstáculo epistemológico, hay un choque cognitivo entre el conocimiento alternativo del estudiante y el conocimiento científico, cuando el estudiante experimenta hay una relación de dos variables, el peso de las masas vs el alargamiento del resorte, el estudiante observa que el resorte se estira, dependiendo del peso, entonces él asume que la variable independiente es el peso y la dependiente la elongación del resorte. Resulta que la ley de Hooke presenta lo contrario, esto debido que la fuerza que plantea Hooke, no es el peso de las masas, si no la fuerza elástica recuperadora del resorte: Lo anterior genera confusiones a los estudiantes y se les dificulta entender la relación,

Claramente podemos ver una apuesta didáctica desde la competencia de indagación, entendida como una herramienta poderosa, para que los estudiantes a través de sus propias

¹⁸ Una parte interesante en este punto, es que para el 100% de los estudiantes la gráfica coherente es donde el peso es la variable independiente y el alargamiento es la variable dependiente. y el argumento planteado por la gran mayoría es que la distancia que se estira el resorte depende del peso de las pesas.

experiencias y las vivencias de la fase experimental y la reflexión con sus compañeros se puedan acercar al conocimiento científico, el estudiante experimenta, toma datos, contrasta resultados, discute de aspectos relevantes del proceso experimental, para luego contrastarlo con el conocimiento científico

Otro aspecto relevante en este segundo momento es que se les pide a los estudiantes que las dos gráficas iniciales se realicen con lápiz y papel, para poder abordar el tema de la incertidumbre y margen de error, a través de la modelación de la gráfica¹⁹. En este punto se presentaron varias dificultades que menciono a continuación:

- Al graficar, como los puntos no son valores enteros, al estudiante le genera incomodidad estimar los valores y modelar la gráfica. por lo que toca proponer un proceso de linealización manual, ya que la incertidumbre no permite graficar una línea recta. En la mayoría de los casos los estudiantes escogieron el punto inicial y el punto final para dibujar la línea recta. Algo importante que salió en el momento de la gráfica es que, les explique que al hacer la linealización, los puntos que más alejado estaban de la recta dibujada son los puntos donde más margen de error se presentó al tomar los datos y que al hacer los cálculos del margen de error en porcentaje deben coincidir que los datos más alejados tengan porcentaje de error mayor, lo que mostraría una coherencia entre los datos.²⁰

¹⁹ Para poder graficar los estudiantes deben unir parejas de puntos entre la relación peso vs alargamiento. el cual, por los márgenes de error, no da una línea recta.

²⁰ El margen de error se calculó $(\text{valor exacto} - \text{valor relativo}/\text{valor exacto}) * 100\%$.

Respecto a esta parte de la secuencia el profesor Feynman recomienda que una de las cosas importantes en las ciencias es modelizar, trabajar la incertidumbre como parte de la actividad científica, (0:39:08). Anexo C o D

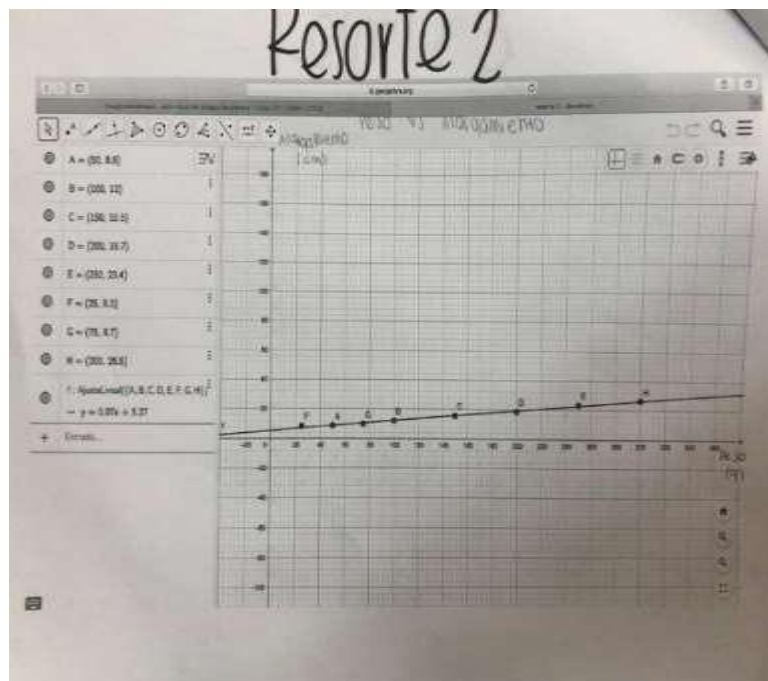
- Otra de las actividades que el estudiante le causó dificultad fue cuando le tocó calcular matemáticamente la pendiente de la recta, se supone que en teoría el valor es constante y un único resultado, pero por la incertidumbre no se puede determinar un valor único de pendiente de la recta, lo que obliga a realizar diferentes cálculos con diferentes puntos y sacar un promedio, que permita estimar el valor de la pendiente de la recta. Esto generó desgaste en dedicar tiempo del análisis en la operatividad matemática generado por los márgenes de error, ya que obligaba a estar pasando grupo por grupo explicando el procedimiento a seguir, ya que también se tenía que hallar la ecuación de la recta que generaba la relación de las variables alargamiento vs peso.

Estas situaciones generaron la necesidad de priorizar en la intervención del maestro el análisis que se va a tener posteriormente en la plenaria grupal, en el cual se va a confrontar las ideas y los desequilibrios cognitivos de los estudiantes concebidos en la experimentación y poder contrastarlo con el conocimiento científico establecido.

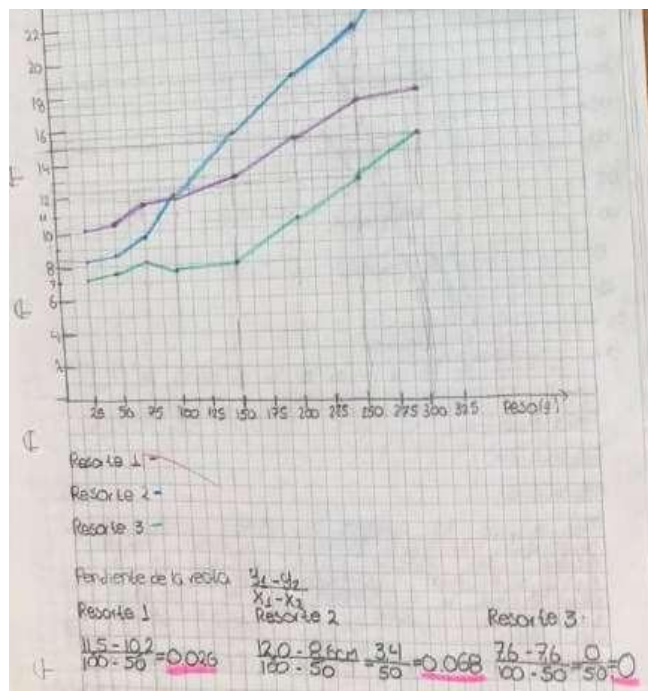
Figura 15

Grafica en Geogebra Peso vs Alargamiento.

Grafica Peso vs Alargamiento a lápiz y papel



Cálculos efectuados resorte 2



Fuente: Elaboración propia.

En el apartado anterior tiene una intención clara y es evidenciar cómo el estudiante se acerca a la relación físico-matemática, a través de la modelación matemática de los resultados de los datos retomados en la experiencia. el cual se puede entender en los dos puntos de análisis anteriores. Respecto a esa relación físico-matemático el profe Feynman plantea (0:24:30-0:25:15). Anexo C o D

Yo entiendo Jaime que vos desear ahí, una habilidad de modelización, es decir, que los estudiantes ahí, observen, comprendan la relación directa proporcional que existe entre la fuerza y la constante de proporcionalidad o la elongación, aja el desplazamiento y vos lo

quieres llevar a eso, y obviamente estás haciendo un uso, porque si yo quiero un proceso de modelización, entendiendo las dos palabras. Modelización más enfocada en estrategias de enseñanza de las ciencias y la modelación como lo que nosotros reconocemos como reconocimientos de patrones, procedimientos desde las matemáticas.

Siguiendo la ruta de la modelación matemática y con el objetivo de ver como el estudiante utiliza las herramientas tecnológicas para abordar la modelación, les planteo el uso GeoGebra para graficar en una sola hoja la relación, elongación vs peso, la intención de mostrar las ventajas de utilizar recursos interactivos para modelar matemáticamente la relación de las variables físicas y puedan con éste ahorro procedimental poder analizar las gráficas de los tres resortes, poder analizar cuál tiene mayor pendiente y que más adelante poder identificar la relación de dicha pendiente de la recta con la constante de elasticidad del resorte²¹.

