UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN
PROYECTO CURRICULAR DE LICENCIATURA EN FÍSICA

DISCURSOS SOBRE MATEMATIZACIÓN DE LA FÍSICA EN ESTUDIANTES DE DIDÁCTICA DE LA FÍSICA: ESTUDIO DE CASO

Wilmer Ferney Pérez Cubillos

(20112135062)

Trabajo de Grado en la modalidad de investigación para optar al título de Licenciado en Física, dirigido por la Dra.

Olga Lucia Castiblanco Abril

Bogotá, D.C.

2019

Índice de Tablas

Tabla 1. *Tabla de relación de revistas consultadas en el tema de matematización de la física*……..…….....***9***

Tabla 2.*Tabla en la que se consignan los datos obtenidos en la categorización y tratamiento de los datos* ……***23***

Tabla 3: *Tabla en la que se consignan los datos obtenidos en la categorización y tratamiento de los datos* ……***24***

Tabla 4: *Tabla en la que se consignan los datos obtenidos en la categorización y tratamiento de los datos* ……***25***

Tabla 5: *En esta tabla se extrae la información obtenida de manera global con ayuda del atlas-ti*……..***26***

Índice de Gráficas

Gráfica 1: *Gráfica que ilustra la ocurrencia de los episodios que hacen parte de los indicadores para la categoría matematización* ……***22***

Gráfica 2: *Comparativo entre los diferentes indicadores de la categoría matematización a partir de procesos físico-matemáticos*……***24***

Gráfica 3*: se muestra el número de episodios relacionada con cada indicador de la categoría matematización como complemento del estudio fenomenológico* ……..***26***

Gráfica 4: Comparativo del *número de episodios en cada una de las categorías*……***27***

Contenido

RESUMEN 4
INTRODUCCIÓN 6
1. Problematización 7
1.1 Planteamiento del problema 7
1.2 Justificación 7
1.3 Objetivos 8
1.3.1 Objetivo general 8
1.3.2 Objetivos específicos: 8
2. Antecedentes 8
3. Marco de referencia 10
3.1 Matematización de la física 10
3.1.1Explicación y lenguaje en la matematización de la física 11
3.1.2 Matematización de la física en la enseñanza de la física 11
3.2.1 Didáctica de la física 15
4 Metodología de investigación 19
4.1 Método investigativo 19
4.2 Método de inserción en el aula 20
4.3 Toma de datos 20
5 Análisis de datos y resultados 25
6 Conclusiones 50
7 Otras consideraciones 51
Referencias Bibliográficas 52
ANEXOS 53
Anexos sobre los reportes obtenidos a través de Atlas Ti 7 55

RESUMEN

Nuestro principal objetivo fue identificar la presencia de ideas de matematización de la física en la enseñanza de la física, expresadas por estudiantes de didáctica de la física, cuando reflexionan sobre historia, filosofía y epistemología de la física. Desarrollamos un estudio de caso en el contexto de un seminario de Didáctica de la física de una universidad pública de Bogotá. Fue una investigación cualitativa basada en la observación no participante durante todas las sesiones del semestre. Adicionalmente analizamos los materiales escritos producidos por los estudiantes. Para estudiar el texto elaborado aplicamos técnicas de análisis de contenido con la ayuda del software de Atlas-ti 7. Respecto a los significados de la matematización de la física que tienen estos futuros profesores, podemos decir que en los discursos de este grupo de estudiantes se presentan tres categorías de matematización en la enseñanza de la física de la siguiente manera: 22,3% relacionadas con el Modelaje Matemático, basado principalmente en el uso de ecuaciones; 2,17% relacionados con Procesos Físico-Matemáticos, es decir, formulación y corroboración de hipótesis; y el 75,2% relacionadas con abordajes fenomenológicos para luego sintetizar en un modelo matemático. Es decir, que cuando hablan de la física desde la historia, filosofía y epistemología prima el análisis fenomenológico, en menor medida acuden a modelos matemáticos y con muy poca presencia desarrollan procesos que simultáneamente asocien el sentido físico de las ecuaciones con la caracterización del fenómeno.

Palabras clave: Didáctica de la física. Matematización en la enseñanza de la física. Interdisciplinariedad, Historia, Filosofía y Epistemología.

ABSTRACT

Our main objective was to identify the presence of ideas about mathematization of physics in physics teaching, expressed by future teachers, when they reflect on history, philosophy and epistemology of physics. We developed a case study in the context of a Didactics of Physics seminar at a public university, in Bogotá. It was a qualitative research based on non-participant observation during 60 lessons. Additionally, we analyze the written materials produced by students. To study the elaborated text, we applied content analysis techniques based on Atlas-ti 7 software. We can conclude that in the speeches of this group of students they present three categories of mathematization in the teaching of physics as follows: 22.3% related to Mathematical Modeling, based mainly on the use of equations; 2.17% related to Physical-Mathematical Processes, that is, formulation and corroboration of hypothesis; and 75.2% carried out with phenomenological approaches and then synthesized in a mathematical model. That is, when they talk about physics from history, philosophy and epistemology, the phenomenological analysis prevails, to a lesser extent they go to mathematical models and with few presences, they develop processes that simultaneously associate the physical sense of the equations with the characterization of the phenomenon.

Keywords: Didactics of physics, the mathematization of physics, mathematization in the teaching of physics, mathematization, interdisciplinarity, History, Philosophy and epistemology.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se desarrolló en el marco del seminario de didáctica de la física I, de un programa de formación inicial de profesores. Este espacio académico se basa en el desarrollo de la didáctica de la física, en donde se busca que los estudiantes (re)conozcan el dominio que tienen de la física al momento de explicarla. Para ello, se desarrollan ejercicios de tipo metacognitivo sobre historia, filosofía y epistemología de la física, dadas las oportunidades que ofrecen estas disciplinas para estudiar los contenidos de la física desde perspectivas alternativas al mero manejo de ecuaciones para resolver problemas de lápiz y papel. Así, partimos de una visión de la didáctica de la física como un área que trabaja sobre la interdisciplinariedad necesaria para el tratamiento de la física en el ámbito de la enseñanza.

Lo que se hace en el presente trabajo, es analizar el nivel de presencia en los discursos de los estudiantes, de ideas sobre procesos matemáticos o de matematización de la física. Se busca indagar de qué modo hacen parte del lenguaje del futuro profesor, especialmente cuando enfrentan ejercicios de reflexión sobre su conocimiento en general de la disciplina.

Desarrollamos un estudio de caso, en donde los sujetos a estudiar serán los estudiantes que participan del seminario y que por la misma estructura del curso permite que los estudiantes se expresen con cierta libertad en formatos no convencionales, lo cual para ellos es en sí mismo novedoso, dado que en la gran mayoría de los cursos a los que asisten, la participación en clase está determinada por patrones de conducta tradicionales. Por ello se puede constituir en un caso, que podría brindar información relevante acerca de la manera como los estudiantes piensan espontáneamente sobre la matematización, cuando se ven enfrentados a esta clase de discusiones.

Para analizar las ideas de los estudiantes, tomamos como principal referencial teórico la tesis de Vizcaíno (2013), quien defiende que los procesos de matematización en la física son epistemológicamente diferentes a los procesos de matematización en la enseñanza de la física, pues las maneras de matematizar en la enseñanza de la física deben responder a las necesidades propias de quien quiere o debe aprender la física. En cambio las maneras de matematizar de la física han respondido a una necesidad propia de desarrollo de la ciencia y de los contextos donde se ha desarrollado, pero adicionalmente, presenta el resultado de indagar en la literatura académica sobre diferentes formas de entender o de asumir los procesos de matematización en la enseñanza de la física.

Este trabajo se enfocará específicamente en el estudio de los procesos de matematización para la enseñanza de la física que según este autor, se presentan en al menos tres maneras, los cuales fueron el insumo para la elaboración de la rejilla de observación de las clases mediante la cual se tomaron los datos.

1. Problematización

1.1 Planteamiento del problema

El aprendizaje de la didáctica de la física, es una componente fundamental en la formación de docentes de física y requiere de un tratamiento multidimensional e interdisciplinar, en donde conocimientos de diferentes disciplinas ayudan a solucionar y ampliar la comprensión de lo que significa resolver problemas de enseñanza y aprendizaje de la física. En este marco la matematización de la física es un tópico relevante dado que es allí precisamente en donde se instala la enseñanza tradicional de la física y frente a lo cual se quieren generar nuevas perspectivas. Esto ha llevado a formular la siguiente pregunta problema; ¿Cómo los estudiantes de licenciatura en física asumen la matematización en la enseñanza de la física cuando reflexionan sobre la física que saben?

1.2 Justificación

En el contexto del desarrollo de la formación de profesores, la didáctica ha querido tomar un papel fundamental para los estudiantes que se forman para su futuro desempeño laboral. En la preparación recibida a lo largo de sus carreras, han recibido diferentes conocimientos de las ciencias exactas y ciencias humanas, la idea de los diferentes espacios de didáctica planteados es que estos conocimientos se interrelacionen de tal manera que sirvan para aumentar las capacidades y habilidades para enseñar la física o la ciencia en diversas condiciones, diversas realidades, y con los materiales a los que se tenga acceso.

La matematización de la física en ámbitos de enseñanza de la física es diferente a la matematización a lo largo del desarrollo de la física, aunque están interconectados, pero en esencia responden a necesidades diferentes. De acuerdo con (Vizcaíno, 2013), la manera en la que es entendida la relación entre física y matemática en la manera como esta se ha desarrollado en la historia, difiere de la manera en la que esta relación es abordada en el ámbito escolar. La literatura que presenta resultados de investigación en las formas de tratar la matematización en la enseñanza de la física, ofrece al menos tres maneras de entenderla que pueden potenciar la física que se enseña y de esa manera tratar de mejorar los métodos con los que se enseña.

Ahora con lo dicho anteriormente y para tener más claro la manera en la que se relaciona la matematización y la didáctica en los procesos de enseñanza se ha venido adelantando investigación en este campo. Pues al construir las bases teóricas para entender con mayor

claridad la relación que existe entre la matematización de la física y la didáctica de la física,, se puede pensar que se puede avanzar otro tanto en la consolidación de los saberes que vienen a participar de manera interdisciplinar en el problema de la enseñanza de la física. Pues según (Nardi & Castiblanco, 2014) la interdisciplinariedad en esencia busca, estudiar cada vez más la interrelación del conocimiento de disciplinas como la filosofía, Historia, epistemología, lenguaje, etc., para el enriquecimiento de nuevos perspectivas docentes en la formación de los futuros profesores.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

El objetivo de este trabajo es identificar la presencia de ideas de matematización de la física para la enseñanza, en los discursos de los estudiantes de didáctica de la física, cuando reflexionan sobre historia, filosofía y epistemología de la física.

1.3.2 Objetivos específicos:

- Aportar en la comprensión del significado de la matematización en la enseñanza de la didáctica de la física.
- Identificar la preferencia del uso de las diferentes maneras de matematizar y su relación con los diferentes discursos y maneras de entender la física.
- Dejar planteada la necesidad de ampliar la interdisciplinariedad de la didáctica de la física de forma que incluya ejercicios sobre matematización en la enseñanza de la física.

2. Antecedentes

Se hizo una búsqueda de material publicado en los últimos cinco años, sobre la matematización en la enseñanza de la física, con las palabras clave: pensamiento fisicomatemático. Formación de profesores. Enseñanza de la física (matemáticas). Fisicomatématica. Didáctica de la física, la matematización de la física, matematización en la enseñanza de la física, matematización, en las siguientes revistas, las cuales presentamos discriminadas por país.

País	Nombre revista
Colombia	Tecné Episteme y Didaxis TED
	Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias La Revista de Enseñanza de la Física
Argentina	Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias
Brasil	Ciência e Educação
	Caderno Brasileiro de Ensino de Física
	Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências
España	Enseñanza de las ciencias (revista de investigación y experiencias didácticas)
Europeas	Physical review physics education research
	International Journal of Science Education

Tabla1. *Tabla de relación de revistas consultadas en el tema de matematización de la física.*

Fuente: los autores

Obteniendo como resultado los siguientes artículos en donde se tratan temas relacionados a la temática. Sin embargo, es importante notar que en estas revistas, que representan una visión global del ámbito iberoamericano, no se encontraron trabajos relacionados con la temática específica de la comprensión de la matematización de la física en la enseñanza, durante los últimos cinco años, lo cual lleva a pensar en que se hace necesario profundizar en este tema. Se encontraron dos artículos que son de los autores tomados como referenciales para este trabajo.

Titulo	**Diferencias trascendentales entre matematización de la física y matematización para la enseñanza de la física**
Tipo	Articulo
Autor	*Diego Fabián Vizcaíno Arévalo, Eduardo Adolfo Terrazzan*
Descripción	En este artículo se expone la diferencia entre la matematización a lo largo de la historia de la física y la matematización en la enseñanza de la física; pues aunque juntas se relacionan en este artículo se afirma y se destaca que no son lo mismo, pues la matematización a lo largo de la historia de la física ha sido importante en sus avances y es parte fundamental en el entendimiento de las teorías surgidas a lo largo de la historia, y por otra parte en la enseñanza la relación entre física y matemática es algo un poco diferente pues debe tener en cuenta su objetivo que es servir de lenguaje y a la vez de ser orientación para que los estudiantes generen sus propias asociaciones y sus propios procesos de matematización por tanto se hace esta distinción en el texto, y termina con la reflexión que a grandes rasgos defiende que la matematización debe jugar un papel de estrategia en las explicaciones del profesor y que estas explicaciones aporten al lenguaje que adquiere el alumno.

Fuente: los autores

Titulo	Significados de matematización en la enseñanza de la física presentes en libros didácticos de física universitaria
Tipo	Articulo
Autor	*Diego Fabián Vizcaíno Arévalo.*
Descripción	En este trabajo el autor hace un análisis de 4 textos de didáctica de la física a nivel universitario y que fueran de fácil acceso para los estudiantes y profesores en una universidad de Brasil, lo hace en textos de física clásica y física cuántica, con el objetivo de resaltar la relación que hay entre física y matemática en estos textos, con el fin de encontrar o resaltar lo que significa la "matematización de la física" en dichos textos y a su vez la relación que podrían tener estos en la elaboración de estrategias de enseñanza en los futuros profesores, teniendo como resultado una caracterización de dichos textos en cuanto a su lenguaje y relación entre matemática y física además de la forma en que presentan las secuencias de los temas y como esta muestra la relación entre física y matemática.

Fuente: los autores

Es de anotar que la poca literatura en este tópico en específico se puede interpretar como un indicio de lo poco tratado de este tema y de la importancia de profundizar en el.

3. Marco de referencia

3.1 Matematización de la física

Hablar de matematización en la física, va de la mano con hablar de matematización a lo largo de la historia de la física, pues esta relación entre física y matemática ha sido crucial en cada época de la historia, además, existe una relación distinta en cada época por sus diferentes contextos y los diferentes avances propios de cada época, lo que lleva a dar cuenta de una relación existente, entre el lenguaje de la matemática y el lenguaje de la física tanto en el desarrollo de la física como en los procesos de enseñanza de la física, pues como afirma Vizcaíno,

> "Podemos decir, en términos generales, que la Matematización de la Física es el proceso mediante el cual las metodologías del trabajo de los físicos se fueron interrelacionando cada vez más con los símbolos, conceptos y metodologías de trabajo de las matemáticas, para constituir explicaciones más completas. Parece ser que la Matematización fue modificando, principalmente, el lenguaje de la Física para dar cuenta de explicaciones del comportamiento de la naturaleza, más completas y más amplia" (Vizcaíno, 2013, pág. 35)

3.1.1Explicación y lenguaje en la matematización de la física

La explicación que se construye de un fenómeno de la naturaleza; y el lenguaje pertinente para la construcción de dicha explicación; son dos aspectos importantes que determinan lo que es la matematización de la física o la concepción que se manejará a lo largo de este trabajo.

Según (Vizcaíno, 2013) la explicación en el ámbito científico; está relacionada con el mejoramiento de la comprensión de los porqué de determinados fenómenos y además este acto de explicar no está limitado por la descripción en palabras de las relaciones representadas en una expresión matemática sino por algo más amplio que involucra la comprensión del fenómeno en dos campos, uno en el campo de las funciones que relacionan las magnitudes y otro en el campo de los "por qué" de la existencia de dichas funciones, siendo determinante el lenguaje usado para comunicar dichas explicaciones.

Luego el lenguaje es la facultad del ser humano de expresarse y comunicarse con los demás a través del sonido articulado o de otros sistemas de signos (RAE, 2018)., que en este contexto implica comunicar la explicación científica que debe responder a las necesidades de quien requiera la explicación, pues si se requiere una explicación demandada por la comunidad científica, esta debe tener unos requerimientos y formalismos diferentes a alguien que necesite la explicación y no pertenezca a esta comunidad.

3.1.2 Matematización de la física en la enseñanza de la física

Ahora bien, es necesario ampliar la perspectiva a los procesos de enseñanza de la física, ya que la matematización se ha ido transformando con las necesidades de cada época y se ha hecho cada vez más abstracta por la misma manera en que se desarrolla la física, lo cual evoluciona el mismo desarrollo de la física, que no es solo el uso cada vez más refinado de organizaciones matemáticas, sino que se debe desarrollar a la par, un pensamiento fisico-matemático adaptado a las necesidades de cada tema, y este pensamiento a su vez, se debe acoplar al lenguaje que enriquece las explicaciones.

Pero estas explicaciones deben ser consecuentes con el lenguaje de a quien se va a explicar, pues es muy distinto explicar para sí mismos que explicar para el otro, y más aún cuando se tienen en cuenta las diversas condiciones de los otros, es decir, que se debe distinguir "la diferencia que debe existir entre lo que se considera "el lenguaje de la Física" y lo que se considera "el lenguaje del profesor de Física" " (Vizcaíno, 2013). Esto último da un sentido a la matematización de la física en la enseñanza de la física, pues viene a ser el

punto donde se empiezan a relacionar la matematización y la física con el que hacer del docente y todo ello con el sentido interdisciplinar de la didáctica de la física.

Por tanto, como afirma (Vizcaíno, 2013, pág. 43) partimos del supuesto de que, aunque la Enseñanza de la Física tiene la Física como contenido de trabajo, la manera como se entiende la relación entre Física y Matemáticas en la evolución de la Física difiere de la manera como tal relación debe ser trabajada en el aula. En otras palabras, aprender sobre cómo el lenguaje de la física se ha ido matematizando durante su evolución, no implica en un aprendizaje automático de la manera como debe ser presentada la Física en el aula. Así, se puede aseverar que una cosa es profundizar en el conocimiento de los contenidos de la Física en torno a problemas y contextos específicos de la ciencia y otra es poner tal conocimiento como dinamizador de procesos de enseñanza y aprendizaje.

De acuerdo con Vizcaíno (2013) términos como "lenguaje" y "explicación" deben ser estudiados separadamente pues su sentido y significado varían de acuerdo con los objetos de estudio de la física o en el caso que nos atañe acá, de su enseñanza, es decir, que podrían hacerse construcciones diferentes de cualquier explicación de un fenómeno por parte de un docente. Además, el autor afirma que el lenguaje, entendido en el sentido de describir y comunicar, debe estar en un punto en el que el profesor pueda describir y explicar de la manera más completa y concreta un fenómeno y al mismo tiempo el alumno debe poder entender la mayoría de los aspectos de dicho fenómeno y de esa manera desarrollar y orientar sus propias matematizaciones e interpretaciones de la fenomenología de la física.

En este aspecto, surge un dilema entre lo que es enseñar matemática y lo que es enseñar matemática en el ámbito de la física, pues aquí según (Redish & Gupta, 2009) hay un problema en diferenciar el lenguaje de la matemática y el lenguaje de la matemática en el ámbito de la física, pues hay diferencias notables, ya que su objetivo es diferente pues la matemática en la física se usa entre otros aspectos para caracterizar los sistemas físicos, lo que da un sentido y carga de significado físico a las constantes que se usan, lo cual difiere de la matemática, pues allí no se le da, ni tiene porque dársele tanto peso a este significado pues es netamente abstracto.

Lo anterior vendría a empatar el tema de la matematización en la enseñanza de la física, con la formación de profesores, pues si se considera que "es importante enseñar al alumno a diferenciar entre un lenguaje puramente matemático y un lenguaje matemático asociado a la representación de los fenómenos físicos, pues el lenguaje puramente matemático describe objetos matemáticos, mientras que el lenguaje de la Física describe acontecimientos de la naturaleza." (Vizcaíno, 2013, pág. 43) Adicionalmente se vislumbra la importancia de trabajar el tema de la matematización en la enseñanza de la física en relación con la didáctica de la física.

3.1.3 Categorías de matematización en la enseñanza de la física

En esta parte se describen las categorías de análisis definidas por (Vizcaíno, 2013) en una investigación de carácter cualitativo a partir de publicaciones de investigadores en enseñanza de la física que hubiesen trabajado la relación entre física y matemática, mediante las cuales es posible ver diferentes formas de entender la matematización en la enseñanza de la física, el autor plantea tres preguntas que son importantes para entender los resultados de investigación, y se considera pertinente escribirlas para interiorizar los conceptos y las categorías planteadas por el autor;

- ¿Cómo los investigadores entienden la relación entre Matemáticas y Física?;
- ¿Cuál es el impacto de este entendimiento en la decisión sobre lo que los alumnos deben aprender?
- ¿Qué tipo de problemas los alumnos deben resolver para aprender Física?

Al desarrollar la investigación, Vizcaíno 2013 encuentra como resultado, que en estas publicaciones existen al menos tres formas distintas de responder a estas preguntas, a saber, la matematización a partir del modelado matemático; a partir del desarrollo de procesos físico-matemáticos; y como complemento al estudio fenomenológico:

Matematización a partir de la modelación

"En esta categoría la matemática es entendida como el lenguaje de la física, en el sentido de que ofrece un conjunto de herramientas para el estudio de los fenómenos físicos, el dominio de tales herramientas ayudan a la comprensión de los hechos y permite decidir cuál de éstas herramientas son más apropiadas en función de la capacidad de representación de un determinado hecho físico" (Vizcaíno, 2013, pág. 68). El autor también resalta en esta categoría que se entiende a la matemática como el lenguaje apropiado para describir la física y por lo tanto no puede ser un obstáculo para el aprendizaje de la física y que por el contrario la estructura de las matemáticas permite entender los fenómenos y comprender la relación de las variables que los describen.

Ahora lo que esta categoría sugiere en cuanto a lo que los alumnos deben aprender, es que el alumno debe comenzar a comprender la lógica de las representaciones matemáticas y luego comprender las razones por las que se debe o debería usar determinada representación matemática en el tratamiento de un ejercicio de física.

Entonces, siguiendo esta lógica en Vizcaíno (2013) se sugiere que los problemas que se deben tratar en esta perspectiva son los que busquen conscientemente los esquemas más apropiados para representar un fenómeno físico, lo que implicaría orientar al alumno en la profundización del análisis de la aplicación de tales esquemas en la descripción de situaciones físicas.

Por tanto, según el autor la condición necesaria es que el alumno sea formado inicial o simultáneamente en determinado conocimiento de la matemática y orientado por la comprensión de los esquemas, que describen apropiadamente el fenómeno (Vizcaíno, 2013)

En conclusión, el autor dice que esta categoría está basada en la idea principal de que la función de la matemática en la física es facilitar la formulación de leyes, que involucran rigor y capacidad de describir el fenómeno. Además de ello que facilite el entendimiento de la lógica que envuelve las descripciones hechas a través de este lenguaje

Matematización a partir de procesos físico-matemáticos

De acuerdo el autor, se diferencia principalmente de la anterior, en que en la primera la enseñanza de la física gira en torno al conocimiento de la matemática y los modelos que desde allí se construyan, y en esta los procesos matemáticos, son la orientación de la construcción del conocimiento científico. Aquí hay una concepción de la relación entre física y matemática que va más allá de utilizar los procesos matemáticos como herramientas, para formular las leyes físicas y se usan estos procesos para construir y enriquecer el lenguaje de la física.

En esta categoría se esperaría que los alumnos analicen los sistemas físicos y los representen. Por tanto, sería de esperar que los estudiantes desemboquen sus esfuerzos en raciocinios hipotético-deductivos, sistematización, análisis, etc. (Vizcaíno, 2013)

En esta categoría el autor encuentra que la concepción entre la relación entre física y matemática no es tanto en usar los modelos matemáticos como herramienta para la representación de las leyes, sino más bien que, la matemática es usada para construir el lenguaje de la física, por ello se valora en esta categoría el uso del raciocinio hipotético-deductivo del estudiante como punto de partida para el estudio de una situación o sistema físico, para luego llegar a la organización de la información y así mediante el análisis de esta información llegar a la posible formulación de propuestas para la formulación de la solución del problema.

Así (Vizcaíno, 2013) afirma que esta categoría está basada en la idea de que la principal función de la matemática en la enseñanza de la física es orientar los procesos de análisis en el estudio de un fenómeno por medio de procedimientos matemáticos que le permitan llegar a la construcción de modelos explicativos, por tanto el alumno debe ser formado en sus modos de raciocinar para la construcción del conocimiento físico, lo cual exige que los problemas a resolver estén asociados a un proceso hipotético-deductivo, por medio del cual se llega a una explicación del comportamiento de una situación que está siendo estudiada.

Matematización como complemento del estudio fenomenológico

Desde esta perspectiva se estudia la física partiendo del análisis fenomenológico y relacionando lo cotidiano y la experiencia con los conceptos físicos, aquí el autor resalta que la diferencia con la primera categoría es que en esta los modelos matemáticos se estudian luego de llegar a una posible representación, además, se diferencia de la segunda pues los criterios de orientación para construir el modelo no se hace a través de la formulación de lenguaje matemático, pero si tiene un énfasis en la reflexión sobre las propias formas de proceder del alumno y sus posibilidades de pensamiento. Lo más característico en esta categoría es que la experiencia sensomotora está en el núcleo de la forma en la que se piensan los fenómenos físicos y es una etapa final del proceso de enseñanza que forma parte de la formalización de los resultados encontrados.

Entonces bien, la relación entre física y matemática es tal que son dos campos que se complementan, pues por un lado está el fenómeno y por el otro el lenguaje matemático, que permite formalizar lo encontrado. Se basa en la descripción de una fenomenología que relaciona la experiencia sensorial, con los conceptos de física que permitiría al alumno la creación de un modelo mental.

En conclusión, (Vizcaíno, 2013) afirma que esta categoría, está basada en la idea de que a partir de la descripción fenomenológica se relacionan los conceptos físicos con lo cotidiano, o con la experiencia sensorial a fin de que el alumno pueda desenvolver organizaciones que le permitan organizar un modelo mental explicativo. La función de los modelos matemáticos en esta perspectiva es como fuente de interacción entre los modelos mentales y los conceptos de la ciencia para conseguir la formulación de los resultados. Por tanto, el alumno debe ser preparado para la comprensión del fenómeno, en una primera etapa y posteriormente, para el uso de las expresiones matemáticas.

3.2.1 Didáctica de la física

Para empezar a dar una idea de la perspectiva de la didáctica, desde donde el presente trabajo se desarrolla, partimos de la aclaración de que los contenidos a tratar de la didáctica de la física, "no son de la Física en sí misma, sino de formas de tratar la Física en los ámbitos educativos" (Nardi & Castiblanco, 2014, pág. 21). De la anterior frase, se puede evidenciar una de las características principales de esta perspectiva sobre la didáctica, que es distinguir su línea de trabajo y delimitarla de manera muy conveniente de la disciplina (La Física), de tal manera que deja la posibilidad de tratar la física de maneras alternativas, y que esta perspectiva, de algún modo, sirva para alimentar uno de los objetivos principales de esta forma de trabajar de la didáctica de la física, que es: "mostrar maneras de tratar los contenidos específicos de la Física, con el fin de que su enseñanza desarrolle el sentido crítico y reflexivo del licenciado, para que pueda constituir su propio conocimiento con respecto a la enseñanza." (Nardi & Castiblanco, 2014, pág. 22).

Esto apoya la afirmación, de que el objetivo de la didáctica de la Física no es enseñar recetas o estrategias de enseñanza, sino criterios de como, por qué y que enseñar, teniendo en cuenta muchos aspectos como el contexto; los orígenes del estudiante; los intereses políticos y económicos de la comunidad a la que pertenece; el acceso a la tecnología que tienen; y otros aspectos que surgen según las necesidades de la comunidad académica y las diferentes dinámicas de la sociedad a la que pertenece; lo que empieza a mostrar, la necesidad de hablar de lo que se ha llamado, en esta perspectiva, la interdisciplinariedad de la didáctica de la física, que dará algunas de las herramientas, necesarias para fortalecer los criterios de los que se hablaba anteriormente.

En el anterior párrafo, se deja claro que para cumplir con el objetivo principal que se señaló, se debe enfocar el trabajo de manera interdisciplinar; pero para ello se debe ampliar el concepto de lo que se considera como interdisciplinar, que según (Klein, 2007)), es una palabra que empieza a tener sus orígenes en la filosofía antigua con las ideas de ciencia fundamentada en la integración del conocimiento, y que se adhiere a la teoría de la educación cuando se comienza a hablar de integración en la educación y de la integración de contenidos, además se ha tratado durante muchos años por diversas corrientes y diversos campos del conocimiento.

Según la autora, por el mismo desarrollo del conocimiento, y por diferentes razones, se va convirtiendo el conocimiento en un conocimiento "crecientemente interdisciplinario" y surgen por tanto campos de estudio que interrelacionan diferentes disciplinas y campos de estudio, por ejemplo, la biofísica, la bioquímica, etc. Que ofrecen progreso en la construcción de conocimiento que no se obtendría yendo por la vía de una sola disciplina. Ahora bien, si como dice Castiblanco & Nardi 2014 se entiende la interdisciplinariedad, como una práctica para solucionar problemas y avanzar en el conocimiento con el uso de diferentes saberes, la interdisciplinariedad entraría a ayudar a la formación de profesores, específicamente en las disciplinas relacionadas con la Didáctica de la Física.

Por otro lado, se parte del supuesto de que Educación y Enseñanza son dos campos que están completamente ligados, pero se distancian en sus objetos de investigación: En el campo de la Educación es importante estudiar las organizaciones educativas con sus objetivos y estructuras para responder las determinadas necesidades de la sociedad; mientras que en el campo de la enseñanza se trabaja en función de los requisitos impuestos por la necesidad de enseñar algo, para contribuir con el logro de objetivos educativos, lo que implica tratamientos específicos de lo que se quiere enseñar y, por lo tanto, exige saberes particulares del profesor.

Nardi & Castiblanco 2014, afirman que el futuro docente debe basar su desempeño profesional en la interdisciplinariedad, por tanto, se podría afirmar que este modo de trabajo del futuro profesor debe ser cultivada y enseñada en su formación como docente en los espacios como la didáctica, en donde se relacione la física, con otras disciplinas y por tanto se desarrollen actividades que muestren como es esta interdisciplinariedad y como esta puede servirle de criterio para discriminar y elegir sus futuras estrategias de trabajo, además insisten que todo este trabajo debería ser desarrollado por el profesor universitario

apoyado en líneas de investigación que trabajan a profundidad como son estas relaciones, y como estas vendrían a enriquecer la formación de profesores.

De acuerdo con los autores, la existencia del área de enseñanza de las ciencias, con sus características, su fundamentación teórica, sus objetivos y métodos de investigación, abre el camino para defender lo que se denominan hoy las didácticas específicas, pues el área de enseñanza de las ciencias agrupa la investigación en enseñanza de disciplinas como biología, química, física, astronomía que son ciencias pero entre si difieren, pues tienen objetos de estudio diferentes y una formación y desarrollo diferenciado como ciencia; lo que apoya la idea de que, cada disciplina tiene sus procesos y dinámicas de enseñanza en particular, por tanto, apoya de manera simultánea la idea de la investigación en las didácticas específicas.