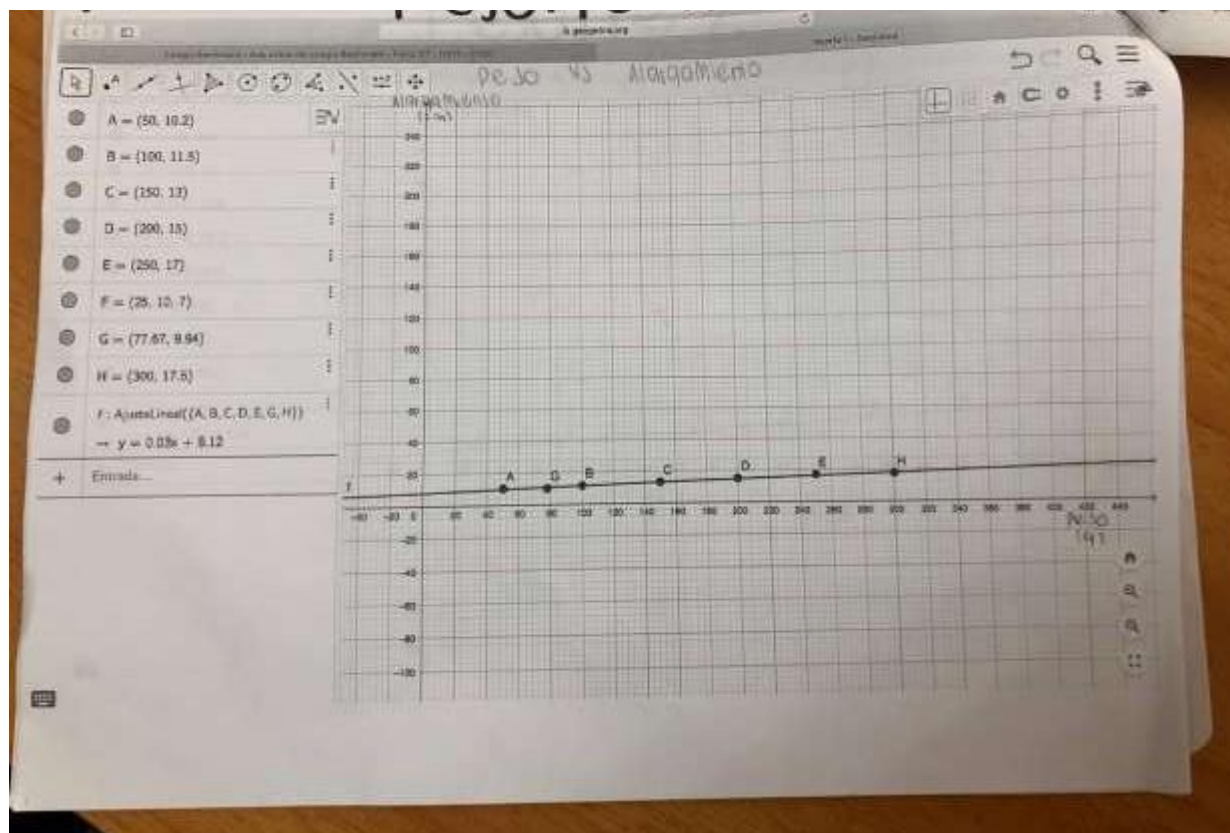
Cuando estaban usando GeoGebra pude notar en las manifestaciones de los estudiantes un entusiasmo y motivación, el cual se puede dar por las siguientes hipótesis:

- La comodidad de una herramienta que les permitió ahorrarse trabajo operativo (graficas a lápiz y papel, cálculos para hallar la ecuación de la recta, etc.)
- El poder trabajar con herramientas virtuales, la saca del ejercicio tedioso de estar planteando trabajos e informes de manera tradicional.

²¹ A mayor pendiente, mayor constante de elasticidad del resorte. El valor de la pendiente de la recta representa el valor de la constante de elasticidad del resorte.

- Su estrecho vínculo con la tecnología, ya que son nativos digitales y sus habilidades al utilizar esta herramienta fluye de manera espontánea, lo que permite fluidez en los análisis de los resultados.

1 Grafica peso vs alargamiento en Geogebra.



Cuanto están modelando la gráfica en GeoGebra y me acercaba a los grupos, era curioso escuchar a la mayoría en los grupos que por que me complique haciéndolos a hacer las gráficas a lápiz y papel, si se podía hacer más fácil con GeoGebra, que nos habíamos ahorrado tiempo y angustias, yo les explique que la intención era que pudieran contrastar las ventajas del uso de las

herramientas virtuales, como ayuda para potencializar sus aprendizajes²². Este momento termina con los estudiantes resolviendo los puntos de la guía e ir anotando ideas, curiosidades, análisis y cálculos, que les van a servir para plantear las conclusiones de la práctica.

Trabajo en grupo terminación de informe.



Momento 3 Práctica Virtual.

Este momento tiene dos intenciones: 1. Mostrar cómo se acerca la tecnología como apoyo para resolver el problema de la relación Físico- Matemático; 2. Hacer uso de los ambientes virtuales de aprendizaje, para abordar las complejidades y obstáculos epistemológicos que presentaron los estudiantes en la actividad experimental para abordar los conceptos relacionados con la ley de Hooke , que permita una mejor comprensión de los fenómenos, además de facilitar el desarrollo de la clase, ya que el laboratorio virtual se da en condiciones ideales

Finalizado el análisis del laboratorio real, en una siguiente clase se les pide a los estudiantes que por grupo traigan un portátil y Utilizando el siguiente link <https://labovirtual.blogspot.com/search/label/Ley%20de%20Hooke>

Se les pide que realicen el laboratorio propuesto, en el cual les muestra tres resortes²³ y que pongan las pesas y anoten el alargamiento del resorte en cada caso. Una de las intenciones que tuve inicialmente es que comparen los resultados de las dos masas (de 100gr y 200gr), las cuales utilizaron en el laboratorio real con el resultado virtual con las mismas masas y sacarán conclusiones. Pero me di cuenta del error, ya que las conclusiones que yo esperaba, no se podían plantear, ya que no eran los mismos resortes, entonces como era de esperarse las conclusiones fueron superficiales, en términos de comparar los valores numéricos. Los estudiantes con mi orientación , empiezan a desarrollar el laboratorio y a tomar los datos, calcular pendiente,

²³ El motivo de haber escogido este simulador, fue por su semejanza con la práctica real, ya que también se trabajó con tres resortes, además de la sencillez y claridad del planteamiento y uso de la plataforma.

graficar, calcular constante de elasticidad²⁴. El uso de esta herramienta género varios aspectos interesantes:

- Un ahorro de tiempo sustancial, ya que como se trabaja en contextos ideales, no hay incertidumbre en la toma y cálculo de datos, no hubo que hacer linealización para graficar, sale una sola pendiente, lo que no obliga al estudiante a sacar promedio para obtener una aproximación de la pendiente.
- Dicho ahorro en el procedimiento matemático permitió enfocarnos en los análisis de la relación de las variables en el concepto de la ley de Hooke
- Se pudo tener participación activa de los estudiantes, mientras iban llenando el informe, expresaron algunos análisis como, por ejemplo, que la pendiente de la recta representa el valor de la constante de elasticidad del resorte, ósea que a mayor pendiente de la recta mayor constante de elasticidad tiene el resorte.

Pude comprobar la “ventaja” que tiene el laboratorio virtual en términos de una mayor participación de los estudiantes, ya que se sienten más cómodos cuando no hay incertidumbres, les da una especie de confianza que les permite expresarse y atreverse a hacer juicios de valor sobre los conceptos físicos involucrados en la práctica, en mi caso se aprovechó para ir introduciendo a la luz de los análisis, el concepto de la ley de Hooke y la relación que tiene la fuerza(peso) con el alargamiento y la constante de elasticidad del resorte. Este tercer momento

²⁴ Prácticamente desarrollar todos los pasos que siguieron en el laboratorio real.

culmina con las conclusiones y aspectos relevantes que deben consignar los estudiantes haciendo un contraste entre la práctica real y la virtual.

Una de las ventajas del uso de los ambientes virtuales de aprendizaje (como se define teóricamente a los laboratorios virtuales) en esta propuesta, además de las mencionadas anteriormente, me permitió poder tener un puente para poner en diálogo las concepciones alternativas de los estudiantes, estructuradas en la actividad experimental con el conocimiento científico derivado de la ley de Hooke, debido que se presenta un choque cognitivo, en la relación de las variables peso vs alargamiento del resorte, en la actividad experimental de acuerdo a la experiencia de poner los pesos y luego el de estirarse el resorte, a medida de aumentar los pesos. Esto genera una construcción conceptual donde el peso (fuerza) es la variable independiente y el alargamiento del resorte la variable dependiente. En el caso del conocimiento científico la relación de las variables es, al contrario, lo que genera un obstáculo epistemológico, que al momento de la explicación genera confusión en los estudiantes. Con el uso del simulador virtual, se logró poder disminuir un poco la confusión, porque se logró con la imagen interactiva de los resortes (ver simulador Anexo G), que la fuerza a la que se refería Hooke, no es el peso de las masas puestas en el montaje, si no que se trata de la fuerza elástica recuperadora del resorte, que va a aumentar a medida que aumenta la elongación del resorte.

Figura 16

Explicación usando ambientes virtuales de aprendizaje



Momento 4. Evaluación.