Esta caracterización de la didáctica de la física lleva a entenderla como los conocimientos a ser enseñados para que los profesores aprendan a enseñar Física, esto es, que el futuro profesor comprenda el que, como, por qué y para que enseñar. Todo este proceso, más allá de los contenidos de las ciencias exactas, precisa de conocimientos de las ciencias humanas y de las ciencias sociales, relacionados al problema de la enseñanza de la Física (Nardi & Castiblanco, 2014, pág. 25)En esta definición se encuentra la manera más compacta de hablar de esta perspectiva de la didáctica de la física y además deja en evidencia el sentido de interdisciplinariedad del que ya se ha hablado y que tiene un sentido y un peso importante en este proyecto.

Dimensión disciplinar de la didáctica de la física

La visión teórica de la didáctica de la física, que se tiene en el marco de este trabajo comprende amplios tópicos, por tanto los autores (Nardi & Castiblanco, 2014) ven la necesidad de desarrollar las temáticas en dimensiones o ejes articulados de tal manera que "se les presente a los licenciados una estructura lógica que les permita percibir su progreso en el aprendizaje de la didáctica de la física por medio de una estructura que envuelva determinada lógica y así los estudiantes podrían entender que existe verdaderamente un conocimiento particular a aprender en ese campo el cual precisa adquirir gradualmente" (Nardi & Castiblanco, 2014, pág. 54). Por tanto, optan en dividir la disciplina de la didáctica en tres dimensiones: "*dimensión disciplinar"; "dimensión sociocultural"; "dimensión de interacción"* que vienen a ser la estructura base y guía en los seminarios de didáctica de la física en donde se realiza la investigación.

Para este estudio nos centramos en un curso ofrecido para el estudio y aprendizaje de la dimensión disciplinar de la didáctica de la física, por tanto es importante ampliar lo que se sabe de esta dimensión; De acuerdo con (Nardi & Castiblanco, 2018), en esta dimensión se debe enseñar al futuro licenciado a (re)conocer lo que sabe sobre la física, ya que esto

contribuye al desarrollo de la autonomía intelectual del estudiante. Esto se puede lograr a través de ejercicios de tipo metacognitivo entendiendo que:

> ""Metacognición" significa esencialmente cognición sobre la cognición; es decir, analizar las formas en que se construye el propio aprendizaje: pensamientos sobre pensamientos, conocimientos sobre conocimientos o reflexiones sobre acciones. Gradualmente, la definición de la Metacognición se ha ampliado e incluye, no solo "pensamientos sobre pensamientos" y estados cognitivos como se consideraba antes, sino también estados afectivos, motivos, intenciones y la capacidad consciente de monitorear y regular deliberadamente el conocimiento, los procesos cognitivos y estados afectivos, motivos e intenciones. (…). En síntesis, la definición de metacognición se ha ampliado e incluye, no solo "pensamientos sobre pensamientos" como se consideraba antes, sino también se empiezan a considerar las siguientes nociones: conocimiento del conocimiento, procesos y estados cognitivos y afectivos; y la habilidad de conscientemente y deliberadamente monitorear y regular deliberadamente nuestro conocimiento, procesos, y estados cognitivos y afectivos." (Papalontiuo-louca, 2008, pág. 16)

Dicho esto se puede afirmar que en esta dimensión se privilegian los ejercicios metacognitivos a fin de revisar las visiones que los estudiantes a lo largo de su carrera han ido construyendo sobre la física que conocen y la manera en que se considera que han construido, construyen, y construirán su propio conocimiento. Estos ejercicios se diseñan y desarrollan apoyados en contenidos de la a historia, filosofía y epistemología de la física que van a llevar a los futuros licenciados a repensar los saberes que tiene de la física, esto apoyado en la afirmación de (Nardi & Castiblanco, 2013) sobre que los conocimientos de filosofía e historia de la física propician el tratamiento de la física de maneras alternativas a la tradicional que vienen a enriquecer la formación del futuro docente; pues el tratamiento que hacen la historia y la filosofía de la física, de los contenidos científicos, es diferente a la típica y hace que se generen nuevas inquietudes sobre los contenidos mismos, además la epistemología aunque se relaciona con las otras dos disciplinas hace un aporte distinto, pues permite a los estudiantes la identificación de esquemas explicativos de los fenómenos físicos.

La función de estos campos disciplinares es la formulación de problemas relacionados con la comprensión de los conceptos de la física a ser resueltos por los estudiantes. Problemas que crean cuestionamientos a cerca de las creencias que los estudiantes tienen de los temas como "los problemas de física", "los modelos explicativos", "la naturaleza de los conceptos", "los observables" aspectos que se acostumbra a suponer que están claros y comprendidos con aprendizaje de la física, o incluso la historia y la filosofía de la física, pero que de hecho presentan una que influye en las formas en que el docente pretende enseñar la física.

Conexión con las demás dimensiones de la Didáctica de la Física

Es importante, para evidenciar la "estructura lógica" con la que se ha diseñado y construido, hasta ahora, el curso en general de didáctica de la física, el conectar las otras dos dimensiones de las que se habló en el inicio de esta subsección.

La segunda dimensión es denominada como la *dimensión sociocultural*, que a grandes rasgos, trata del análisis de la enseñanza de la física para diferentes realidades y situaciones educativas; tales como la enseñanza de algún concepto a alumnos con necesidades educativas especiales, niños, adultos o alumnos regulares. Además de ello con el ánimo de superar el prejuicio de que los licenciados aprenden a enseñar en el momento en el que están ejerciendo. Sino al contrario es teniendo una formación que le permita explorar su práctica y que le lleve a asumir posiciones críticas y reflexivas sobre su quehacer docente. Claro está, que esto se logra con buen dominio de los temas de física que se abordaron en la dimensión disciplinar.

La tercera dimensión se denomina la dimensión interaccional que básicamente busca capacitar al docente para hacer una intervención eficaz en el aula, con diferentes instrumentos basados principalmente en el conocimiento de Física, tecnologías de la información y la comunicación (TIC), práctica experimental, referencias bibliográficas y resultados de investigación en el área. Se aborda la pertinencia de llevar material de apoyo al aula, alimentado, por su puesto, por los criterios que ha formado en las anteriores dimensiones.

.

4 Metodología de investigación

4.1 Método investigativo

Esta es una investigación cualitativa, en la perspectiva del estudio de caso, por los rasgos de la comunidad a estudiar y del problema que se plantea abordar, pues como dice Flick "los objetos no se reducen a variables individuales sino que se estudia su complejidad y totalidad en su contexto cotidiano" (Flick, 2007) y ya que "en general los estudios de casos son las estrategias más apropiadas cuando las preguntas "como" y "porqué" son

realizadas, cuando el investigador tiene poco control sobre los eventos, y cuando el foco está en un fenómeno contemporáneo dentro de un contexto de la vida real" (Yin, 1994.).

Adicionalmente, como es una investigación de un acto comunicativo lo más conveniente fue el uso de las técnicas de Análisis de contenido para el tratamiento y análisis de los datos obtenidos pues esta técnica o grupo de técnicas "aparece para el análisis de comunicaciones utilizando para obtener indicadores (cuantitativos o no) por procedimientos sistemáticos y objetivos de descripción del contenido de los mensajes, permitiendo la inferencia de los conocimientos relativos a la condiciones de producción/ recepción (variables inferidas) de estos mensajes" (Bardin, 1996)

4.2 Método de inserción en el aula

Por la naturaleza de la investigación y las condiciones en las que se dio, se puede decir que la inmersión del investigador en el aula, fue como otro estudiante más, claro está que al comienzo de las observaciones se fue informado que se haría una investigación del seminario y por tanto habría presencia de un estudiante que observaría el flujo de los acontecimientos de este espacio. Lo que se tuvo en cuenta para la inmersión del investigador fue que este no influyera, o influyera lo menos posible, en el transcurso del seminario por tanto se consideró que en algunas actividades era conveniente que trabajara en los grupos o que trabajara igual que los participantes del seminario, pues la experiencia de la profesora con estas investigaciones le orientaba y le permitía orientar al investigador en este proceso, pues se argumentó o se pensó que era la mejor manera de observar sin alterar demasiado el adecuado desarrollo de la clase, y en algunos solo se observó sin hacer parte de las actividades.

4.3 Toma de datos

Para cumplir este objetivo, el investigador asistió a manera de observador no participante durante la mayor parte del semestre a las actividades del Seminario de Didáctica de la Física, se puede llamar observados no participante, ya que su objeto es describir y explicar cómo se entiende la matematización en la enseñanza de la física en ese contexto y en esa comunidad específica, el cual a su vez fue dirigido por la profesora directora de este trabajo. La docente ofreció la mayor cantidad de oportunidades de reflexión y expresión por parte de los estudiantes con el objetivo de obtener confiabilidad en la investigación ya que como afirma (Martínez, 2005) para obtener un buen nivel de confiabilidad se aconseja entre otras cosas; Precisar el nivel de participación y la posición asumida por el investigador en el grupo estudiado. "El investigador es, por consiguiente, muy sensible al modo como se introduce en un ambiente, y establece con cuidado el rol que le pueda facilitar la recolección de la información, ya que el nivel de participación y compromiso que el investigador acepte influirá el concepto de la gente hacia él, sigue con atención las

reacciones ante su entrada oficial o no oficial en el seno de la comunidad o grupo a estudiar" (Martínez, 2005) por tanto, el investigador es presentado a los estudiantes como un investigador y por supuesto se pidió consentimiento a ellos para hacer uso de sus producciones y sus intervenciones

Se asumió que el observador no participante debe estar preparado para tomar nota de los eventos que ocurren en el proceso sin emitir juicios de valor previos a los análisis y sin interrumpir el flujo del proceso. Los datos tomados por observación fueron complementados con el material escrito producido por los estudiantes, aprovechando que este seminario da la oportunidad a los estudiantes de escribir sobre sus reflexiones y sobre los debates que surgen.

El análisis de los datos se hizo sobre los textos construidos a partir de lo que ofrecen las rejillas de observación y el material escrito por ello a continuación mostramos la rejilla observación y un pequeño fragmento de los escritos transcritos por el investigador.

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
SEMINARIO DE DIDÁCTICA DE LA FÍSICA

Observador:
Fecha:
Profesor:
Temática tratada:
Duración de la clase:
Cantidad de estudiantes asistentes:
Descripción general de la secuencia desarrollada en la clase:

CATEGORÍAS E INDICADORES DE OBSERVACIÓN

1) La matematización a partir de modelaje matemático

Indicador	**Si**	**No**	**De qué manera**
Asume la estructura matemática como el fundamento de la explicación			
Comprende la lógica de los esquemas matemáticos			
Usa los algoritmos de manera apropiada al fenómeno en estudio			
Resuelve problemas a partir de los esquemas matemáticos			
Privilegia la matemática como punto de partida en la solución de un problema físico			

Comprende el uso de unidades de medida y análisis de dimensional de las ecuaciones			

2) La matematización a partir de procesos físico-matemáticos

Indicador	**Si**	**No**	**De qué manera**
Organiza los sistemas físicos mediante comparaciones			
Esquematiza situaciones físicas por medio de símbolos y representaciones			
Formula hipótesis como punto de partida para el estudio de un problema físico			
Proyecta procesos de corroboración de su hipótesis			
Identifica variables que intervienen en el fenómeno físico de manera previa al uso de las ecuaciones			

3) La matematización como complemento del estudio fenomenológico

Indicador	**Si**	**No**	**De qué manera**
Se privilegian las experiencias sensomotoras para entender el fenómeno			
Describe las relaciones que ocurren en el fenómeno			
A partir de la descripción hace el análisis del fenómeno			
Desarrolla reflexión y debate sobre el problema físico en cuestión			
Analiza el fenómeno físico desde la historia y la epistemología			
Posteriormente a la comprensión del fenómeno busca la relación con las ecuaciones			

Observaciones:

Ejemplo:

Clase 31 de agosto

En esta clase habla de hacer un ejercicio meta cognitivo (preguntas)

La profesora habla de su función como profesora de este curso y resalta que deben revisar y reconocer sus conocimientos (coherencia), dar criterios de para diseñar una metodología para que su ejercicio como docente.

Luego hace una reflexión

El profesor es el que sabe de didáctica, de manejo de personas.

Explica cuál es el objetivo y las pauta del ejercicio y pide que se haga en una hoja:

No se responde ningún tipo de pregunta durante el ejercicio

La profesora pronuncia una palabra y hacer un dibujo "con lo que se le venga a la cabeza"

La palabra es tiempo

La siguiente parte del ejercicio dice: "hago una pregunta y respóndala como quiera eso si considere que quede clara la respuesta", enseguida hace 4 preguntas dando el tiempo para que se responda cada una.

Preguntas

1. *¿Cómo sabe que le tiempo transcurre?*
2. *¿Existe el tiempo sin la existencia del ser humano?*
3. *¿Cuál es la mejor forma de medir el tiempo?*
4. *¿Cuál es la función del concepto tiempo en la comprensión del mundo?*

Luego de esto explica los diferentes perfiles epistemológicos (Gaston Bachelard)

Obteniendo los siguientes resultados

Nombre: E...

Tiempo:

¿Cómo sabe que el tiempo transcurre?

Porque cada día amanece y anochece, porque las personas envejecemos.

¿Existe el tiempo sin la existencia del ser humano?

Sin importar la existencia del hombre el tiempo va a existir, pues seguirá amaneciendo y anocheciendo, no solo las personas envejecen y cumplen un ciclo de vida, los animales y seres vivos también lo hacen, la tierra no dejara de rotar es decir el tiempo seguirá transcurriendo normalmente.

¿Cuál es la mejor forma de medir el tiempo?

Existen varias formas de medir el tiempo como por ejemplo un reloj de arena, un reloj de agua, un reloj convencional un cronometro, quizás la mejor forma para hacerlo es con cualquiera de estos que sea más preciso según el caso.

¿Cuál es la función del concepto tiempo en la comprensión del mundo?

La función es entender que todo pasa, que todo cumple su ciclo y acaba.

Nombre: E..

¿Cómo sabe que el tiempo transcurre?

RTA: Quizás no se sabe, el tiempo es una palabra de pronto abstracta, si fuera algo más joven y estaría en el colegio respondería que se sabe viendo un reloj pero ahora que crecí y tengo diversos conocimientos se me es más complicado ya que entiendo un cambio de horario gracias a los movimientos de la tierra entonces podría relacionar mi respuesta con esto:

¿Existe el tiempo sin la existencia del ser humano?

En mi opinión no el tiempo hace parte de la percepción del ser humano y este se utiliza en su beneficio, simplemente al no haber ser humano ¿para que el tiempo?

¿Cuál es la mejor forma de medir el tiempo?

Si hablara de precisión utilizaría un cronometro, pero si quisiera saber acerca de una evaluación en mis pensamientos y en mi forma de percibir el mundo utilizaría un espejo y mis conocimientos.

¿Cuál es la función del concepto tiempo en la comprensión del mundo?

Estresarnos, la vida, hacer más corta la felicidad, o simplemente organizar de manera funcional a cada persona en el mundo.

Nombre: E…

Tiempo:

¿Cómo sabe que el tiempo transcurre?

Teniendo en cuenta que todo en nuestro alrededor se encuentra en constante movimiento no hay un reposo absoluto, los seres vivos tales como plantas, animales, etc., presentan un deterioro notable en la estructura biológica, por esta razón yo representaría que el cambio de movimiento viene acompañado de algo intangible pero que esto hay y llamamos tiempo.

¿Existe el tiempo sin la existencia del ser humano?

Tiempo es el nombre que se le dio a través del desarrollo del lenguaje científico " ser humano" y si llegado el caso, el ser humano no existiera todo nuestro entorno seguiría bajo la acción del tiempo pero sin nombre alguno.

¿Cuál es la mejor forma de medir el tiempo?

Históricamente se usaba la posición del sol, posteriormente se han desarrollado dispositivos que hasta toman hasta millonésimas de segundos, teniendo en cuenta que todos los métodos de medición tendrán un margen de error por esto no se es totalmente exacto.

¿Cuál es la función del concepto tiempo en la comprensión del mundo?

El concepto es utilizado para nombrar esto que es intangible e invisible pero que a su vez está acompañada y relacionada estrechamente con el movimiento.

5 Análisis de datos y resultados

5.1 Categorías de matematización de la física en el aula

El principal objetivo de esta investigación es la identificación de las diversas ideas sobre matematización en la enseñanza de la física para develar con ello la manera en que asumen y entienden el uso de algoritmos en procesos de enseñanza de la física. Este análisis a partir del desarrollo las actividades del seminario de didáctica de la física I; compuesto por ejercicios de tipo metacognitivo basados o con un trasfondo en filosofía, historia o epistemología de la física.

El objetivo del curso es que los futuros licenciados hagan una revisión objetiva y concienzuda de lo que conocen sobre física. En medio de esa revisión los estudiantes generan en cada una de las actividades, discursos que se consideran un evento comunicativo que es susceptible a ser analizado por técnicas de análisis de contenido. Es allí donde se comienza el trabajo del analista al transcribir los datos y llevarlos al software de análisis Atlas Ti7, con el fin de codificar y categorizar la información.

Las actividades en este caso se ofrecieron en torno a aspectos epistemológicos, filosóficos e históricos de la física para reflexionar sobre el dominio conceptual que tiene el futuro profesor.

La presentación de las evidencias debido a las dinámicas, se hace teniendo en cuenta las siguientes convenciones:

E: Estudiantes. Se diferencian con el subíndice E_1, E_2, E_3…

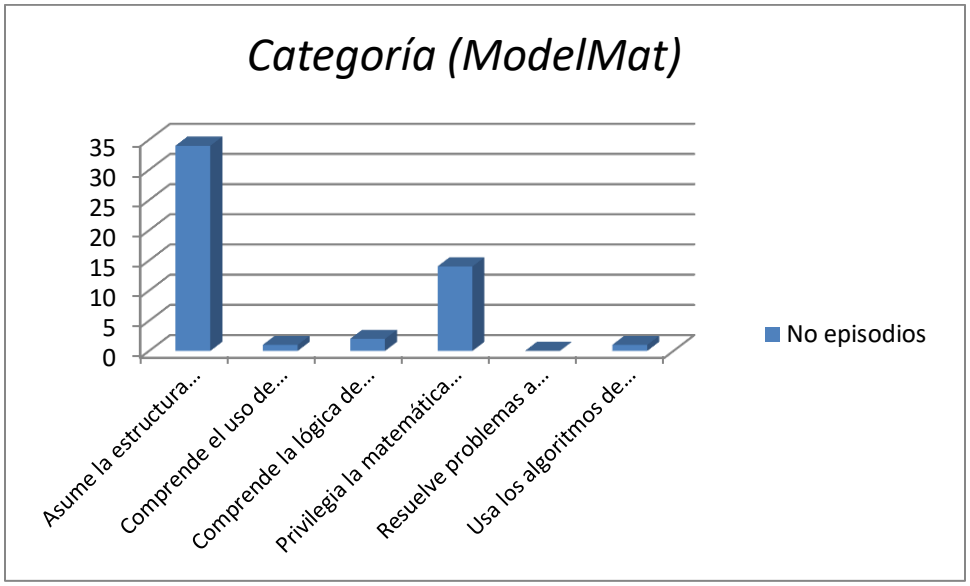
G: Grupos. Se diferencian con el subíndice G_1, G_2, G_3…

6.1. Presencia de diversidad de ideas sobre la matematización

Las siguientes gráficas se obtienen del tratamiento de la información obtenida de las observaciones y los productos obtenidos del seminario. Esta información vale volver a decirlo, fue tratada con la ayuda del software de análisis Atlas Ti7 y plasmada en las gráficas que recogen la información de cada manera de matematizar encontrada en los discursos de los estudiantes.

Las gráficas fueron obtenidas a través de las diferentes unidades de análisis que se discriminaron de acuerdo con los indicadores de la rejilla de observación, que hacían parte de las tres perspectivas sobre matematización de la física.

La matematización a partir de modelaje matemático



Gráfica 1: *Gráfica que ilustra la ocurrencia de los episodios que hacen parte de los indicadores para la categoría matematización*

indicador categoría	No episodios
Asume la estructura matemática como el fundamento de la explicación	34
Comprende el uso de unidades de medida y análisis de dimensional de las ecuaciones	1
Comprende la lógica de los esquemas matemáticos	2
Privilegia la matemática como punto de partida en la solución de un problema físico	14
Resuelve problemas a partir de los esquemas matemáticos	0
Usa los algoritmos de manera apropiada al fenómeno en estudio	1

Tabla 2: *Tabla en la que se consignan los datos obtenidos en la categorización y tratamiento de los datos*

Fuente: los autores

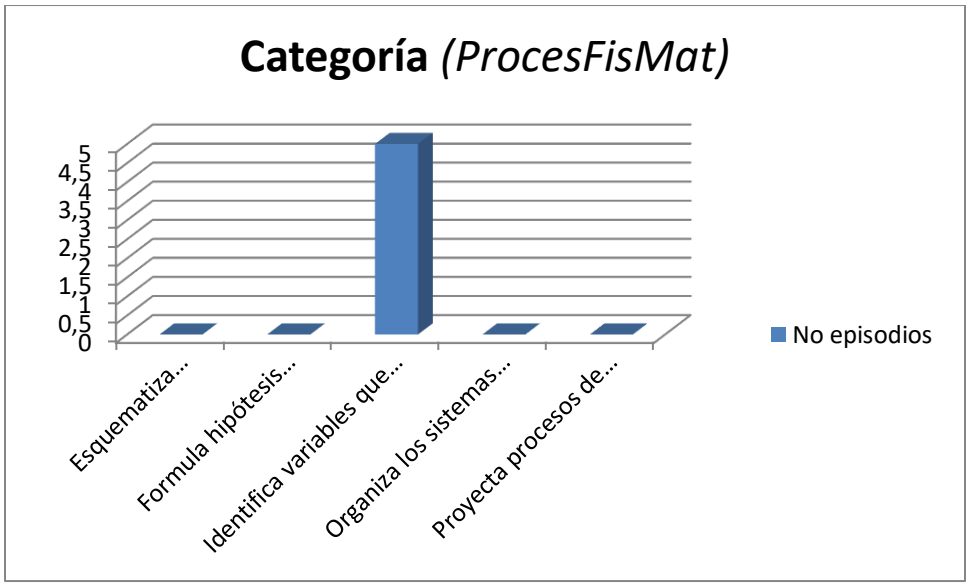
En la Gráfica 1, observamos que el primer indicador "*Asume la estructura matemática como el fundamento de la explicación",* se presenta en los discursos cuando los estudiantes plasmaban o manifestaban alguna explicación, y esta se basaba en fundamentos netamente matemáticos, es decir, que no solamente arrancaba con la ecuación sino que mantenían su hilo conductor con las ecuaciones, es decir hacían un desarrollo matemático con algunas

aclaraciones esporádicas. Este indicador se presentó en 34 episodios al analizar todas las intervenciones.

El segundo *es, "Privilegia la matemática como punto de partida en la solución de un problema físico este indicador*" apareció en las intervenciones 14 veces y la característica fundamental o más notoria de estas apariciones es que los estudiantes sin mediar con ninguna introducción plasmaban la ecuación con la que ellos consideraban pertinente abordar la explicación o el ejercicio fuera de la naturaleza que fuera.

Los otros indicadores, como se ve en la gráfica se presentan una o dos veces, y estos aparecen en algunos fragmentos ya tratados lo que indica que estos refuerzan la tendencia en estos apartes de usar este estilo de matematización.

La matematización a partir procesos físico-matemáticos



Gráfica 2: *Comparativo entre los diferentes indicadores de la categoría matematización a partir de procesos físico-matemáticos*

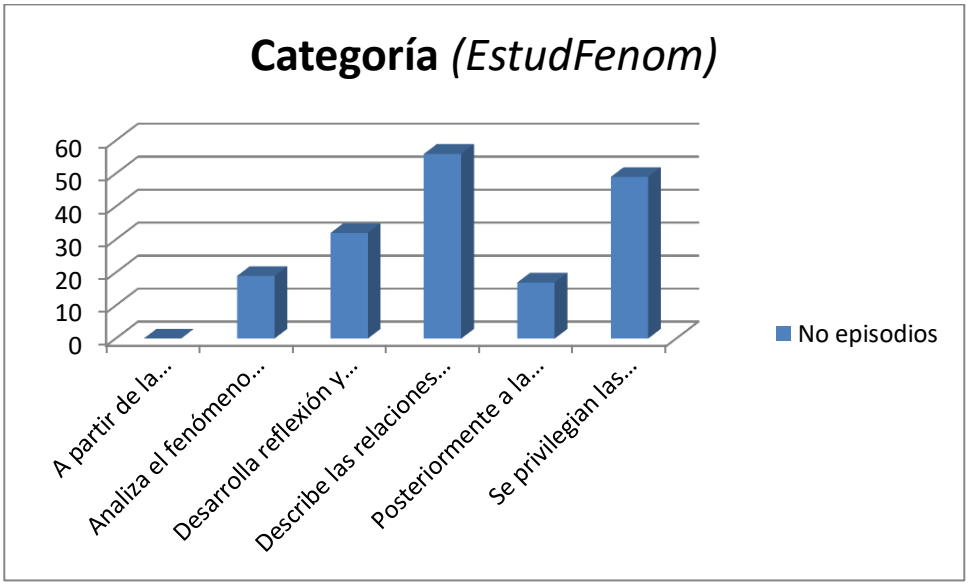
indicador de categoría	No episodios
Esquematiza situaciones físicas por medio de símbolos y representaciones	0
Formula hipótesis como punto de partida para el estudio de un problema físico	0
Identifica variables que intervienen en el fenómeno físico de manera previa al uso de las ecuaciones	5
Organiza los sistemas físicos mediante comparaciones	0
Proyecta procesos de corroboración de su hipótesis	0

Tabla 3: *Tabla en la que se consignan los datos obtenidos en la categorización y tratamiento de los datos*

Fuente: los autores

De todos los trabajos e intervenciones analizadas se encontraron 5 aportes donde se *Identificaban las variables que intervenían en el fenómeno físico de manera previa al uso de las ecuaciones.* La *Esquematización de situaciones físicas por medio de símbolos y representaciones* aparece en un solo episodio. Como se evidencia esta categoría tiene una presencia muy baja en las intervenciones de los estudiantes lo que dice que esta categoría es poco usada dentro de los estilos de discursos que se dieron en el seminario. Por otro lado, evidencia la existencia de este modo de pensar la matematización de la enseñanza de la física, se puede decir que es una manera de entender la matematización poco explorada pero presente en los discursos de los estudiantes.

La matematización como complemento del estudio fenomenológico



***Gráfica 3**: se muestra el número de episodios relacionada con cada indicador de la categoría matematización como complemento del estudio fenomenológico*

Indicador de categoría	No episodios
A partir de la descripción hace el análisis del fenómeno	0
Analiza el fenómeno físico desde la historia y la epistemología	19
Desarrolla reflexión y debate sobre el problema físico en cuestión	32
Describe las relaciones que ocurren en el fenómeno	56
Posteriormente a la comprensión del fenómeno busca la relación con las ecuaciones	17
Se privilegian las experiencias sensomotoras para entender el fenómeno	49

***Tabla 4:** Tabla en la que se consignan los datos obtenidos en la categorización y tratamiento de los datos*

Fuente: los autores

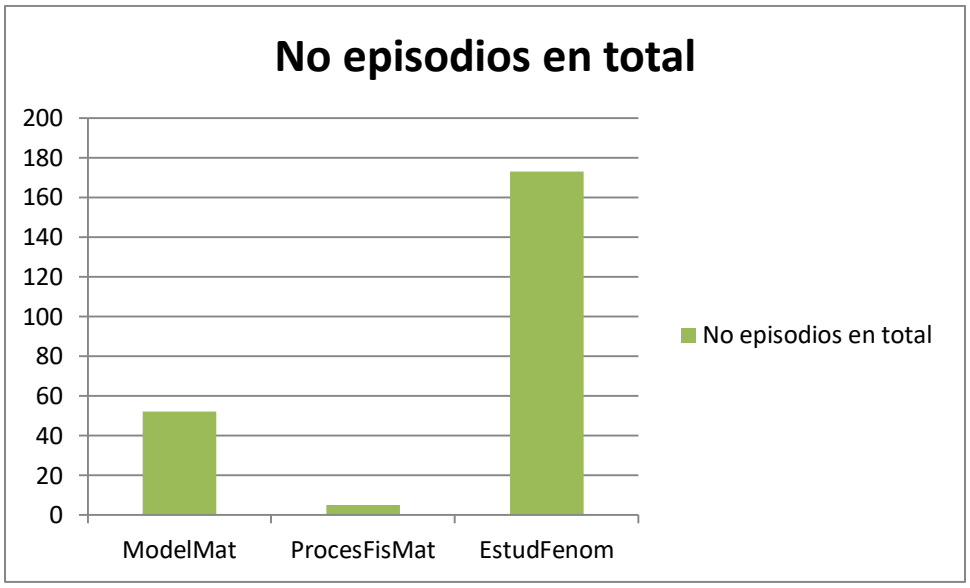
Según los análisis realizados, es la categoría en la que más episodios se encuentran durante todas las intervenciones, se encuentran un total de 173 episodios que hacen parte de los indicadores de esta, que es una diferencia grande con respecto a las anteriores categorías (ver Gráfica 4), dicho de otro modo, es el estilo de matematizar más nutrido, es en el que aparecen clasificados más intervenciones de los discursos de los estudiantes, durante el tratamiento de los diferentes ejercicios. Lo que nos muestra, principalmente, es que esta forma de entender la matematización de la física para la enseñanza es importante en los discursos cuando se abordan los diferentes ejercicios en el seminario, es decir que los estudiantes al abordar la física de estas maneras recurren a discursos influenciados mayoritariamente por análisis fenomenológicos y acuden a las ecuaciones como complemento.

Comparación global de las tres gráficas

Como lo ilustra la ***gráfica 4*** al hacer el comparativo de estas categorías de análisis y siendo consecuentes con los objetivos planteados de este trabajo, se puede decir que la categoría que se encuentra con mayor frecuencia durante el análisis de los trabajos y las intervenciones, es la de matematización como complemento del estudio fenomenológico. Ahora bien la categoría que se detecta con menor frecuencia es la de matematización a partir de procesos físico-matemáticos pues como se ve en la ***gráfica 4*** tiene una presencia muy baja en la manera en que matematizan o piensan la matematización en este contexto específico es decir esta manera de pensar de la relación entre física y matemática es muy escasa en este contexto.

Categoría	No episodios
ModelMat	52
ProcesFisMat	5
EstudFenom	173
Total Episodios	230

Tabla 5: *En esta tabla se extrae la información obtenida de manera global con ayuda del atlas-ti*
Fuente: los autores



Gráfica 4: Comparativo del *número de episodios en cada una de las categorías*

Fuente: los autores

A continuación, detallaremos el tipo de episodios que se presentaron y el modo como se produjo el discurso de los estudiantes, para comprender de mejor manera el significado de los hallazgos. Para ello describimos los resultados en función de los ejercicios desarrollados en la clase.

Al hacer una comparación entre el enfoque de los ejercicios y las maneras de matematizar se muestra una tendencia en general muy similar a la siguiente tabla

Enfoque de los Ejercicios	ModelMat	ProcesFisMat	EstudFenom
Epistemológico	12,7%	4,2%	82,5%
Filosófico	35,2%	0%	64,7%
Histórico	33,3%	0%	66,6%

Tabla 6: *En esta tabla se hace una comparación de lo entre los 3 enfoque y la presencia de las maneras de matematizar.*

Fuente: los autores

Al contrastar lo encontrado con la organización temática y los diferentes temas del seminario. Se ve que los estudiantes tienen una tendencia a matematizar por modelación entre el 26% y el 30% de episodios y la gran mayoría entre 65% y 70% episodios ellos preferían la matematización como complemento del estudio fenomenológico y la matematización a partir de procesos físico-matemáticos tiene una presencia muy baja

5.1.2 La matematización a partir de modelaje matemático

Ejercicio de enfoque histórico

En este ejercicio se trabajaron las líneas de tiempo para los conceptos de naturaleza de la luz, Gravedad, Calor y Temperatura. Los estudiantes representaron en un eje de tiempo la evolución y desarrollo de los conceptos. Para ello, revisaron y registraron diferentes aportes que hicieron parte fundamental de la evolución de estos tópicos. Los estudiantes diseñaron las gráficas de tal modo que tuvieron suficiente espacio para escribir todos los autores que se tuvieron registrados en un cuadro que entregó la profesora. Por indicación del ejercicio se tuvo el punto cero en la época de Cristo; se dio en principio la aclaración de que estos registros son los que se han encontrado para la ciencia de occidente, en esto se abarcaron varias clases, pues, para cada concepto se hacía una línea de tiempo.