Después de la plenaria grupal de cada uno de los grupos y la clase magistral donde se explicó la ley de Hooke, haciendo uso de los simuladores virtuales, la evaluación de la actividad se dividió en dos momentos:

- Se hace una prueba escrita con preguntas de selección múltiple, previamente seleccionadas, donde se pueda evidenciar los conocimientos adquiridos por los estudiantes en todo el proceso de la actividad experimental y construcción de su informe.
- Se evalúa el desempeño en la actividad experimental y el informe. Utilizando las rubricas de evaluación plateadas al inicio de la secuencia de actividades. (Ver Anexo A. Páginas 2,3 y 4).

Consideraciones generales respecto a la implementación de la secuencia.

Esta secuencia de actividades es una apuesta experimental como estrategia de diagnóstico, logró algunos avances frente como:

- Una mayor participación activa de los estudiantes en comprender el fenómeno de la ley de Hooke,
- Las discusiones entre los saberes previos de los estudiantes y los planteamientos teóricos de la física, logró un desequilibrio cognitivo el cual permitió una discusión proactiva entre los estudiantes y el docente
- Lo anterior motivó a más estudiantes a participar de las clases.
- Darle mayor significado a la relación físico-matemática.

Pero a pesar de los aspectos positivos y avances con relación a los años anteriores, se siguieran presentando las siguientes dificultades:

- Se siguió dilatando el manejo del tiempo por el desgaste de la formalización matemática en los cálculos pedidos y muchos estudiantes se quedaron enganchados en la ejercitación matemática y perdieron el foco del análisis del fenómeno.
- Otra dificultad es que se cortó el proceso al no plantear una secuencia didáctica que enganchara el laboratorio con las clases magistrales.

Reflexiones en la discusión con los amigos críticos. (Ver Anexo B)

- El elemento físico tiene que ir más allá de la simplificación numérica y/o algebraica, el estudiante debe ahondar en el fenómeno físico, las matemáticas simplemente es un complemento para la física (profesor Pitágoras).
- Se debe quitar las actividades donde se evidencia mucha matematización, ejemplo hallar pendiente de la recta, hablar de la función lineal. No caer en tanta matematización como se observa en la secuencia (profesor Feynman). Hay que avanzar en procesos de formalización sobre los fenómenos físicos, en este caso sobre la ley de Hooke.
- De acuerdo a la visión y los intereses del maestro se puede usar las matemáticas como un lenguaje o como una herramienta de matematización, lo cual se ve reflejado en los materiales didácticos.
- Es un error del profesor pensar que las matemáticas están en el mismo lugar, si es un curso de física, la prioridad la tiene la física no las matemáticas. La física al estar en las ciencias naturales es un acierto curricular.

- El profesor Gauss difiere de darle un carácter minimalista a la física, plantea que hay relaciones, aunque reconoce que la prioridad es la física, cree que las matemáticas complementan el trabajo de los análisis de los fenómenos físicos.
- Feynman plantea que, si es importante las matemáticas, pero como el lenguaje que me permita comunicar o explicar los fenómenos naturales, no como el fin en la clase de física.
- necesitamos es modelizar, la didáctica como un campo de investigación donde se indague sobre la actividad científica, desde lo epistemológico, histórico, cultural, etc., nos permite un buen uso de este proceso. La idea es generar una actividad científica en el aula, más que resolver operaciones, la incertidumbre es una actividad científica que se puede profundizar (Profesor Feynman)

.

Conclusiones

La presente investigación tuvo como objetivo sistematizar la praxis de un profesor de Física en la enseñanza de la Ley de Hooke en el décimo grado. Este interés de investigación que hace parte de las preocupaciones sobre el acercamiento de los profesores a la Didáctica de las Ciencias, con la intención de transformación de la práctica docente.

Los procesos de formalización en la práctica docente

Los procesos de formalización en la práctica están influenciados por concepciones en donde se intenta matematizar la física, en el caso de mis intenciones didácticas, se pudo evidenciar, que a pesar de que hay unas buenas intenciones de llevar a la práctica de enseñanza, las concepciones teóricas nutridas en el campo de investigación de la didáctica de las ciencias, con una secuencia didáctica “innovadora”, la mirada crítica de los amigos evaluadores de la secuencia y la autocrítica materializada en la sistematización de la experiencia, muestra que en la práctica sigue sopesando las concepciones de la formación inicial.

Las angustias propias de la enseñanza de la física asociadas a la relación con las matemáticas, se disminuyen al redimensionar el papel de las matemáticas en los procesos de formalización de los fenómenos, poder entender qué la formalización puede ser considerada como un proceso natural de pensamiento y que el lenguaje común es en sí un proceso de formalización, reconocer la diferencia entre aprender física e investigar en física a la luz de la reflexión de mi práctica docente, materializada en la secuencia, me llevó a comprender y a plantear las siguientes reflexiones: Una cosa es pensar las matemáticas como un lenguaje que permite describir la naturaleza de forma apropiada, y otra muy diferente es las matemáticas como

un lenguaje inscrito en los procesos de pensamiento (Ayala et al., 2007; Redish, 2006, citado por Vizcaino et al., 2015).

Por otra parte, es claro la necesidad de continuar estudiando y reflexionando en la relación física-matemática, buscando una mejor comprensión del significado de la matematización y la formalización en el campo de la didáctica de las ciencias, que permita llevar a la práctica, la resignificación de los procesos pedagógicos y apuestas didácticas acertadas con las necesidades del contexto.

La reflexión en la praxis con elementos de la DC

El acercamiento a la Didáctica de la Física se dio a través de una “inmersión” completa en la didáctica de las ciencias reconociéndose como un campo de investigación y formación amplio, donde subyacen unos problemas, me permitió reconocer y caracterizar los problemas en mi praxis educativa, los problemas inherentes a la enseñanza de la física, logre a la luz de esa mirada crítica (encuentro de amigos críticos) y autocrítica, que me permite el campo de la didáctica, reflexionar de manera introspectiva, dicho de otro modo me permitió hacer una lectura crítica de mi praxis educativa para ir encontrando elementos claves que nutran mis prácticas educativas para ir trascendiendo a la resignificación de nuevas prácticas. La experiencia de este trabajo me llevaría a que la próxima secuencia de actividades, estaría puesto en los fenómenos físico, sin tener esa angustia de tratar de matematizar todos los conceptos físicos, una secuencia puesta en los fenómenos físicos, donde la interpretación de dichos fenómenos no separe el conocimiento científico del pensamiento matemático, sino que se vean de manera integral y convergente, cuando vayan a interpretar el lenguaje de la naturaleza, es decir darle la magnitud que tiene los procesos de formalización de los fenómenos físicos.

La convergencia en la formación inicial, los cuatro participantes del encuentro (todos formados de la licenciatura de matemáticas y Física, Univalle), determina una coincidencia en algunas concepciones asociadas a las matemáticas y la física, lo que hizo fluir el encuentro. Se nota en las intervenciones de los profesores diferencias en cómo abordan la relación físico-matemática. El profe que se inclinó por la enseñanza de las matemáticas y su experiencia como docente ha sido en dicha área, y sus estudios de posgrados también, ve la matematización, como un lenguaje que apoya la comprensión de los conceptos físicos, muy por el contrario, el profe que su formación de posgrados y su experiencia de aula está en el ámbito de la educación en física, sus preocupaciones están en comprender los fenómenos físicos, sin preocuparse de las matemáticas.

El método de grupo de co- formación con amigos críticos

Hay que destacar que el objetivo del grupo de amigos críticos, trascendió las expectativas, ya que a pesar que se iba a evaluar una propuesta de un colega, la camaradería y el respeto mutuo de nuestro trabajo, debido que hemos coincidido en clases del pregrado o como colegas de colegio, nos ha permitido tener la confianza de poder retroalimentar la secuencia, no como evaluadores, si no como amigos que compartimos unos intereses y visiones de las prácticas educativas, eso me da como investigador la confianza de poder mostrar sin filtros y prevenciones como desarrollé mis prácticas y cuáles eran mis intenciones didácticas, lo que generó una fluidez en el diálogo y la completa honestidad de los comentarios y sugerencias, que de pronto en otro grupo no se hubiera logrado, ya que las personas se abstienen de hacer comentarios por la falta de confianza con el evaluado. Esto permitió tener un encuentro potente en la movilización de

conceptos, reflexiones y discusiones desde la Didáctica de la Física, propuesta por los otros colegas.

Otra importante reflexión del encuentro es comprender que la Didáctica de la Física no está en los libros o en la Universidad, sino que es un conocimiento vivo que aparece en el grupo de co-formación con amigos críticos. Reconocer las concepciones de los otros y sus implicaciones en las decisiones que se toman en el aula de clase, fortaleciendo la idea de que el conocimiento es una construcción y reconstrucción colectiva.

En siguientes trabajos y prácticas, se dedicará más al fenómeno físico que a los problemas de la matematización, sin preocuparse de estar metiendo elementos matemáticos, sino que en la potencia de las actividades que se planteen, las matemáticas aparecerán como algo necesario para comprender el fenómeno.

A manera de síntesis podemos comprender como un profesor de ciencias, en este caso particular del sujeto que fui yo como investigador en ese proceso de sistematización y discusión con los amigos críticos, se acerca a la didáctica de las ciencias. Podemos precisar lo siguiente:

- El proceso de formalización mostrados en la intención didáctica de la secuencia de actividades, evidenció mis concepciones minimizadas de la formalización en ciencias, se pone evidencia poner la matematización en el mismo nivel de la formalización.
- Con la reflexión teórica que nos brinda la didáctica de las ciencias y la mirada crítica y reflexiva de los amigos críticos sobre la secuencia de actividades, pude entender que el uso del lenguaje matemático y la matematización están inmerso en los procesos de formalización.