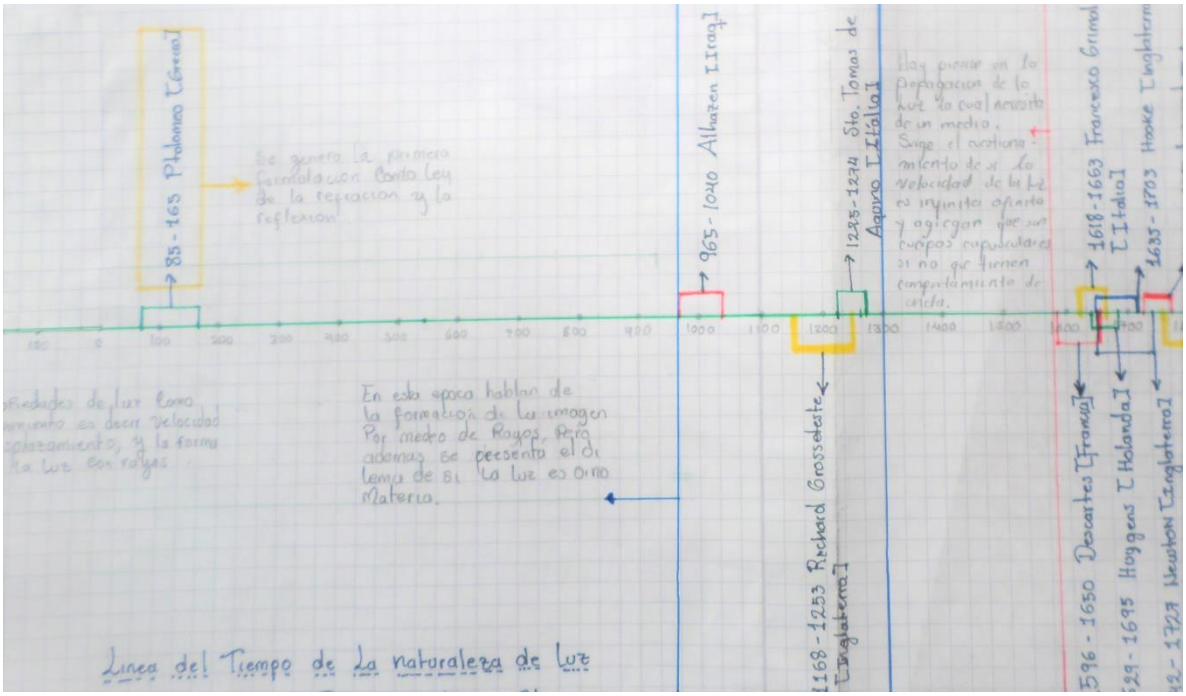


Imagen 1. Foto de la línea de tiempo construida por los estudiantes para analizar el desarrollo histórico de la luz

Fuente: los autores

En este ejercicio los estudiantes debían formular hipótesis de porque se comporta la gráfica de esa manera, luego como era típico en la mayoría de los ejercicios se debía socializar de manera voluntaria las hipótesis que se daban del comportamiento de la gráfica.

Analicemos los siguientes episodios expresados por los grupos:

> ***G_5:***
> *Kepler: Matematiza el movimiento de los planetas ubicando el sol en uno de sus focos.*
>
> *Newton: Establece la ley de gravitación, relacionado con la masa de dos cuerpos una constante y el radio de separación.*
>
> **G_2:**
> *Copérnico, Kepler*: *Coinciden en que existe algo en el universo que atrae a los cuerpos manteniendo en órbita a los planetas, invisible cuyo comportamiento era modelado por geometrías como parábolas y elipses.*
>
> ***E_{15}:Por el lado histórico observamos que uno de los mayores dificultades que se tuvo en el inicio de estos conceptos fue, primero entender el fenómeno físico desde la lógica, ya que para muchos autores los describían desde el empirismo sin mirar más allá de lo que netamente nos pueden decir nuestros sentidos, así en la clase aprendimos a observar, en todo el sentido de la palabra y a relacionar todas las formas en las que podemos observar para dar una explicación clara y detallada sobre el observador, observado y observable, a ver más a fondo y a entender que de un fenómeno físico, podemos observar mucho más que solo una descripción de esto y que para dar una argumentación de esto tenemos que usar todos los recursos posibles y en esto está la matematización del mismo*.

En estas intervenciones se vio la intención de asumir la matemática como el fundamento. Pues según los estudiantes, los científicos que de algún modo aportaron a los conceptos de gravedad se basaron en la matemática o la matematización como el sustento de su trabajo, que hizo aporte al desarrollo del concepto. Los demás fragmentos clasificados en esta tendencia son similares y entienden el papel de la matemática en el desarrollo de la física y de sus diferentes conceptos, como crucial y además de facilitador del entendimiento del sentido de los tópicos tratados

Ejercicios con enfoque epistemológico:

Se les pidió a los estudiantes que Tomaran como punto de partida las reflexiones que se hicieron en clase en torno a algunos conceptos de la física. Con base en ello se les pidió

que elaboraran inferencias sobre lo que ellos podrían entender como matematización de la física. En este ejercicio se obtuvieron fragmentos muy similares al siguiente:

> ***E_{15}:*** *(…) Si miramos la parte epistemológica es dar una explicación del porqué de las cosas también se facilita el usar la matemática como una arma para esto, la matematización de la física es dar un sentido lógico de los fenómenos físicos.*

Esto significa que los estudiantes consideran a la matemática un "arma", la definen o la entienden como algo que les va a servir para tratar de dar un sentido lógico y una manera más fácil de tratar el fenómeno o la situación a tratar.

Ahora, en el ejercicio donde se entregó a cada estudiante una hoja diciendo: "Si piensas en todo lo que se debería enseñar alrededor de los siguientes conceptos ¿Qué enseñarías sobre cada uno de ellos?" -Fuerza de atracción de la gravedad - Aceleración de la gravedad -Onda electromagnética -Dualidad onda partícula -Energía cinético-molecular -Equilibrio térmico.

> ***E_{9}:***
> *Fuerza de atracción de la gravedad: Representación gráfica de vectores, operaciones entre vectores. Esto para luego poder representar una fuerza.*
>
> ***E_{26}:***
> *Fuerza de atracción de la gravedad: En primera instancia enseñaría la definición matemática que Newton postulo ya que esta relación se cumple en nuestro sistema de referencia tierra, pero además, enseñaría según Einstein el comportamiento físico de esta atracción como él lo explico por medio de la curvatura del espacio-tiempo.*
>
> *Dualidad onda partícula: Explicaría el comportamiento probabilístico de las partículas fundamentales como movimientos ondulatorios a los cuales no estaría bien definida su posición.*
>
> ***E_{25}:***
> *Aceleración de la gravedad: Explicaría el concepto de aceleración como la razón de cambio de la velocidad y el tiempo.*

En este ejercicio los alumnos dejan ver sus intenciones de privilegiar el modelo matemático. En cada intervención se usaron expresiones como vector, Razón de cambio, definición matemática, comportamiento probabilístico para expresar los contenidos que según ellos deberían ser enseñados en relación a cada concepto. Como se ve en los anteriores episodios la matemática tiene una presencia importante en sus posibles explicaciones.

En otra actividad en la que se debe poner atención es cuando se entregaron diferentes montajes de laboratorio a los estudiantes. Luego se les pidió que hicieran un análisis teniendo en cuenta las siguientes preguntas en el desarrollo del trabajo

1. Cuál es el constructo teórico o la estructura conceptual del fenómeno
2. Identificar las características de lo observado
3. Definir los observables involucrados en el fenómeno

El grupo G_1 le corresponde el montaje de un péndulo simple. Este grupo hace todo un desarrollo matemático y hace toda la explicación basado en esto; se puede ver que hacen desarrollo completo y muy detallado del fenómeno paso a paso además se ve la intención de mantener una rigurosidad en el desarrollo del constructo teórico que ellos consideraron pertinente. Además de ello, en este fragmento se comprendió la lógica de los esquemas matemáticos usados y se usaron los algoritmos con los que se representa comúnmente el fenómeno en estudio. Lo que da más certeza en el uso de este estilo de matematización en la manera que usa este grupo en el ejercicio. :

G_1:
En principio para analizar el péndulo nos basaremos en la segunda ley de newton y un diagrama de cuerpo libre.

(Hacen un dibujo del péndulo)

$$\sum F_y = T - mg\cos\theta = ma_c$$

$$\sum F_x = mg\sin\theta = ma_t$$

$$\vec{S} = l\theta \qquad \theta = 15°$$

$$\theta \approx \sin\theta \approx \tan\theta \qquad mg\sin\theta = ml\ddot{\theta}$$

$$\frac{g}{l}\sin\theta = \alpha$$

$$\ddot{\theta} - \omega_0^2\theta = 0 \leftarrow \theta - \frac{g}{l}\theta = 0 \qquad \frac{g}{l}\theta = \theta$$

Ahora se procede a definir el periodo del péndulo

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g}{l}}} = \sqrt{\frac{l}{g}}2\pi$$

Donde se define ω_0 como la frecuencia natural de oscilación advirtiendo que el péndulo de oscilación no depende de la amplitud
Ahora bien, utilizando el principio de la conservación de la energía y teniendo en cuenta que no existe ningún mecanismo de disipación de energía

(hacen un dibujo del péndulo resaltando el ángulo θ y la altura desde el punto mínimo hasta la altura de una oscilación)

$$E_A = E_B$$

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

$$mgl(1 - cos\theta) = \frac{1}{2}mv^2$$

$$h = l(1 - cos\theta)$$

$$mgl(1 - cos\theta) = \frac{1}{2}m(l^2\omega^2)$$

$$g(1 - cos\theta) = \frac{1}{2}l\omega^2$$

$$gsin\theta\,\omega = 2\,\omega\,\alpha\left(\frac{1}{2}l\right)$$

Por la aproximación de ángulos pequeños

$$sin\theta \approx \theta \approx tan\theta$$

$$gsin\theta = \alpha l$$

$$\frac{g}{l}\dot{\theta} = \ddot{\theta} \qquad \text{siendo} \qquad \omega_0^2 = \frac{g}{l}$$

$$\ddot{\theta} - \dot{\theta}\,\omega_0^2 = 0 \quad (1)$$

De aquí que la solución a la ecuación diferencial homogénea de segundo orden (1) es:

$$\theta(t) = \theta_0 cos(\omega_0 t + \varphi)$$

Donde θ_0 → *Amplitud inicial*

ω_0 → *Frecuencia natural de Oscilación*

φ → *Constante de fase*

Ahora teniendo en cuenta y analizando la energía total del sistema

$$E_T = K + U$$

$$E_T = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$$

Se obtiene que $E_T = \alpha A^2$ *y se concluye que la energía total del sistema es proporcional a la amplitud al cuadrado*

Ejercicios con enfoque filosófico

Se les pidió a los estudiantes que Describieran las reflexiones hechas en clase sobre la relación entre matemática, experimentación y formulación de leyes en los fragmentos clasificados se encontró que ellos describían la matemática como lo fundamental e imprescindible para la experimentación y la formulación de las leyes como se ve en el siguiente párrafo.

> ***E_5*** *:(…) Ya con la formulación de leyes, primero se debe construir un modelo matemático que me dé evidencia del fenómeno o la circunstancia que se esté dando, luego comprobar si esto es realidad con el experimento para luego analizar y construir qué tipo de ley es ya que hay leyes universales, leyes empíricas, leyes estadísticas y leyes lógicas, para poder caracterizar lo que se está estudiando, esto inmerso la matemática que nos va a decir que tipo de ley es la que estamos construyendo. (…)*

Luego, se les pidió a los alumnos que teniendo como punto de partida las reflexiones hechas en torno a algunos conceptos de la física, elaboraran inferencias sobre lo que podría entenderse como matematización de la física, un estudiante declara lo siguiente:

> ***E_{18}:*** *(…) no sé qué tan buen matemático se tenga que ser para ser un buen físico, pero vaya que facilita su trabajo y desarrollo de un postulado como en la relatividad especial por ejemplo, el desarrollo de espacios como el de Minkowsky, matrices, calculo diferencial, integral, multivariado, son el resultado de eso de la lógica matemática, la relación causa y efecto o el antes y después también se incluye porque hay que pensar muy bien para responder a los cuestionamientos de situaciones problema, como en física o saber comprender lo que está leyendo, la lógica matemática seguro hará de estos procesos algo mucho más fácil de solucionar*
> *Así que la matematización de la física es el conjunto de pasos para explicar una ley, para probarla e incluso para enunciarla y representarla con unos símbolos como* $E = mc^2$ *; detrás de esta ecuación física hay un lenguaje matemático consecuencia de pasos, procesos, silogismos y el uso de la lógica*.

Se evidencia que ***E_{18}*** expresa un cuestionamiento filosófico en marco de este ejercicio, pues como se ve en el fragmento anterior, su argumento se basa en una preocupación valiosa en la lógica de este trabajo. La preocupación es "*no sé qué tan buen matemático se tenga que ser para ser un buen físico*", es decir, se pregunta en qué manera su formación en matemática específicamente le permitiría ser mejor entendiendo y desarrollando la física, lo cual es muy diciente en la preocupación de la manera como se entiende la matemática y su relación con la física en su formación. Este estudiante, deja una pregunta abierta cuando se le pregunta por lo que entiende por matematización, que podría entenderse como una cuestión que tal vez le ha surgido en su formación como licenciado en Física, que no ha podido responder. También podría ser, que esto le ha venido inquietando y es en este espacio que ha encontrado su oportunidad de expresar dicho cuestionamiento.

En todos los anteriores fragmentos, se podría decir que los estudiantes asumieron la estructura matemática como fundamento o como sustento ya fuera en los ejercicios de carácter histórico donde la privilegiaron en los aportes hechos por los diferentes científicos o epistemológico donde su eje fundamental fue la matemática, ya fuera para el desarrollo del ejercicio o el desarrollo del concepto mismo y en los filosóficos donde la privilegiaron como el sustento de los desarrollos hechos por los científicos. Además los estudiantes hacen énfasis o insisten en "usar la matemática" es decir entenderla como algo independiente a la física que se debe aprender, o aprender a usar como una herramienta o "arma", como prerrequisito al aprendizaje y tratamiento de la física.