- Las matemáticas es un complemento que ayuda a comunicar y explicar los fenómenos físicos, por tanto, no debe ser un fin en la clase de física.
- Una cosa es pensar las matemáticas como un lenguaje que permite describir la naturaleza de forma apropiada, y otra muy diferente es las matemáticas como un lenguaje inscrito en los procesos de pensamiento (Ayala et al., 2007; Redish, 2006, citado por Vizcaino et al., 2015).
- Pude evidenciar mi acercamiento a la didáctica de las ciencias reconociendo los problemas en la enseñanza y aprendizaje de la física en diferentes momentos de la sistematización (ver sistematización de experiencias):
 1. En la capacidad de poder intervenir curricularmente en la toma de decisiones para resignificar un momento importante de la planeación, como es el diagnóstico.
 2. Poder identificar con claridad obstáculos epistemológicos que se presentan cuando los estudiantes se enfrentan a la relación entre las matemáticas y la física, especialmente cuando hacen procesos de modelación matemática.
 3. Poder reconocer el desequilibrio cognitivo, que se presenta con las concepciones alternativas que construyen los estudiantes al relacionar las variables en la ley de Hooke en la actividad experimental con el conocimiento científico establecido.
 4. Tomar decisiones didácticas y pedagógicas a tiempo, como fue el caso de usar simuladores virtuales para intervenir los obstáculos expresados en el inciso anterior, relacionados con la ley de Hooke.
 5. Poder interpretar las intervenciones de mis pares académicos (amigos críticos que evaluaron la secuencia didáctica), y ser autocrítico de mi praxis, me permitió reconocer las falencias en mi formación inicial y como mis concepciones permean

el diseño de las secuencias, ejemplo la cantidad de actividades relacionadas con procedimientos matemáticos en la secuencia (ver anexo A), aunque la clase es de física.

6. Pude identificar que al darle el carácter de campo de investigación a la didáctica de las ciencias nos permite reflexionar a los profesores sobre los problemas de enseñanza de la física, en mi caso de investigación, los problemas que se presentaron al relacionar las matemáticas y la física, al abordar el fenómeno los conceptos involucrados en la ley de Hooke.
7. De acuerdo a la visión y la formación Didáctica del profesor sus apuestas como maestro se ve reflejado en usar las matemáticas como un lenguaje o como una herramienta de matematización, lo cual se ve reflejado en sus materiales didácticos para la enseñanza de la física.
8. Reconocer la sistematización de experiencias como una metodología de investigación educativa, potente, emancipatoria que pone el centro la experiencia y los sujetos y sin duda aportan al mejoramiento de las prácticas pedagógicas.

Referentes

- Adúriz-Bravo, A., & Izquierdo, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Adúriz-Bravo, A., Izquierdo, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. Revista electrónica de enseñanza de las ciencias, 1(3), 130-140.*
- Amador-Rodríguez, R. (2021). Síntesis. *V Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias. Biografía.*
- Ayala, M. M. (2004). Historia de las ciencias y la formación de profesores: un análisis contextual. *Física y Cultura: cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias (7).*
- Ayala, M. M., Garzón, M., & Malagón, F. (2007). Consideraciones sobre la formalización y matematización de los fenómenos físicos. *Praxis filosófica, 25, 39-54.*
- Azam, S., & Goodnough, K. (2018). Learning Together about Culturally Relevant Science Teacher Education: Indigenizing a Science Methods Course. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education, 26(2).*
- Cachapuz, A., Praia, J., & Jorge, M. (2002). *Ciencia, educación en ciencias y enseñanzas de las ciencias.* Lisboa, Portugal: Ministerio de Educación.
- Cárdenas, Y. B., & Saavedra, R. C. (2017). Desarrollo de la competencia de indagación en Ciencias Naturales. *Educación y ciencia, 20, 27-41.*
- Castiblanco, O., & Nardi, R. (2014). Interpretando la estructura curricular de programas brasileños de Licenciatura en Física, a partir de una perspectiva epistemológica de la

- Didáctica de la Física. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 9(1), 54-70.
- Catanese Cannizzo, R. N. (2020). *Construcción y formalización del fenómeno de movimiento de los cuerpos: propuesta didáctica para su enseñanza en los cursos introductorios de Física. (Trabajo de grado, Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales)* . Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Cerda, H. (1993). *Los elementos de la investigación: como reconocerlos, diseñarlos y construirlos*. Quito: ABYA YALA.
- Fals-Borda, O. (1987). *Ciencia propia y colonialismo intelectual: los nuevos rumbos*. C. Valencia Editores.
- García Carmona, A. (2009). Investigación en didáctica de la Física: tendencias actuales e incidencia en la formación del profesorado. *Latín-American Journal of Physics Education*, 3(2), 369-375.
- Geertz, C. (1998). Ideología y cultura moderna. En J. Thompson.
- Gianella, A. (2006). Las disciplinas científicas y sus relaciones. *Anales de la educación común*, 2(3), 74-83.
- Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C., & Martínez-Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.

- Grajales Buitrago, C. A., & Ruiz Quintero, L. Á. (2018). *Uso de materiales didácticos en la formación de profesores de matemáticas de básica primaria, para la enseñanza de la representación bidimensional de poliedros: una experiencia de tutoría PTA*.
- Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior [ICFES]. (2013). *Sistema Nacional de evaluación Estandarizada de la Educación: Alineación del examen Saber 11°*. Bogotá: ICFES.
- Jara, O. (1994). *Para sistematizar experiencias*. Alforja.
- Jara, O. (2017). *La sistematización de experiencias práctica y teoría para otros mundos posibles*. Bogotá: CINDE.
- Linn, M., & Butler. (1993). *The development of rationality and critical thinking*. Merry Palmer.
- Mejía, M. R. (2008). *La sistematización empodera y produce sabe y conocimiento sobre la práctica desde la propuesta para sistematizar la experiencia de Habilidades para la vida*. Bogotá: Ediciones desde abajo.
- Moreira, M. A. (2002). Investigación en educación en ciencias: métodos cualitativos. *Actas del PIDEA*, 4(14), 25-45.
- Moshman, D. (1982). Exogenous, endogenous and dialectical constructivism. *Developmental Review*, 371-384.
- Moya Martínez, A. (2010). *Recursos didácticos en la enseñanza*.

- Ospina Ramírez, A., Tobón Cardona, E., & Aguilar Mosquera, Y. (2011). A propósito de la formalización de los fenómenos físicos: un análisis desde la perspectiva newtoniana. 5º Congreso Nacional de Enseñanza de la Física. Bogotá.
- Pessoa de Carvalho, A., & Gil Pérez, D. (2000). Dificultades para la incorporación a la enseñanza de los hallazgos de la investigación e innovación en didáctica de las ciencias. *Educación Química*, 11(2).
- Pessoa de Carvalho, A., & Gil, D. (1995). *Formação de Professores de Ciências. Tendências e inovações*. Sao Paulo: Cortez Editora.
- Ramírez, A. O., Cardona, É. T., & Mosquera, Y. A. (2011). A propósito de la formalización de los fenómenos físicos: un análisis desde la perspectiva newtoniana. *Revista Científica*, 1(13), 215-224.
- Ramos Castiblanco, W. F. (2013). *Enseñanza de la Ley de Hooke a partir de la deformación en rocas, asistido con laboratorio convencional-virtual. (Trabajo de grado, Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales)*.
- Reyes-Cárdenas, F., & Padilla, K. (2012). La indagación y la enseñanza de las ciencias. *Educación química*, 23(4), 415-421.
- Román Amarales, G. (2012). *Diseño e implementación de una secuencia didáctica en segundo año medio de enseñanza media: aplicación de herramientas matemáticas para el análisis y descripción del movimiento de un objeto mediante el concepto de fuerza neta*.
- Sanger, A. (2005). *Las fuerzas y su medición: ley de Hooke*.

- Sanmartí, N. (2002). Necesidades de formación del profesorado en función de las finalidades de la enseñanza de las ciencias. *Pensamiento Educativo, Revista de Investigación Latinoamericana (PEL)*, 30(1), 35-60.
- Tamayo, O. E. (2009). *Didáctica de las ciencias: La evolución conceptual en la enseñanza y el aprendizaje*. Centro Editorial Universidad de Caldas.
- Tapia-Segarra, I. E. (2018). Aprendizaje significativo en el estudio de la constante elástica del resorte con recursos didácticos de bajo costo. *Polo del Conocimiento*, 3(4), 162-184., 3(4), 162-184.
- Vizcaino Arévalo, D. F., & Terrazzan, E. A. (2015). Diferencias trascendentales entre matematización de la física y matematización para la enseñanza de la física. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED* (38), 95-111.

Anexos

Anexo A. Secuencia de actividades Ley de Hooke



UNIVERSIDAD DEL VALLE
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN ÉNFASIS EN ENSEÑANZA DE LAS
CIENCIAS

SECUENCIA DE ACTIVIDADES PARA LA ENSEÑANZA DE LA LEY DE HOOKE

Diseñada por Jaime Cortés

Asignatura: Física	Grado: Décimo
Unidad Didáctica: Leyes de movimiento	Tema general: Ley de Hooke
Contenidos: Masa, peso, fuerza, unidades de medida de masa y peso, pendiente de la recta, ley de Hooke, constante de elasticidad del resorte.	
Objetivos y/o finalidad: ● Reconocer los saberes previos de los estudiantes sobre las leyes del movimiento. ● Potencializar la práctica de laboratorio a través de la implementación de la indagación como competencia que aporte a la apropiación del aprendizaje del concepto de fuerza.	

Resumen de las competencias y habilidades de pensamiento involucradas en la secuencia didáctica

Competencia de ciencias Naturales: Indagación			
Conceptos Estructurantes: ● Fuerza (Física). ● Proporción (Matemáticas) ● Función lineal (Matemáticas)			
Contenido: Ley de Hooke			
Pensamiento Matemático	● Numérico ● Variacional ● Sistema de datos ● Métrico (medición de elongación del resorte)	Habilidades de Ciencias Naturales	● Explorar hechos y fenómenos. ● Analizar problemas ● Observar, recoger y organizar información relevante. ● Utilizar diferentes métodos de análisis. ● Evaluar los métodos.

			• Compartir los resultados.
Procesos Matemáticos	• Resolver • Proponer • Comunicar • Argumentar • Representar	Proceso de Ciencias Naturales	Físico
Contexto	Real e hipotético.		

Pregunta problema:

¿Cuál es el concepto de fuerza involucrado en la ley de Hooke?

Criterios de evaluación:

Se plantea las rubricas de evaluación que acompañaran el proceso evaluativo de la secuencia en todas sus fases. Permitirá aplicar los tres procesos: Heteroevaluación, coevaluación y autoevaluación.

COMPETENCIA: COGNITIVA (SABER)

CRITERIOS	BAJO (BJ)	BÁSICO (BS)	ALTO (AL)	SUPERIOR (S)	Valoración
Identifica las variables que influyen en el experimento sobre el concepto de fuerza en la ley de Hooke	No identifica y confunde las variables que influyen en el experimento	Algunas veces identifica correctamente las variables del experimento	Identifica frecuentemente las variables del experimento involucradas en la ley de Hooke	Siempre identifica correctamente las variables del experimento que involucra la ley de Hooke	
3.Relaciona la información recopilada con los datos de los experimentos y simulaciones.	No relaciona coherentemente la información recopilada en los datos del experimento y laboratorio virtual	Relaciona de manera básica la información recopilada en los datos del experimento y el laboratorio virtual	Relaciona coherentemente la información recopilada en los datos del experimento y el laboratorio virtual-	Relaciona coherentemente la información recopilada en los datos del experimento y el laboratorio virtual planteando inferencia crítica de dicha relación.	

Identifica con claridad los datos cuantitativos y cualitativos.	No identifica ni diferencia los datos cuantitativos y cualitativos de la actividad experimental sobre la ley de Hooke.	Identifica los datos cuantitativos y cualitativos de la actividad experimental sobre la ley de Hooke	Identifica con claridad los datos cuantitativos y cualitativos interpretando su diferencia	Identifica con claridad los datos cuantitativos y cualitativos argumentando la diferencia entre los dos tipos de datos.	
Comprende y analiza los conceptos físicos involucrados en la ley de Hooke.	No reconoce los conceptos físicos involucrados en la ley de Hooke	Reconoce los conceptos involucrados en la ley de Hooke	Comprende y reconoce los conceptos involucrados en la ley de Hooke	Reconoce los conceptos físicos involucrados en la ley de Hooke y los utiliza en las conclusiones del laboratorio.	
Resuelve situaciones problemas que involucran la ley de Hooke en diferentes contextos	No resuelve situaciones problemas en ningún contexto	Resuelve de manera parcial situaciones problemas en algunos contextos	Resuelve situaciones problemas en la mayoría de contextos	Resuelve situaciones problemas en todos los contextos	

COMPETENCIA: PROCEDIMENTAL o PRÁXICA (SABER HACER)

CRITERIOS	BAJO (BJ)	BÁSICO (BS)	ALTO (AL)	SUPERIOR (S)	Valoración
Registra sus observaciones y resultados utilizando esquemas, gráficos y tablas.	No registra sus observaciones y resultados utilizando esquemas, gráficos y tablas	Registra sus observaciones y resultados utilizando esquemas y tablas básicas	Organiza de manera coherente los resultados de las observaciones en esquemas y graficas claras	Registra sus observaciones y resultados proponiendo esquemas y tablas que sinteticen los valores y variables del experimento	
Participa activamente de la redacción del informe de laboratorio.	No participa de la redacción y análisis del informe de laboratorio.	Participa parcialmente de la redacción y el análisis del	Participa activamente de la redacción y el análisis del	Participa activamente de la redacción el análisis del informe de laboratorio	

		informe de laboratorio.	informe del laboratorio.	aportando ideas relevantes.	
Participa de la plenaria grupal aportando en la construcción del conocimiento científico.	No participa de la plenaria grupal	Participa de la plenaria grupal aportando ideas	Participa de la plenaria grupal planteando ideas relevantes	Participa de la plenaria grupal aportando conclusiones relevantes en la construcción de los conceptos estructurantes	
Utiliza los simuladores virtuales en los momentos de la práctica.	No utiliza los simuladores virtuales de manera apropiada.	Utiliza los simuladores virtuales de manera apropiada	Utiliza los simuladores como herramienta de aprendizaje	Utiliza los simuladores virtuales para profundizar en los conceptos.	

COMPETENCIA: ACTITUDINAL (SABER SER)

CRITERIOS	BAJO (BJ)	BÁSICO (BS)	ALTO (AL)	SUPERIOR (S)	Valoración
Cumple con las normas de seguridad en el laboratorio.	No cumple con las normas de bioseguridad en el laboratorio.	Cumple de manera parcial con las normas de bioseguridad	Cumple en su totalidad con las normas de bioseguridad	Cumple con todas las normas de bioseguridad.	
Asume con responsabilidad el cumplimiento de las actividades programadas.	No asume ninguna responsabilidad en el cumplimiento de las actividades programadas	Asume poca responsabilidad en la presentación de las actividades académicas	Es responsable en la presentación de sus actividades académicas	Es responsable y puntual en la presentación de las actividades académicas	
Muestra interés por el proceso de aprendizaje.	No evidencia interés por su proceso de aprendizaje	Presenta poco interés por su proceso de aprendizaje	Muestra interés por su proceso de aprendizaje	Muestra interés por su proceso de aprendizaje y profundiza en las actividades planteadas.	
Evidencia liderazgo compromiso en todas las actividades propuestas.	No muestra liderazgo, ni participa en ninguna de las actividades propuestas	Muestra poco liderazgo y participación en las actividades propuestas	Presenta liderazgo y participación en la mayoría de las actividades propuestas.	Es propositivo. Presenta alternativas de solución en todas las actividades propuestas.	

Fase 1: Actividad de apertura

Actividad 1

Práctica experimental: Ley de Hooke (120 minutos).

Objetivo: Indagar sobre la relación entre el peso, el alargamiento y la constante de elasticidad del resorte a la luz de la toma de datos en el laboratorio.

Esta primera fase de apertura tiene como propósito, que el estudiante tenga una participación activa de su proceso de aprendizaje, a través de una actividad experimental que le permita explorar de manera directa las variables de un experimento, la toma de datos, y que lo acerque a reflexiones sobre cómo los científicos desarrollan la actividad científica.

 COLEGIO BERCHMANS COLEGIO BERCHMANS FUNDACIÓN BERCHMANS	Guía No.1 Concepto de Fuerza		septiembre			
ÁREA:	CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL – FÍSICA.	GRADO:	DÉCIMO A B C D			
TEMA:	Ley de Hooke.					
PROFESOR:	JAIME CORTES.					

Antes de empezar la práctica se les entrega a los estudiantes la guía inicial de laboratorio para que se familiaricen con la práctica y como evidencia deben presentar un mapa conceptual de la práctica. A continuación, se anexa guía # 1.

INTRODUCCIÓN:

La siguiente guía diseñada a través de la metodología de indagación tiene como propósito fortalecer las competencias del área de física e incentivar la capacidad investigativa de los como

puede para un aprendizaje significativo, por eso es necesario que aprovechando las actividades experimentales, vayas reflexionando sobre las variables involucradas en la toma de datos del experimento y hacerte preguntas a la luz del procedimiento, plantear hipótesis, contrastar datos, esto te ayudará a ir consolidando un aprendizaje significativo.