Matematización a partir de procesos físico-matemáticos

Ejercicios de enfoque histórico

Cuando los estudiantes Describieron las reflexiones hechas en torno al resultado observado en la línea del tiempo de los conceptos de calor y temperatura se encontró el siguiente párrafo que pertenece o se acerca a la manera de matematizar que se basa en procesos físico-matemáticos. El estudiante vio la necesidad de identificar las variables, que intervenían en la ecuación que le pareció importante en el desarrollo histórico de los conceptos de calor y temperatura:

> ***E_{18}:*** *Los conceptos de calor y temperatura fueron analizados desde la concepción platónica y aristotélica hasta la modernidad (...)*
>
> *los conceptos Calor y temperatura desde 1840 aproximadamente con la ecuación de estado* $PV = nRT$ *P=presión V=volumen n=número de moles R=constante de los gases ideales y T=temperatura absoluta, Boltzman gracias a la teoría cinética de los gases llega a que para un gas monoatómico* $\tau = \frac{3}{2}KT$ *y con base en la estructura del átomo y de los elementos de la materia se llega a estas importantes ecuaciones que explican el movimiento de las moléculas en un reservar basándose también principalmente en la mecánica Newtoniana porque hasta la modernidad siglo XX: con el artículo del movimiento Browniano planteado por Albert Einstein se determina que una partícula se mueve de manera aleatoria y que su velocidad cuadrática, media al igual que su posición, dirección y estado se pueden explicar desde la probabilidad la estadística: procesos estocásticos. El concepto de calor ha sido modificado desde la primera ley de la termodinámica* $\Delta U = \pm\Delta Q \pm \Delta W$ *hasta llegar a que se puede expresar con la Entropía* $\Delta S = \oint \frac{\Delta Q}{T}$ *como medida del calor, así que por lo tanto a medida que avanzan los alcances y la ciencia, el pensamiento y la forma de interpretar los conceptos también lo hacen, mejorando, modificando y generalizando las interpretaciones en este caso del calor y la temperatura, recordando también a Bernoulli quien dejó como legado el concepto de presión atmosférica, base también del vacío. Así mismo la invención de termómetros entre otros aparatos de medición han aportado positivo al avance de la ciencia, sé que me faltaron varios autores y físicos por agradecer por cada contribución que han hecho el estudio de esta ciencia sin embargo parto del principio de la estructura de la materia para llegar hoy en día al análisis cualitativo y cuantitativo desde lo microscópico*

Podemos entender este episodio como parte de la manera de matematizar a partir de procesos físico-matemáticos ya que el estudiante al abordar de manera histórica el concepto de calor y temperatura identifica las variables que según el hicieron parte de la concepción que se tenía del concepto en esa parte de su abordaje histórico.

Ejercicios de enfoque epistemológico

Los siguientes episodios ocurren en la actividad en la que se les entregan los diferentes montajes a los estudiantes que se debieron organizar en grupos para hacer un posible análisis guiado por las siguientes preguntas.

1 Cual es el constructo teórico o la estructura conceptual del fenómeno

2 Identificar las características de lo observado

3 Definir los observables involucrados en el fenómeno

En este tipo de ejercicio se encontró que los estudiantes identificaban las diferentes variables que según ellos intervenían en el fenómeno físico antes de hacer uso de las ecuaciones. Además en general se evidencia que estos apartes extraídos de los discursos de los estudiantes, tienen en común, el abordaje de los diferentes conceptos con una corta definición, que según ellos, tienen cabida en el constructo teórico, o en las características del montaje que les corresponde analizar.

***G_2**: Mesa de fuerzas*

Constructo teórico

Vector: Es una cantidad física que se caracteriza por tener Dirección, sentido y magnitud:

Fuerza: Es una interacción entre mínimo dos cuerpos la cual se considera como una cantidad vectorial.

Equilibrio de fuerzas: Son diferentes fuerzas que actúan un sistema determinado y generan un estado de reposo o una velocidad constante en el mismo.

Fuerza gravitacional: Es la fuerza de atracción que se genera al interactuar mínimo dos masas, y que varía con el inverso del radio al cuadrado (…)
(…)(En esta parte se encuentra un plano cartesiano con tres tensiones T_1, T_2, T_3 con la siguiente distribución: T_2 en el eje negativo X, T_3 = en al eje negativo de Y y T_1 = con un ángulo $\alpha = 40°$ con respecto al eje positivo X)
Luego plantean las siguientes ecuaciones

$$\sum x = -T_2 + T_1 cos\alpha = 0 \quad (1) \qquad \sum y = -T_3 + T_1 sin\alpha = 0 \quad (2)$$

Haciendo un proceso algebraico llegan a

$$T_2 = T_3$$

***G_3:** Plano inclinado con el cubo de diferentes superficies*
Características de lo observado

Fuerza de fricción es una fuerza que está presente cuando dos superficies en contacto y una o incluso ambas tienen una resistencia al movimiento sobre el otro.
Masa: Definimos la masa asociada a una medida de inercia porque depende del trabajo que necesitamos hacer para poder mover dicha masa y sacarla de reposo

Peso: Fuerza de atracción gravitacional que en este caso es la tierra le ejerce al paralelepípedo que ya describimos, o en general a cualquier cuerpo que tenga masa
Aceleración Cambio de velocidad con la que se mueve el cubo
Coeficiente de fricción: Es un número que depende de las superficies. Nos dice cual es la mínima fuerza para mantener un cuerpo quieto, coeficiente estático- cinético
Fuerza normal: Es la fuerza de acción-reacción del peso del cubo de madera respecto a su peso
***G_4:** Péndulo vertical*
Constructo teórico
Oscilación: Es un movimiento de va y ven

Frecuencia: Que tan seguido ocurre un suceso

Periodo: El tiempo que se demora en dar una oscilación

Energía potencial elástica: Energía asociada a las elongaciones y construcción de un sistema elástico

Elongación: Cambio de la longitud del resorte

Contracción: Disminución de algún objeto por medio de una fuerza

Fuerza elástica: Es una fuerza restauradora que hace que el resorte vuelva a su estado de equilibrio

Energía: Capacidad o potencial para realizar un trabajo

Al igual que en la anterior, el indicio que muestran los alumnos a preferir la matematización a partir de procesos físico-matemáticos, es al identificar las variables que para ellos intervienen en el fenómeno. Podemos entender esto como un acercamiento a esta manera de entender la matematización ya que al analizar cuál es el constructo teórico o la descripción aparecen las diferentes variables y una pequeña definición pero no surgió otro indicador que permitiera tener mayor certeza.

Ejercicios con enfoque filosófico

:

A los estudiantes se les preguntó ¿Cuáles fueron las reflexiones desarrolladas en clase sobre el sentido del "observable" cuando se estudian fenómenos físicos? Y además de ello se les pidió que dieran un ejemplo.

***E_2:** Las reflexiones hechas en clase sobre los observables son de qué manera un fenómeno físico se puede comprender y analizar mostrando como se describe, argumenta y se explica el fenómeno para así ver las caracterizaciones del fenómeno*

Ejemplo: Péndulo simple

Los observables

- *Conservación e la energía*

- *Movimiento armónico simple*
- *Gravedad*
- *Momentum angular*

En el fragmento anterior se identifican, al reflexionar sobre sobre el sentido del "observable", el estudiante hace una lista con las principales variables para trabajar el fenómeno. Se hace la aclaración de que no es previo al uso de las ecuaciones, es decir se puede argumentar que se cumple en parte la condición pero deja entrever la posible predilección de usar este estilo de pensamiento al matematizar en medio del desarrollo de un ejercicio de corte filosófico.

De manera general, se puede decir que los fragmentos tratados anteriormente tienen una tendencia a la matematización por procesos físico-matemáticos, se aclara que es una tendencia ya que lo que se observa es que se cumple solo una de las condiciones, lo que no nos deja ver de manera concluyente o fuerte esta tendencia. Pero lo importante y que es de resaltar, es que si existe evidencia de que los estudiantes pueden tener este estilo de matematización, pero que no es muy común o no es muy conocida dentro de su formación.

*Matematización como complemento del estudio fenomenológico (***EstudFenom)**

Empezamos con el indicador que no tiene ninguna cita, que es "*A partir de la descripción hace el análisis del fenómeno",* el cual no es encontrado en ningún discurso durante el seminario, tal vez no se consideraron importante al hacer las descripciones en este tipo de ejercicios.

El siguiente indicador "*Analiza el fenómeno físico desde la historia y la epistemología"*. Este indicador se presenta en la mayoría de ejercicios de trasfondo epistemológico y filosófico (ver grafica) este se presenta en su mayoría cuando se pide pensar en las leyes de la física y dar un posible cómo y por qué. Y en otros casos cuando hay algún tema polémico como una dualidad del concepto luz.

"Desarrolla reflexión y debate sobre el problema físico en cuestión" es el indicador que sigue en la rejilla de observación, este se presenta en los ejercicios donde se requiere abordar los conceptos como: Luz, calor, gravedad, tiempo, materiales ferromagnéticos. Esto se puede entender como una tendencia a privilegiar el tratamiento de estos conceptos a través de miradas críticas y reflexivas, por ser conceptos cruciales al entender la los diferentes fenómenos y ejercicios que se tratan comúnmente.

Ahora, el indicador con más citas en todos los trabajo. *"Describe las relaciones que ocurren en el fenómeno",* lo característico de este indicador es que los estudiantes al trabajar cualquier concepto, la tendencia era usar, para sus explicaciones, la descripción del

fenómeno y sus características. Otra característica era abandonar las ecuaciones para manejar el tema, claro está, que esto no implica que se abandone del todo la matemática, pues en algunas de estas citas se complementaba lo dicho con las ecuaciones. Lo anterior fue organizado en el siguiente indicador; *"Posteriormente a la comprensión del fenómeno busca la relación con la ecuación"*, ahora bien, este indicador también aparecía en las reflexiones de trasfondo filosófico donde se preguntaba por la matematización.

"Se privilegian las experiencias sensomotoras para entender el fenómeno", es el último de los indicadores de esta categoría. La mayoría de las citas son detectadas en el ejercicio filosófico de la definición y concepciones del tiempo; los estudiantes acuden en su mayoría a experiencias como el día y la noche para definir o hablar del concepto tiempo.

Ejercicios de enfoque histórico

Uno de los ejercicios con más información fue cuando trabajaron las líneas de tiempo para los conceptos de luz y gravedad. Se tenía que representar en un eje de tiempo, cuyo punto cero fue la época de Cristo; este ejercicio se realizó en grupos de dos integrantes y tuvo un gran interés entre ellos además se invirtieron varias clases para realizarlo. Los estudiantes en su mayoría clasificaron toda la información en cinco grupos significativos

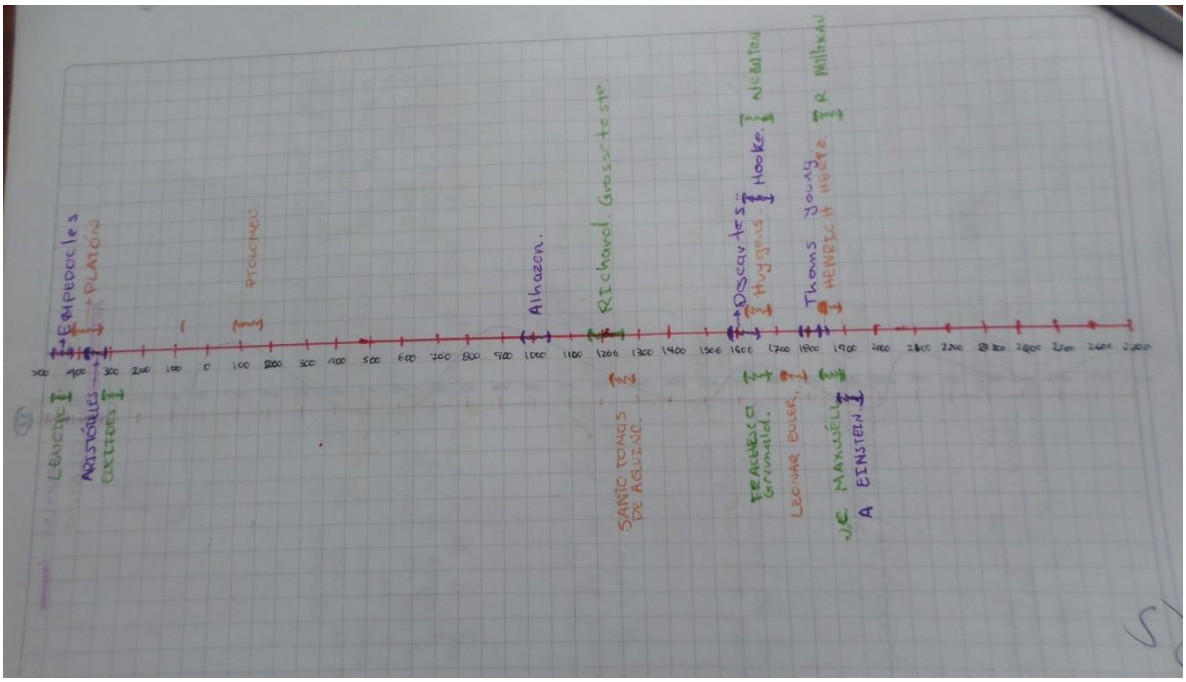


Imagen 2 Foto de la línea de tiempo construida por los estudiantes para analizar el desarrollo histórico de la luz

Fuente: los autores

En esta sesión se realizan reflexiones y debates sobre el problema físico de la luz estos estudiantes hablan del dilema de si la luz era considerada o no materia en esta época y además de la consideración de si la velocidad de la luz era o no infinita en una época más reciente. Los estudiantes que hicieron estas reflexiones reconocen los dilemas y debates sobre los que se ha apoyado el desarrollo del concepto de la luz.

> ***E_{23} y E_9:***
>
> *Línea de tiempo de la naturaleza de la luz*
>
> *Hacen 5 grupos y los caracterizan de la siguiente manera*
> *(…)*
> *:965 – 1300*
> *En esta época hablan de la formación de la imagen por medio de rayos, pero además se presenta el dilema de si la luz es o no materia.*
> *1600 – 1900*
> *Hay presión en la propagación de la luz la cual necesita de un medio. Surge la cuestión de si la velocidad de la luz es infinita o finita y agregan que son cuerpos corpusculares sino que tiene comportamiento de onda*
>
> *(…)*

Otro fragmento del mismo ejercicio nos indica que se privilegiaban según estos alumnos las experiencias sensomotoras en el primer grupo de científicos en el que se habló acerca de la luz. Es decir ellos asumían según la información que tenían que los primeros aportes hechos a la formación del concepto iban por la vía de las experiencias sensoriales.

> ***E_{19}, E_7, E_{21}:***
> Luz
> Grupo 1
> *Este grupo hace referencia a emociones o sensaciones percibidas por el ojo, dicho movimiento se realiza en un tiempo determinado debido a alguna fuente, para este grupo era importante denotar la materia como un conjunto indivisible. La luz va a depender de un medio y tiene propiedades y características (tales como reflexión y refracción) (…)*

Podemos entender este episodio como la preferencia por la matematización como complemento del estudio fenomenológico, ya que en esta actividad de enfoque histórico al hablar del fenómeno de la luz, los estudiantes hacen reflexión sobre las diferentes maneras de abordar el tema que han surgido históricamente al tratar de entender el fenómeno.

Además le dan un papel relevante a los sentidos para hacer la interpretación y entendimiento del fenómeno.

Ejercicios de enfoque Epistemológico

En este ejercicio se organizaron los estudiantes por grupos y se les asignaba una ley física para que respondan las siguientes preguntas:

¿Qué tipo de ley es?

¿Qué relación tiene con el mundo real y posible?

Describir el por qué y el cómo

El siguiente fragmento nos indicó los alumnos Analizaban el fenómeno físico desde la historia y la epistemología

> ***G_1:*** *Ley de Coulomb*
> *(…)*
> *¿Cómo?*
> *Charles Agustín de Coulomb desarrollo la balanza de torsión con la cuál determinó las propiedades de la fuerza electrostática. La balanza consta de una barra que cuelga de una fibra la cual podía torcerse, al girar la barra la fibra tiende a hacer regresar la barra a la posición en la cual se encontraba, de esta manera conoció la fuerza de torsión que la fibra ejercía sobre la barra, es posible determinar la fuerza sobre la barra.*
>
> *La ley de Coulomb es conocida como la ley de las cargas ya que es por medio de las cargas de un material que se puede explicar la interacción entre ellas debido a si es positiva o negativa.*

La anterior cita muestra que el grupo, al describir el "cómo" de la ley de Coulomb recurren a la utilización de la historia para indicar un trabajo experimental crucial en la formulación de la ley, que es un indicio de utilizar la matematización como complemento al estudio fenomenológico. .

En algunos ejercicios de corte epistemológico los estudiantes generaron reflexiones y debates sobre los problemas tratados. En general, como se ve en la siguiente evidencia la intención de los estudiantes es estimular el debate con las preguntas que según ellos, inquietarían a o que aún no tiene solución, para sus futuros estudiantes.

El ejercicio trataba de pensar en todo lo que se debería enseñar alrededor de los siguientes conceptos ¿Qué enseñarías sobre cada uno de ellos?- Fuerza de atracción de la gravedad -

Aceleración de la gravedad-Onda electromagnética -Dualidad onda partícula -Energía cinético-molecular -Equilibrio térmico a lo que un estudiante responde

> ***E_{16}:*** *Aceleración de la gravedad*
> *Siempre asegurar que existen preguntas sin responder*
>
> *Explicar de dónde proviene, sus varios porqués; la explicación grafica para deducir cada planeta posee una diferente, su medición, sus aplicaciones sus consecuencias para todos los cuerpos.*

Describir las relaciones que ocurren en el fenómeno es, otra señal clara de la tendencia a usar esta manera de matematizar. Y como se puede ver en los apéndices (2) es el indicador con mayor cantidad de unidades de análisis o frases.
Esta tendencia se presenta cuando los estudiantes tratan de describir lo que pasa en los fenómenos dados a estudiar, es la manera más usada por los estudiantes para darse a entender. Algo característico de este estilo es que dejando de lado la ecuación, los estudiantes intentan comunicar el fenómeno.
Se insiste en que se debe tener claro, que no es que los estudiantes abandonen de manera absoluta ecuaciones, sino que en vez de que su discurso gire en torno a dicha ecuación, esta ecuación, sin perder de vista la seriedad del asunto, toma otro papel que puede llamarse "secundario".

El ejercicio trataba de pensar en todo lo que se debería enseñar alrededor de algunos conceptos sobre física y se debía responder a grandes rasgos qué se enseñaría sobre cada uno de ellos

> ***E_{8}:*** *Energía cinético-molecular*
> *Es una teoría de los gases, el cual muestra a nivel atómico que las partículas están en constante movimiento, muestra el calor de los objetos el cual es una de las leyes de la termo dinámica*
> *Equilibrio térmico*
> *Es el momento en que los términos están en la misma temperatura, el cual suspende el flujo de calor.*
> ***G_1*** *Ley de acción y reacción*
> *Def: cuando un cuerpo A ejerce una fuerza sobre un segundo cuerpo B este ejerce una fuerza en sentido contrario pero de igual magnitud y dirección sobre el cuerpo A*
>
> $$F_{AB} = -F_{BA}$$

Otro ejercicio en el que aparecen varios datos que se asimilan a los rasgos de la descripción de las relaciones que ocurren en el fenómeno es en la sesión donde se entregó un dispositivo que consta de dos imanes, y se pidió que se hiciera la descripción de tal dispositivo luego explicar lo que describió y por último argumentar sobre el fenómeno

> ***E_{25}:*** *Explique lo que escribió:*

El fenómeno que observé es de interacción magnética debido a que las líneas de campo generadas por el imán son distintas al colocarse juntas. Básicamente la polaridad es la causante del comportamiento de los dos imanes, si la parte positiva del imán 1 hace *contacto con la parte negativa del imán 2 estos se atraen*
Por el contrario si la parte negativa hace contacto con la parte negativa del imán 2 se repelen
(Hace dibujos muy pequeños de los imanes)

E_{16}: *Por algún tipo de acción a distancia (debe ocurrir la repelencia) el montaje del "fenómeno" permite realizar algunas medidas adicionales para comprobar este efecto, este efecto o fenómeno ocurre debido a que las barra poseen una propiedad natural que llamamos magnetismo, que se presenta cuando ocurre un desplazamiento de carga eléctrica en la estructura interna de la varilla/barra. Este fenómeno posee una naturaleza vectorial de polos (Su dirección está de norte a sur, digamos) y aquello determinará la naturaleza de la interacción a distancia, ya que las barras también poseen propiedades atractivas así: (hace dos dibujos de las dos barras en uno con una acción repulsiva y en otra atractiva)*

La preferencia a usar las experiencias sensomotoras para entender el fenómeno, es la última característica presente en el análisis realizado. Es importante resaltar que es el segundo indicador con más frases citadas es decir la segunda característica que apoya el uso del modo de matematizar analizado en esta sección. Las siguientes citas, reflejan lo que los estudiantes enseñarían frente a determinado concepto. En estas citas se percibe la intención de privilegiar las aplicaciones y observaciones que harían parte de la vida diaria de sus futuros estudiantes.

.

E_8: Fuerza de atracción de la gravedad
Todo en el universo está restringido a leyes, la interacción del sol con los de los planetas, tierra luna, la caída de un cuerpo, son cosas que observamos en nuestro vivir, ya que la gravedad es la interacción de dos cuerpos que se atraen pero esto a nivel macro. Micro curvatura del espacio tiempo.

E_{16}: *Onda electromagnética*
Ec. Maxwell y sus consecuencias y como fueron derivadas; su transformación a ecuación de onda y sus invariantes; los experimentos que ayudan a comprender este fenómeno, como el de la rejilla de interferencia, como se aplica en la vida diaria y en el entendimiento de la naturaleza

Estos episodios se entienden como una tendencia a describir los las relaciones que existen en el fenómeno al exponer lo que para ellos sería importante a la hora de enseñar

determinado concepto en esto se ve que los estudiantes no parten de la ecuación ni de ninguna expresión matemática para abordar las posibles explicaciones.

Ejercicios con enfoque filosófico

Este tipo de ejercicios abordados en el marco del seminario permitían y animaban a los alumnos a pensar o repensar algunos conceptos que ha tratado a lo largo de su carrera. Los resultados obtenidos al tratar de ver las ideas de la matematización por complemento fenomenológico, en el marco de estos ejercicios nos muestran en general que las características de este estilo de matematizar se encuentran en los ejercicios filosóficos.

> ***E_8:*** *Dualidad onda partícula*
> *Mostrar la relación que tienen los movimientos ondulatorios de la luz y las partículas con los movimientos de pepa o partícula, mostrar de donde surge esto Planck, Einstein, De Broglie, etc.*

Algo común de este tipo de ejercicios era el tratamiento de conceptos de la física que pudieron llegar a ser polémicos en las clases del seminario, pues daban pie a debates importantes y a reflexiones de la misma naturaleza

Los fragmentos que se encontraron en el ejercicio de carácter filosófico del tiempo. Se ve que en la mayoría de estas citas se relaciona el tiempo con el diario vivir, y con los fenómenos del día y la noche y de hecho algunos se refieren al tiempo como una invención del hombre en relación a su entorno.

> ***E_3:***
> ***¿Cómo sabe que el tiempo transcurre?***
>
> *Teniendo en cuenta que todo en nuestro alrededor se encuentra en constante movimiento no hay un reposo absoluto, los seres vivos tales como plantas, animales, etc., presentan un deterioro notable en la estructura biológica, por esta razón yo representaría que el cambio de movimiento viene acompañado de algo intangible pero que esto hay y llamamos tiempo.*
>
> ***¿Existe el tiempo sin la existencia del ser humano?***
>
> *Tiempo es el nombre que se le dio a través del desarrollo del lenguaje científico " ser humano" y si llegado el caso, el ser humano no existiera todo nuestro entorno seguiría bajo la acción del tiempo pero sin nombre alguno.*
>
> ***¿Cuál es la mejor forma de medir el tiempo?***
>
> *Históricamente se usaba la posición del sol, posteriormente se han desarrollado dispositivos que hasta toman hasta millonésimas de segundos, teniendo en cuenta que todos los métodos de medición tendrán un margen de error por esto no se es totalmente exacto.*

¿Cuál es la función del concepto tiempo en la comprensión del mundo?

El concepto es utilizado para nombrar esto que es intangible e invisible pero que a su vez está acompañada y relacionada estrechamente con el movimiento

E_{29}:
¿Existe el tiempo sin la existencia del ser humano?

Esta pregunta se puede trabajar con la analogía de los números, ya que estos son una invención humana, pero respecto al tiempo no lo sé, ya que es un medio para medir el transcurrir de cualquier evento; si no existiera el ser humano probablemente no habría algo que lo pueda medir y caracterizar.

Pero es viable que si exista algo en el universo, este algo tiene una duración o un transcurrir, por más pequeño que sea, así a esto se le considere el tiempo para la raza humana.

De este ejercicio se obtienen debates y reflexiones importantes de la concepción que se tiene del concepto de tiempo, pues es la manera de abordar este concepto de parte de algunos estudiantes, además que las preguntas al tener el enfoque filosófico incitan a ello.

Posteriormente a la comprensión del fenómeno busca la relación con las ecuaciones es una característica importante de esta manera de pensar la matematización. Además es importante ver que al tratar de reflexionar sobre lo que es la matematización se cumple esta característica pues ayuda a sustentar lo que se ha estado diciendo que utilizar o pensar en esta manera de matematizar no es abandonar de manera definitiva las ecuaciones, sino darle un lugar y una relevancia diferente en la discusión. Como se ve en la siguiente evidencia.

E_{22}: *Para la construcción de este concepto, a través de la experimentación, se pueden hacer observaciones sistemáticas de cuerpos en caída libre, llevar a cabo registros de las distancias recorridas y el tiempo en el que ocurre, un primer acercamiento es hallar la razón de cambio entre la posición y el tiempo para hallar la velocidad, debería observarse entonces que esta velocidad no sea un único valor, sino que varía. Una segunda aproximación es observar entonces una razón de cambio entre velocidad y tiempo (aceleración), y debería observarse que se obtiene el mismo número o aproximadamente el mismo.*

Entonces se puede deducir que los cuerpos caen aceleradamente y este valor es siempre el mismo (constante)

Finalmente una gráfica de posición contra tiempo cuadrado, esto con el fin de conseguir una razón relacionada con aceleración $\left[\frac{m}{s^2}\right]$ *o hacer lineal la gráfica entre posición y tiempo, nos puede arrojar una ecuación matemática que describe la manera en la que caen los cuerpos*

$$Y(t) = \frac{1}{2}gt^2$$

Donde g es el valor constante de aceleración hallado anteriormente, y teniendo positivo el desplazamiento hacia abajo, además para un cuerpo que parte del reposo $v_0 = 0$

E_{26}:

Matematización de la física podría entenderse como una manera de contestar el porqué de algún fenómeno físico, esto porque, se hace necesario además de la observación y la interacción con los sentidos para dar concepto o un fenómeno, utilizar la abstracción ya que por naturaleza no estamos en la capacidad de ver algunas cosas o mejor algunos fenómenos que ocurren a nuestro alrededor y por consiguiente se hace necesario explicarlos por otros medios y hasta el momento la matemática ha sido una buena aliada.

En el anterior fragmento el estudiante señala la observación y los sentidos como parte fundamental de construir y dar sentido al concepto, además dice que la abstracción y la matemática hacen parte de la formalización y explicación del fenómeno también apoyando la idea de la relevancia de la matemática expresada anteriormente. También esta cita entraría en el indicador de "*Posteriormente a la comprensión del fenómeno busca la relación con las ecuaciones"*, no hace uso de las ecuaciones pero en su lógica esto sería así.

6 Conclusiones

-Se concluye que en los debates surgidos en los diferentes espacios del seminario, hay una tendencia en los estudiantes a mostrar las 3 maneras de matematización que sugiere Vizcaíno 2013 , pero al observar el comportamiento de los resultados de manera más detallada, vemos que en los diferentes episodios los indicios a preferir alguna manera de matematizar se encuentran concentradas en algunos características específicas (indicadores) y algunos de ellos se encuentran vacíos o con muy pocas apariciones (ver grafica 1, 2, 3.), lo que nos diría que los estudiantes no reconocen las diferentes maneras de matematizar de manera consiente.

- Al contrastar lo encontrado con la organización temática y los diferentes temas del seminario. Se ve que la matematización tiene una relación directa con los ejercicios tratados sin importar si fueron históricos, epistemológicos, o filosóficos; es decir que sin importar la naturaleza del ejercicio se encontró evidencias de que en los discursos de los estudiantes había maneras diferentes de relacionar la física y la matemática diferente al uso de las ecuaciones.

-El resultado obtenido al analizar las diferentes evidencias obtenidas muestra que los estudiantes en su mayoría prefieren la matematización por modelación cuando se enfrentan a ejercicios donde tienen cabida al desarrollo del ejercicio de manera tradicional; pero cuando se enfrentan a ejercicios donde se les pedía o surgía debate, los estudiantes se inclinaban a preferir la matematización como complemento del estudio fenomenológico, es decir al tratar los contenidos de manera no tradicional surgían otras maneras de matematizar distinta a la que se conoce típicamente y que alimentaban sus diferentes reflexiones y debates.

- Se concluye en términos de la necesidad de ampliar la interdisciplinariedad que según lo encontrado que es necesario en el seminario disciplinar de la didáctica de la física tratar el tema de la matematización ya que los estudiantes conciben la matematización de la manera tradicional, pero en lo encontrado en las evidencias de este estudio de caso se muestra tienen otras maneras de pensar la matematización es decir es inconsciente. Se puede pensar que al tener un conocimiento de las maneras de matematizar se pueden ampliar las perspectivas de enseñanza de la física y de esta manera con los diferentes temas del seminario llegar a alimentar los criterios que permitan ejercer el ejercicio docente de manera alternativa a la tradicional

-Los estudiantes asumen el modelo matemático al inicio de sus explicaciones, pero cuando se los estudiantes procedían a hacer su explicación se inclinaban a caracterizar la fenomenología. El uso de ecuaciones no les ofrecía las herramientas suficientes para desarrollar su explicación y debate**.**

La importancia y motivación para querer aprender de enseñanza y aprendizaje de la física, es el gusto y el interés suscitado en la formación recibida en los seminarios de didáctica de la física. Esta formación llevo a tener un interés en la enseñanza de la física, tal que, se quiso aprender más sobre este campo. Por ello, hacer parte de una investigación en formación de profesores, fue una posibilidad para aprender más sobre el tema, y de paso aportar algo en la comprensión y el avance de los temas que se desarrollan en estos contextos específicos de formación.

Se puede añadir que de manera muy subjetiva se me ha despertado una curiosidad y un interés de entender y aprender sobre matematización, que esta puede llegar a alimentar y a modificar mi lenguaje para hacer una explicación es decir que puede llegar a ser un insumo importante a la hora de ejercer la profesión docente y también el interés por tratar de seguir investigando y aprendiendo sobre el tema de la matematización.

7 Otras consideraciones

¿Se podría consolidar la matematización para la enseñanza de la física como un campo de estudio? ¿De qué manera se debería tratar el tema de la matematización de manera transversal en los diferentes seminarios de didáctica o solamente en el de la dimensión disciplinar?

Son preguntas que nos quedan sin responder por el alcance del trabajo realizado pero que tal vez, se me ocurre, que pueden quedar más claras al mirar otras investigaciones hechas en esta vía o que se hagan en el futuro. Por ejemplo la tesis de: (Ruiz Vargas, 2019)

-Se puede llegar a considerar que al intentar entrelazar la matematización de la enseñanza de la física y la didáctica se puede plantear el desarrollo de diferentes ejercicios desde las tres maneras de matematizar y ver las posibles ventajas entre las tres maneras de abordar el fenómeno. Se puede tener en consideración el hacer una discusión o un estudio más a profundidad sobre como las maneras de abordar un determinado fenómeno o un ejercicio puedan potenciar el aprendizaje y la enseñanza del mismo, es decir en los diferentes ejercicios analizados en el presente trabajo se encontraron distintas maneras de abordar un ejercicio y como dependiendo de este abordaje se obtenía información e interpretación diferente; esto se puede tomar como insumo para tratar de hacer un paralelo o un comparativo de las ventajas y desventajas de abordar un ejercicio con una manera consiente y bien definida de matematizar.

Referencias Bibliográficas

Bardin, L. (1996). *El analisis de contenido .* Madrid, España: Akal.

Flick, U. (2007). *Introducción a la investigación cualitativa .* Madrid : Ediciones Morata.

Klein, J. (2007). Ensino interdisciplinar: didática e teoria. En I. C. Fazenda, *Didática e interdisciplinaridade.* (págs. 109-132). Campinas.: Papirus Editora.

Martínez, M. M. (2005). *El Método Etnográfico de Investigación.* Recuperado el 08 de 03 de 2019, de Universidad industrial Santander: https://www.uis.edu.co/webUIS/es/investigacionExtension/comiteEtica/normatividad/documentos/normatividadInvestigacionenSeresHumanos/13_Investigacionetnografica.pdf

Nardi, R., & Castiblanco, O. (2013). Un uso de la historia en la enseñanza de la didáctica de la física. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias v. 8, n. 2.*, 50 - 60.