Previamente leer:

- **El manual de utilización de los laboratorios.** WEB del Colegio – Mi colegio - Documentos. <https://berchmans.edu.co/>
- **Las hojas seguridad de los reactivos.** Aula virtual - laboratorio de ciencias naturales 2019-2020. <https://aulavirtual.berchmans.edu.co>
- **Operaciones básicas del laboratorio.** Aula virtual - laboratorio de ciencias naturales 2019-2020. <https://aulavirtual.berchmans.edu.co>

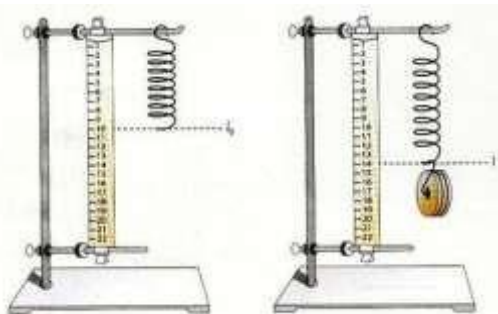
El día de la experiencia de laboratorio, llevar los implementos de bioseguridad: **bata blanca de manga larga, gafas transparentes y guantes de nitrilo**. Sin estos implementos no podré ingresar al laboratorio, ni participar de la práctica.

Materiales:

Soporte universal, resortes, regla, pesas, balanzas.

Procedimiento:

1. En el soporte universal coloco el resorte mido su longitud natural. Anoto el resultado
2. Coloco la pesa de 50 gr sobre el resorte mido la longitud de estiramiento.
3. Repito el procedimiento para 100gr, 150gr, 200gr y 250gr. Anoto los resultados.
4. Convierto los pesos en newton y anoto los valores en la tabla. 1gr-f equivale (0,0098 Newton).
5. Comparé la variación del peso en (g-f) con la variación de la longitud del resorte.
6. Repito los procedimientos anteriores para los otros dos resortes



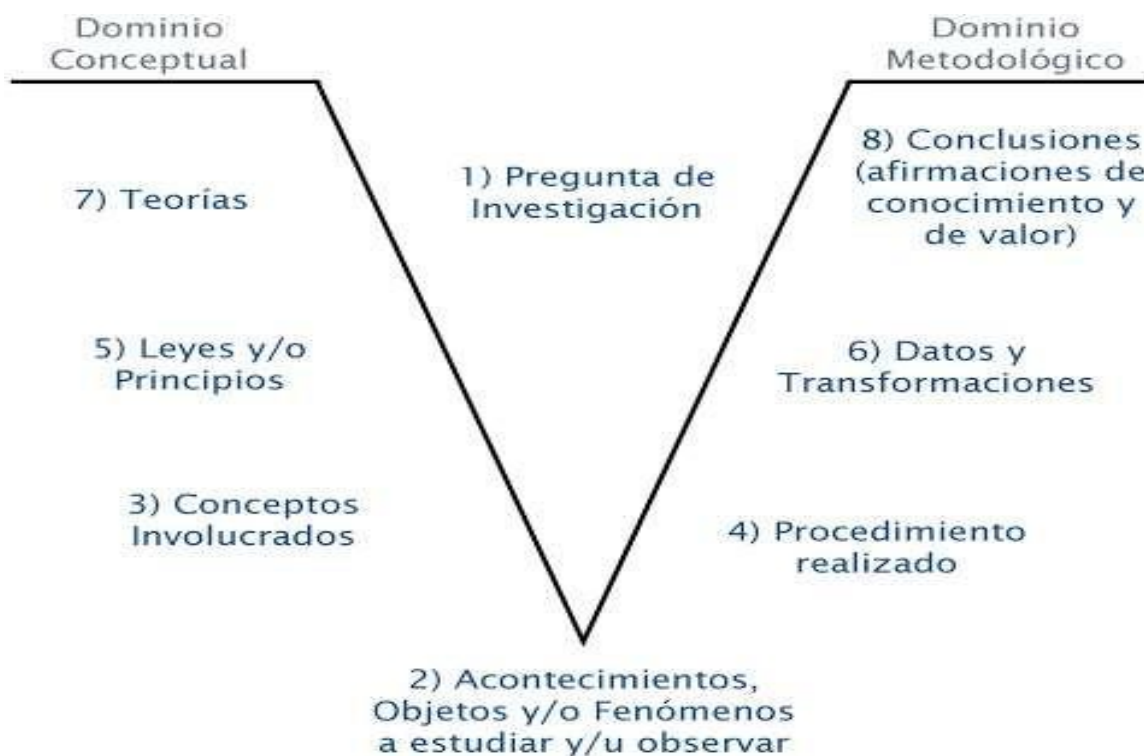
$$F = k \cdot \Delta l \rightarrow \Delta l = \frac{F}{k}$$

Masa (kg)	Peso (N)	Fuerza aplicada (N)	Alargamiento (cm)
0	0	0	0
0,040	0,39	0,39	0,78
0,080	0,78	0,78	1,56
0,120	1,18	1,18	2,36
0,160	1,57	1,57	3,14
0,200	1,96	1,96	3,92

Actividad 2: Construcción del informe y análisis de resultados. (120 minutos)

Objetivo: Indagar a través de una propuesta de informe, los conceptos que subyacen en la ley de Hooke

Luego de la actividad experimental, los estudiantes por los grupos previamente seleccionados empezaran a organizar el informe de laboratorio utilizando el modelo V de Gowin.



- Con este modelo contextualizado, se presenta la continuación de la guía el cual sirve como direccionamiento del trabajo en grupo (**ver anexo**). En el anexo deben ir consignando la respuesta a las preguntas y los pedidos puntuales
- Cada grupo debe traer un computador portátil donde irá consignando el informe, además de traer instalado el programa de GeoGebra.
- Entregar al profesor los avances del informe.

Anexo Guía

GRUPO No. _____

INTEGRANTES DEL GRUPO: En el siguiente esquema registro la presentación oportuna de materiales y demás responsabilidades para el desarrollo de la práctica.

ESTUDIANTES	ASISTENCIA	BATA	COMPORTAMIENTO	DESEMPEÑO EN LAS ACTIVIDADES	APORTE ACADÉMICO	APROPIACIÓN DE CONCEPTOS	OBSERVACIONES

MONITOR(a): _____

Aspectos a tener en cuenta para un buen desempeño en el trabajo en grupo:

1. No repartirse el trabajo. Discutir y construir las respuestas con el aporte de todos los integrantes. Todos deben ir consignando en su carpeta lo trabajado en el grupo. No se recibirán hojas anexas.

2. Hacer el esfuerzo de comprender la consigna antes de solicitar explicaciones.

3. Los celulares deberán estar guardados.

4. TODOS LOS INTEGRANTES DEBEN REGISTRAR EN SU CARPETA EXCEPTO EL MONITOR (A)

Pregunta Problema:

¿Cuál es el concepto de fuerza involucrado en la ley de Hooke? (La respuesta debe responderse en las conclusiones finales).

A continuación, les planteamos dos preguntas que se proponen como dinamizador del proceso de análisis del informe.

1. De acuerdo a la experiencia, ¿cómo se construye un dinamómetro?
2. ¿Que miden las balanzas tradicionales masa o peso?
3. Escriba el procedimiento llevado en el laboratorio para la toma de datos. (Anexo los datos obtenidos).

4. Si el nombre del laboratorio se denomina “Concepto de fuerza” a manera de hipótesis plantea: **¿Cuál crees que es el objetivo de la práctica?**

5. Plantea una tabla para organizar las variables y los resultados obtenidos. Con tu grupo deben proponer un modelo que recoja coherentemente los datos obtenidos para los tres resortes.

--

6. Compare la variación del peso en (g-f) con la variación de la longitud del resorte.

7. Realice una gráfica que relacione el peso vs el alargamiento del resorte y el alargamiento vs el peso. Compare las dos gráficas, bajo la experiencia en el laboratorio. ¿Cuál sería la gráfica más coherente? Discútelo con tu grupo

(Anexar la ya hecha).

8. Calcule la pendiente de la recta y la ecuación de la recta, de acuerdo con la gráfica escogida anteriormente.

--

9. Con la explicación dada en GeoGebra, construya la gráfica y encuentre la ecuación de las rectas. Anexe la construcción.
10. Compare las gráficas a lápiz y papel con la construida en GeoGebra, y escriba sus apreciaciones. ¿qué ventajas o desventajas se tiene al utilizar GeoGebra? ¿Qué significado tiene la relación de las variables en la gráfica?
11. Utilizando la ecuación de la ley de Hooke. Halle la constante de elasticidad de los resortes para la gráfica: Alargamiento vs Peso.
12. ¿Qué relación encuentra entre la pendiente de la recta de las gráficas y la constante de elasticidad del resorte?



13. Qué aspectos relevantes a manera de conclusiones pueden destacar con el análisis anterior.

Momento 3: Experiencia del laboratorio virtual. (120 minutos).

- Con el mismo grupo de trabajo del laboratorio descargar el siguiente link <http://labovirtual.blogspot.com.co/search/label/Ley%20de%20Hooke>, realiza el laboratorio propuesto y dibuja las gráficas de cada resorte.
- Compara el resultado para las masas de 100gr y 200 gr con los resultados obtenidos en el laboratorio. Saca conclusiones.
- Calcula el margen de error para dichos resultados.
- Compara las dos prácticas y destaca aspectos relevantes

Evaluación de la fase 1:

Con la ayuda de los criterios de evaluación planteados en la rúbrica inicial se planteará un proceso de coevaluación del desempeño de los estudiantes en los dos momentos, la experiencia

real y la virtual, además de valorar el desempeño significativo en la práctica y el análisis de resultados

Fase 2: Tiempo estimado 4 horas de clase (240 minutos).

Objetivo: Establecer conexión entre las ideas previas y el conocimiento científico a la luz de la experiencia en el laboratorio.

Actividad 1.

- En plenaria grupal cada grupo expondrá las conclusiones de su informe de laboratorio
- Los demás grupos podrán preguntar o refutar las ideas de sus compañeros dando sus respectivos argumentos, el moderador será el docente.
- Se escogerá un estudiante que recoja las ideas principales y convergentes de la plenaria.

Actividad 2.

- Con el aporte de cada grupo y apoyado con el simulador de la práctica virtual se introducen los conceptos relacionados con la ley de Hooke aprovechando la discusión planteada en la plenaria, se aclaran dudas y se introduce los conceptos involucrados en la ley de Hooke.

Actividad 3:

- Se plantea una clase magistral donde se introduce el concepto de fuerza y las leyes del movimiento, en este momento nos apoyaremos con los simuladores virtuales de Simulaciones PHET Colorado <https://phet.colorado.edu/es/simulation/hookes-law>, el cual nos permita explicar la relación que hay entre el alargamiento del resorte, la fuerza elástica recuperadora y la constante de elasticidad del resorte.

Evaluación de la fase.

Esta fase se evaluará haciendo seguimiento por observación directa de la participación de los estudiantes, la calidad de los argumentos donde se evidencie la apropiación de los conceptos en la fase experimental, apoyados de la rúbrica de evaluación

Fase 3. Cierre

Tiempo estimado: 120 minutos.

Objetivo: Corroborar a través de las pruebas estandarizadas el grado de apropiación de los conceptos involucrados en la ley de Hooke y el impacto de la actividad experimental.

Actividad 1.

Antes de presentar las pruebas estandarizadas y con ayuda del informe entregado por grupo, se propondrá que los estudiantes planteen un texto resumen que recoja de manera coherente y organizada la información relevante obtenida y registrada en el proceso, las ideas y conceptos relevantes de toda la actividad. Se puede sugerir un modelo bitácora o diario.

Actividad 2.

Se plantea a los estudiantes una prueba escrita, con preguntas seleccionadas y diseñadas que puedan servir como evidencia para la apropiación de los conceptos involucrados en todo el proceso de la secuencia didáctica, desde la experimentación hasta la plenaria grupal.

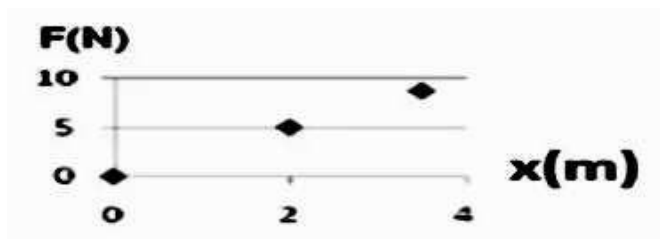
En las siguientes preguntas de selección múltiple con única respuesta el estudiante debe justificar la respuesta seleccionada a la luz de los conceptos apropiados en la actividad experimental.

Ejemplos de preguntas

❖ **OBSERVA EL SIGUIENTE GRÁFICO Y CONTESTA LAS PREGUNTAS DEL 1 AL 3**

El gráfico que representa la fuerza

aplicada sobre un resorte vs la elongación.



1. La relación entre la fuerza y la elongación del resorte es:

- A. Inversamente proporcional B. Directamente proporcional
C. Constante D. Decreciente.

2. El valor de la constante elástica en N/m es aproximadamente:

- A. 0,4 B. 3,5 C. 5 D. 2,5

3. ¿Para qué valor aproximado de la fuerza en N, la elongación del resorte es 2,5 m?

- A. 1 B. 6,3 C. 2,5 D. 2

❖ La ley de Hooke se puede expresar como $F = -kx$. ¿Qué representa el signo menos?

- A. Que la fuerza elástica es negativa.
B. Que la elongación del resorte es negativa.
C. Que la constante elástica del resorte es negativa.

D. Que el sentido de la fuerza elástica es opuesto al sentido en que se deforma el resorte.

- ❖ De dos dinamómetros iguales cuelga un cuerpo de masa 20 kg, como se muestra en la figura. La lectura de cada dinamómetro es:
A. 200 N. B. 20 N C. 10 N D. 100 N



- ❖ Dos resortes tienen constantes elásticas K_1 y K_2 , K_2 es el doble de K_1 y la longitud natural es la misma para ambos, si se necesita estirar la misma longitud ambos resortes lo correcto sería:

- A. Aplicarle las mismas fuerzas, ya que tienen la misma longitud inicial
- A. Al resorte uno hay que hacerle el doble de fuerza del resorte dos.
- B. Al resorte 1 hay que hacerle la mitad de la fuerza del resorte dos
- C. Cambiar la longitud natural del resorte dos.
- D. Ninguna de las anteriores.

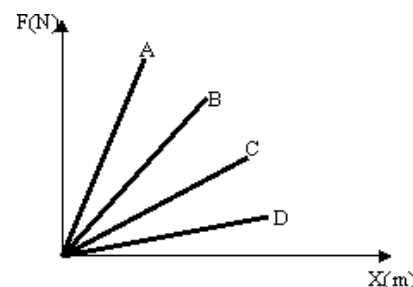


- ❖ De acuerdo a la experiencia del laboratorio, cuál de las siguientes variables serían las “**Principales**” para calibrar un dinamómetro.

- A. La masa, el peso y el alargamiento
- B. La masa, la longitud natural y el alargamiento.
- C. La masa, la longitud natural y la constante de elasticidad.
- D. El peso, la longitud final y la constante de elasticidad

- ❖ La Ley de Hooke fue propuesta por el científico Inglés Robert Hooke y su relación matemática fue:

$F = -KX$, donde K es una constante de proporcionalidad, distinta para cada resorte y que se denomina constante elástica. En la gráfica F vs. X (deformación del resorte) la K es el valor de la pendiente de la recta. En la figura se puede constatar que se trata de un resorte que se puede deformar con la menor dificultad el:



1. A
2. B.
3. C.
- 4 D

Bibliografía:

Barraza, A (2020); Modelo de secuencias didácticas, México

Coll, C. (2008). Aprender y enseñar con las TIC: expectativas, realidad y potencialidades. En R. Carneiro, J. C. Toscano, & T. Díaz, *Los desafíos de las TIC para el cambio educativo* (págs. 113-126). Madrid: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI).

Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. En F. J. Perales Palacios, & P. Cañal de León, *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias* (págs. 241-264). Marfil.

MM Ayala, (2007); consideraciones sobre la formalización y matematización de los fenómenos físicos

ÁE Romero Chacón; 2014; La experimentación y el desarrollo del pensamiento físico.

García, E (1997). FÍSICA I. Editorial Santillana. 20ª EDICIÓN

MEN. (2004). Lineamientos Curriculares y Estándares Básicos de Ciencias Naturales

Webgrafía

Laboratorio virtual física, Salvador Hurtado. <https://phet.colorado.edu/es/simulation/hookes-law>

<https://labovirtual.blogspot.com/search/label/Ley%20de%20Hooke>

Anexo B. Resumen Excel, de las categorías de análisis y códigos del encuentro de amigos críticos (enlace Drive:

<https://drive.google.com/drive/folders/1n23dKuDfLCdsiQJcDwWywEi8ho9AXKv6>)

Anexo C. Video del encuentro con amigos críticos (enlace Drive):

<https://drive.google.com/drive/folders/1n23dKuDfLCdsiQJcDwWywEi8ho9AXKv6>

Anexo D. Sistematización del encuentro y análisis encuentro de la evaluación de la secuencia, programa Atlas.ti (enlace Drive).

<https://drive.google.com/drive/folders/1n23dKuDfLCdsiQJcDwWywEi8ho9AXKv6>

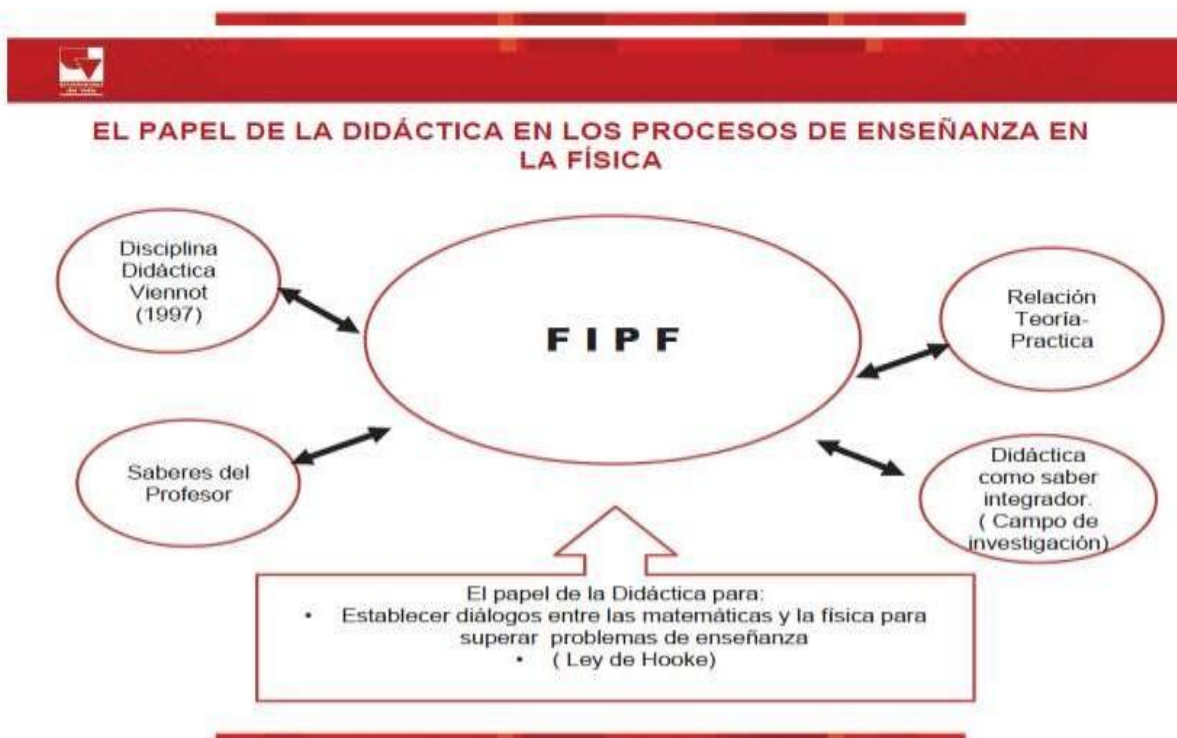
Anexo E. Powert Point. con las preguntas como se organizó el debate

APROXIMACIONES DE UN PROFESOR DE FÍSICA A LA DIDÁCTICA DE LA FÍSICA: ESTABLECIENDO DIÁLOGOS ENTRE LA FÍSICA Y LAS MATEMÁTICAS EN LA ENSEÑANZA DE LA LEY DE HOOKE.

Estudiante: Jaime Cortés.
Código: 1703609



¿Cómo se acerca un profesor de Física a la Didáctica de la Física para plantear diálogos entre la Física y las matemáticas para la enseñanza de la ley de Hooke?





METODOLOGÍA Y ACUERDOS

Objetivo: Tener un ejercicio dialógico entre pares académicos de valoración de una secuencia didáctica para la enseñanza de la ley de Hooke. Es un espacio que nos invita a una construcción colectiva y reflexión sobre nuestras prácticas donde al final planteamos una propuestas para el mejoramiento de la enseñanza de la física.

No es una evaluación hacia el que diseñó la guía o al cómo se desarrollará o desarrolló.

Acuerdos-

- La cámara encendida para vernos entre todos
- Se pueden hacer interpelaciones entre los participantes.
- La idea es que nuestras intervenciones no sean muy largas para que todos podamos participar y escucharnos

Otros? Cuáles?



PREVIAMENTE A ESTE ENCUENTRO

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSc40DFLIII8BN2vuezLGPh2uNKnoKYwcaustHPCEmLLdU08Sw/viewform?usp=sf_link

DIÁLOGO ENTRE PARES: VALORANDO UNA SECUENCIA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA LEY DE HOOKE EN 10°.

Este formulario tiene como objetivo recoger información personal de los participantes relevante para la investigación titulada "APROXIMACIONES DE UN PROFESOR A LA DIDÁCTICA DE LA FÍSICA: ESTABLECIENDO DIÁLOGOS ENTRE LA FÍSICA Y LAS MATEMÁTICAS EN LA ENSEÑANZA DE LA LEY DE HOOKE" y presentar una rúbrica para evaluar algunos aspectos generales de la secuencia didáctica que constituye el objeto de diálogo. Tanto las grabaciones, notas, documentos y datos recogidos solo serán usados con fines académicos y manteniendo en sigilo la identidad de las y los participantes. Nos comprometemos a dar todas las informaciones y aclaraciones necesarias sobre la participación en esta actividad. Desde ya agradecemos la participación y colaboración en esta investigación.

Correo *

Correo válido

Este formulario registra los correos. [Cambiar configuración](#)

Nombre completo *

Texto de respuesta corta



PREGUNTAS ORIENTADORAS.

Desde sus contextos e intereses, ¿Qué mantendrían, cambiarían o agregarían a la secuencia para la enseñanza de la Ley de Hooke y por qué?



- Una de las dificultades cuando se enseña física que he podido recoger desde mi práctica, es que los profesores de Física dedicamos mucho tiempo y energía en la modelación matemática y nos olvidamos de los fenómenos físicos, por tanto el diseño de la secuencia buscó hacer un uso racional de las matemáticas y enfocar en el fenómeno físico ¿la secuencia didáctica logra cumplir este propósito?



¿Qué actividades adicionales a las que hacemos cotidianamente en nuestro ejercicio pedagógico deberíamos agregar con el propósito de abordar el problema de la relación física - matemáticas?

¿Qué significa que las matemáticas sea un lenguaje para la física?



- Les agradecemos su participación, disposición y tiempo para participar de esta investigación.

Anexo F. Plan de periodo



COLEGIO BERCHMANS

Fecha: 25 DE AGOSTO DE 2016- 18 DE NOVIEMBRE DE 2017

Área: Física Profesor: Jaime Cortés

Grado Décimo

HORIZONTE DE SENTIDO DE GRADO:

Interiorizo valores y saberes fundamentales que permitan auto regularme y avanzar en mi proyecto de vida

PROCESO DEL ÁREA: El desarrollo del pensamiento científico para comprender, preservar y transformar la naturaleza			
ESTRUCTURA CONCEPTUAL	ESTANDARÉS DE DESEMPEÑO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	MATERIALES DE LA ENSEÑANZA
UNIDAD 1: LEYES DEL MOVIMIENTO. 1.1 Fuerza y cantidad de movimiento. 1.2 Leyes de Newton. 1.3 Momento de torsión 1.4 Aplicaciones de las leyes de Newton	ESTANDAR DE DESEMPEÑO 1 (25%) Establece relaciones entre las diferentes fuerzas que actúan sobre los cuerpos en diferentes contextos.	CRITERIOS DE EVALUACION. Modela matemáticamente el movimiento de objetos cotidianos a partir de las fuerzas que actúan sobre ellos. Establece relaciones entre las diferentes fuerzas que actúan en la naturaleza y la consecuencia que producen en los cuerpos. Identifica las posturas que diferencian las tres leyes de Newton. Explica el comportamiento de fluidos en movimiento y en reposo. Explica aplicaciones tecnológicas del modelo de mecánica de fluidos.	Guía No. 1 Ley de Hooke Conferencia No.1 Leyes de Newton.
UNIDAD 2: MECÁNICA DE FLUIDOS. 2.1 Definición de fluido 2.2 Densidad y presión 2.4 Principio de Arquímedes. 2.5 Principio de Pascal. 2.6 Principio de Bernoulli.	ESTANDAR DE DESEMPEÑO 2 (25%) Argumenta hipótesis deductivas, utilizando las leyes de Newton en diferentes contextos.	Formula hipótesis deductivas con base al conocimiento cotidiano y lo referentes teóricos de la mecánica Newtoniana. Identifica las variables que influyen en el experimento sobre la ley Hooke. Registra sus observaciones y resultados utilizando esquemas, gráficos y tablas. Relaciona la información recopilada con los datos de los experimentos y simulaciones. Comunica el proceso de indagación y los resultados, utilizando gráficas, tablas y ecuaciones. El día de la práctica de laboratorio presenta el diagrama de flujo, llega puntualmente, utiliza sus elementos de bioseguridad.	Taller No. 1 Aplicaciones Leyes de Newton Conferencia No. 2 Mecánica de Fluidos Guía No. 2 Principio de Arquímedes Taller No. 3 Mecánica de Fluidos Conferencia No. 3 Impacto ambiental de los fluidos hidráulicos.

	ESTANDAR DE DESEMPEÑO 3 (25%) Aplica las leyes de newton para resolver situaciones problemas en diferentes contextos ESTANDAR DE DESEMPEÑO 4 (25%) Identifica el impacto ambiental de la utilización de fluidos hidráulicos en procesos de transformación de la energía en actividades industriales.	Escucha activamente a sus compañeros y compañeras, reconoce otros puntos de vista, los compara con los suyos y puede modificar lo que piensa ante argumentos más sólidos Resuelve situaciones problemas que involucran las leyes de newton en contextos de equilibrio mecánico, movimientos con aceleración constante y torque. Resuelve situaciones problemas que involucran las fuerzas en fluidos en contexto de reposo y movimiento. Investiga y analiza sobre el impacto ambiental de los fluidos hidráulicos. Expone una postura crítica y reflexiva sobre el impacto social y ambiental que genera el uso y transformaciones de la energía en las diferentes actividades humanas. <u>INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN</u> • Evaluaciones. • Talleres evaluativos. • Actividad experimental • Practica de laboratorio. • Trabajo personal. • Puestas en común • Exposiciones.	
--	--	--	--

**Anexo G. Video encuentro de prueba piloto para evaluar secuencia de actividades
(en lace Drive)**

<https://drive.google.com/drive/folders/1n23dKuDfLCdsiQJcDwWywEi8ho9AXKv6>

Anexo H. Fotos y videos, evidencias del trabajo de los estudiantes con relación a la secuencia. (enlace Drive)