Nardi, R., & Castiblanco, O. (2014). *Didática da Física.* São Paulo: Brasil: Editora UNESP.

Nardi, R., & Castiblanco, O. (2018). What and how to teach didactics of physics? An approach from disciplinary, sociocultural, and interactional dimensions. *Journal of Science Education*.

Papaleontiou, L. E. (2008). *Metacognition and Theory of Mind.* Newcastle. UK: Cambridge Scholars Publishing.

Papalontiuo-louca. (2008). *Metacognition and Theory of Mind.* Newcastle. UK: Cambridge Scholars Publishing.

RAE. (2018). *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 09 de Mayo de 2019, de https://dle.rae.es/?id=N7BnIFO

Redish, E. F., & Gupta, A. (2009). Making Meaning with Math in Physics:. En GIREP, *A Semantic Analysis. In.* Leicester.

Ruiz Vargas, J. R. (3 de Mayo de 2019). *Repositorio Universidad Distrital.* Recuperado el 10 de 9 de 2019, de http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/16117

Vizcaíno, D. F. (2013). Papel da “matematização” nas explicações de professores e alunos em disciplinas de física na formação inicial de professores.257. Doctorado en Educación para la Ciencia- Facultad de Ciencias, Universidade Estadual Paulista.

Vizcaíno, D. F. (2013). *Papel da “matematização” nas explicações de professores e alunos em disciplinas de física na formação inicial de professores.257. Doctorado en Educación para la Ciencia- Facultad de Ciencias, Universidade Estadual Paulista.* Bauru.

vizcaíno, D. F., & E., T. (2015). Diferencias trascendentales entre matematización de la física y matematización para la enseñanza de la física. *Tecné, episteme y didaxis*, 95-111.

Vizcaíno, D. F., & E., T. (2016). Significados de matematización en la enseñanza de la física presentes en libros didácticos de física universitaria. *Revista Tecné, episteme y didaxis.*

Yin, R. (1994.). *Case study research: Design and methods (2nd ed.).* New Delhi: London: Sage Publications.

ANEXOS

Rejilla de observación

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

SEMINARIO DE DIDÁCTICA DE LA FÍSICA

2016-3

Observador:

Fecha:

Profesor:

Temática tratada:

Duración de la clase:

Cantidad de estudiantes asistentes:

Descripción general de la secuencia desarrollada en la clase:

CATEGORÍAS E INDICADORES DE OBSERVACIÓN

1) La matematización a partir de modelaje matemático

Indicador	Si	No	De qué manera
Asume la estructura matemática como el fundamento de la explicación			
Comprende la lógica de los esquemas matemáticos			
Usa los algoritmos de manera apropiada al fenómeno en estudio			
Resuelve problemas a partir de los esquemas matemáticos			
Privilegia la matemática como punto de partida en la solución de un problema físico			
Comprende el uso de unidades de medida y análisis de dimensional de las ecuaciones			

2) La matematización a partir de procesos físico-matemáticos

Indicador	Si	No	De qué manera
Organiza los sistemas físicos			

mediante comparaciones			
Esquematiza situaciones físicas por medio de símbolos y representaciones			
Formula hipótesis como punto de partida para el estudio de un problema físico			
Proyecta procesos de corroboración de su hipótesis			
Identifica variables que intervienen en el fenómeno físico de manera previa al uso de las ecuaciones			

3) La matematización como complemento del estudio fenomenológico

Indicador	**Si**	**No**	**De qué manera**
Se privilegian las experiencias sensomotoras para entender el fenómeno			
Describe las relaciones que ocurren en el fenómeno			
A partir de la descripción hace el análisis del fenómeno			
Desarrolla reflexión y debate sobre el problema físico en cuestión			
Analiza el fenómeno físico desde la historia y la epistemología			
Posteriormente a la comprensión del fenómeno busca la relación con las ecuaciones			

Observaciones:

Anexos sobre los reportes obtenidos a través de Atlas Ti 7

En esta parte se muestran las frases que hacen las veces de unidad de análisis en la investigación expuesta anteriormente para mayor claridad se tienen algunos códigos que permiten la lectura de los datos:

P: Bitácora de cada sesión de la que se obtienen los resultados transcritos de los debates y escritos realizados por los estudiantes y se diferencian con el subíndice $P_1, P_2, P_3\ldots$

E: Estudiantes y se diferencia con el subíndice $E_1, E_2, E_3\ldots$

G: Grupos y se diferencia con el subíndice $G_1, G_2, G_3\ldots$

C categorías Diferenciada por el subíndice C_1, C_2, C_3 y estas en los indicadores $C_{1.1}, C_{2.1}\ldots$

También es preciso decir que se encuentran algunos comentarios surgidos mientras se caracterizaron algunos fragmentos

Matematización a partir del modelación matemático

C_1 *La matematización a partir de modelaje matemático*

$C_{1.1}$ *Usa los algoritmos de manera apropiada al fenómeno en estudio*

$C_{1.2}$ *Resuelve problemas a partir de los esquemas matemáticos*

$C_{1.3}$ *Privilegia la matemática como punto de partida en la solución de un problema físico*

$C_{1.4}$ *Comprende la lógica de los esquemas matemáticos*

$C_{1.5}$ *Comprende el uso de unidades de medida y análisis de dimensional de las ecuaciones*

$C_{1.6}$ *Asume la estructura matemática como el fundamento de la explicación*

> P_1:
> $C_{1.6}$
> $E_{13}\, E_{16}\, E_{18}$
> *Newton: Comprobó una ley de atracción de los cuerpos hacia el centro de la tierra y lo denomino como la ley de gravitación universal* $F = \frac{m_1 m_2}{r^2}$

Acá se privilegia la ecuación para empezar a hablar sobre la concepción que se tenía de la gravedad.

P $_1$:
C$_{1.3}$
E$_{22}$ E$_{14}$ E$_3$

Planteo de forma matemática la ley de atracción gravitacional de sus análisis dedujo una fórmula que relaciona las masas que ambos cuerpos a confrontar sobre el cuadrado de la distancia

En esta parte se puede ver que no se escribe directamente la ecuación pero la escriben en palabras, por tanto se dice que privilegian la matemática como punto de partida para hablar de la concepción que se tiene de este concepto en la época

P $_1$
C$_{1.6}$
E$_{22}$ E$_{14}$ E$_3$

Matematiza el movimiento de los planetas ubicando el sol en uno de sus focos

Hace alusión a matematizar el movimiento para explicar la noción de gravedad que introduce Kepler en esa época.

P $_1$:
C$_{1.6}$
E$_2$ E2$_8$ E$_8$

Establece la ley de gravitación, relacionado con la masa de dos cuerpos una constante y el radio de separación

En el fragmento anterior tratan de establecer una ecuación en palabras

P $_1$:
C$_{1.6}$
E$_{19}$ E$_7$ E$_{21}$

Coinciden en que existe algo en el universo que atrae a los cuerpos manteniendo en órbita a los planetas, invisible cuyo comportamiento era modelado por geometrías como parábolas y elipses

P $_1$:
C$_{1.6}$
E$_{15}$ E$_6$
Newton: halla una formula en la que relaciona 2 masas, la distancia entre ellas y una constante, que sirve para hallar la fuerza de interacción entre ellas

***P 2*:**
C1
E8

Como sabemos por una de las leyes de newton que $\frac{dp}{dt} = F$ *o* $F = m\frac{dv}{dt} = ma$ *todos los cuerpos cuando están en caída son acelerados por una fuerza que los atrae*

Cuando empieza el escrito escribe 2 ecuaciones y haciendo primero una breve introducción

***P 2*:**
C1.3
E26
Fuerza de atracción de la gravedad
En primera instancia enseñaría la definición matemática que Newton postulo ya que esta relación se cumple en nuestro sistema de referencia tierra opero además, enseñaría según Einstein el comportamiento físico de esta atracción como él lo explico por medio de la curvatura del espacio-tiempo.

En esta parte como la mayoría de los memos que se han escrito anteriormente se ve la intensión de privilegiar la matemática en la explicación del fenómeno

***P 2*:**
C1.3
E26
Aceleración de la gravedad
Explicaría sobre esto, por medio de la relación matemática de newton ya que para nuestro sistema de referencia tierra esta aceleración es constante, dependiendo de alguna distancia.

P 2:
C1.3
E26
Dualidad onda partícula
Explicaría el comportamiento probabilístico de las partículas fundamentales como movimientos ondulatorios a los cuales no estaría bien definidos su posición

Este alumno deja ver sus intenciones de privilegiar la matemática en cada concepto esta ves hablando de un "comportamiento probabilístico"

***P 2*:**
C1.3
E21
Fuerza de atracción de la gravedad

La materia atrae masa en su alrededor con una fuerza de aceleración determinada Sistema de referencia ¿masa es constante o no?

$\vec{f} = m\vec{a}$ $f = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$

Hace una pequeña introducción pero sin embargo se ve la intención de arrancar con la ecuación

P 2:
C1.3
E21
Energía cinético-molecular
Conceptos
- $E = \frac{1}{2}mv^2$ *clásica*
-variables: temperatura, volumen, presión
-moléculas -presión
-Átomos -temperatura
-sistemas -s. isobárico; isotérmico -Planck $E = h\nu$
-interacciones -movimiento

P 2:
C1.3
E2:
Fuerza de atracción de la gravedad

$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$ *Es una propiedad que depende de la distancia entre las masas y diferencia entre las masas*

Utiliza una formula en la que relaciona 2 masas, la distancia entre ellas y una constante, que sirve para hallar la fuerza de interacción entre ellas

P 2:
C1.6
E9
Fuerza de atracción de la gravedad

Representación gráfica de vectores, operaciones entre vectores. Esto para luego poder representar una fuerza.

Leyes de newton, la construcción de estas, para entender las interacciones que se generan entre los cuerpos u objetos.

Se puede decir que asume la estructura matemática ya que habla de una representación gráfica de los vectores

P $_2$
C$_{1.6}$
E$_{25}$
Aceleración de la gravedad
Explicaría el concepto de aceleración como la razón de cambio de la velocidad y el tiempo, el concepto de aceleración constante la cual se mantiene en valor

P $_3$**:**
C$_{1.3}$
E$_6$***, E***$_{15}$***, E***$_{18}$

Lectura de capitulo Ciencia y Religión (5)

¿Puede la ciencia aportar a la Religión? A lo largo de los años el escepticismo frente al tema es evidente, había vida después de la muerte? Pero el autor solo se encargará de la primera pregunta. Se ha querido representar el bien y el mal no solo como alegorías, la iglesia quiere ser lo mejor representada posible e incluso la ciencia ha aportado a ella, erradicando la superstición materialista de las cuestiones religiosas: Platón: filosofo, partió de las matemáticas

Se puede llevar esta cita a este indicador ya que al hacer la síntesis habla de la matemática como punto de partida de las aportaciones hechas por platón

P $_5$**:**
C$_{1.3}$
E $_{31}$ ***E***$_7$ ***E***$_{18}$ ***E***$_{24}$

¿Por qué?

$$\vec{F} = K\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r}$$

Sin más introducción ni nada más empiezan a trabajar con la ecuación. En esta cita los estudiantes recurren de primera mano a la ecuación, es lo primero que escriben en la hoja, recurren a la ecuación sin ninguna introducción.

P $_5$**:**
C$_{1.6}$
E$_{31}$ ***E***$_7$ ***E***$_{18}$ ***E***$_{24}$

$$\vec{F} = K\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r}$$

Donde $\vec{F}$ *es la fuerza eléctrica,* K *es la constante de proporcionalidad,* q_1 *y* q_2 *son las cargas que interaccionan* r^2 *es la distancia de separación entre ambas cargas y* $\hat{r}$ *el vector unitario. Esta ley permite hallar la magnitud de la fuerza eléctrica que existe entre las dos cargas las cuales se encuentran alejadas una cierta distancia, la dirección de esta fuerza es la misma línea que los une*

Se clasifica en esta categoría, porque luego de escribir la ecuación se empieza a nombrar las diferentes variables y de allí se empieza a fundamentar la explicación

P 5:
C1. 3
E19 E3 E17 E20
Ley de Gauss
¿Qué tipo de ley es?
$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$
Es una ley de tipo teórica, construida a partir de observaciones y leyes empíricas. Se cataloga como ley teórica y que hace uso de conceptos de entidades teóricas, como el campo eléctrico, la permitividad del vacío y la carga de una superficie.

P 5:
C1.4
E27 E23 E28 E9
Primera ley de la termodinámica
Definición:
El cambio de la energía interna de un sistema se define como la variación del trabajo y de calor que se emplean en el mismo
Su expresión matemática es: $\Delta U = \pm \Delta Q \pm \Delta W$

Especifica en palabras el significado de la ecuación antes de escribirla

P 5:
C1.3
E22 E2 E16 E26

Ley de Gravitación Universal
La naturaleza de la interacción de dos cuerpos que poseen masa es inversamente proporcional a la distancia que los separa al cuadrado
$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

En este grupo empiezan con la ecuación primero en palabras y luego la escriben

P 5:
C1.6
E 31 E7 E18 E24

2. ¿Qué relación tiene con el mundo real y posible?

La relación con el mundo real de la ley de Coulomb es que el mundo real está sujeto a cambios, en este caso las cargas podrían cambiar dependiendo del material estudiado y el medio en el que se esté analizando.

La relación con el mundo posible es que se puede explicar la interacción de dos cargas mediante la matemática la cual no contradice la lógica porque están relacionadas las dos (lógica-matemática).
La relación con el mundo posible es que se puede explicar la interacción de dos cargas mediante la matemática la cual no contradice la lógica porque están relacionadas las dos (lógica-matemática).

Los estudiantes dicen que se puede explicar la interacción de dos cargas mediante la matemática por tanto se puede decir que a matemática es entendida o asumida como la estructura matemática con el fundamento de esta explicación (estudiantes)

P 7:
C1.6
E2
Tiempo
Considerando una partícula que se mueve con velocidad constante donde $\vec{r}$ *es un sistema de referencia inercia y otro que se mueve tenemos que:*

$V = \frac{d}{t}$; $t = \frac{d}{v}$; $x = v\,t$

El estudiante cuando habla del tiempo lo relaciona con un vector posición y un movimiento de velocidad constante

P 7:
C1.3
E2
¿Cómo sabe que el tiempo transcurre?
x= v t; teniendo en cuenta los sistemas de referencia, donde a cada posición le corresponde una velocidad en un tiempo determinado.

El estudiante parte de la ecuación de velocidad constante para explicar cómo se sabe que el tiempo transcurre

P 7:
C1.5
E9

Tiempo

Se puede medir y tiene unas unidades establecidas por el SI que generalmente son segundos (s) o minutos. Y pues además horas (h), días, meses y años.

P 9:
C1.6
C1.4
C1.1
G1

1. En el fenómeno del péndulo simple se encuentran inmersos conceptos físicos tales como la energía, gravedad, tensión, fuerzas centrípetas, fuerza tangencial, peso, energía potencial, energía cinética, la amplitud, la frecuencia y el periodo.
En principio para analizar el péndulo nos basaremos en la segunda ley de newton y un diagrama de cuerpo libre.

(Hacen un dibujo del péndulo)

$$\sum F_y = T - mg\cos\theta = ma_c$$

$$\sum F_x = mg\sin\theta = ma_t$$

$$\vec{S} = l\theta \qquad \theta = 15°$$

$$\theta \approx \sin\theta \approx \tan\theta \qquad mg\sin\theta = ml\ddot{\theta}$$

$$\frac{g}{l}\sin\theta = \alpha$$

$$\ddot{\theta} - \omega_0^2\theta = 0 \leftarrow \theta - \frac{g}{l}\theta = 0 \qquad \frac{g}{l}\theta = \theta$$

Ahora se procede a definir el periodo del péndulo

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g}{l}}} = \sqrt{\frac{l}{g}}2\pi$$

Donde se define ω_0 como la frecuencia natural de oscilación advirtiendo que el péndulo de oscilación no depende de la amplitud
Ahora bien, utilizando el principio de la conservación de la energía y teniendo en cuenta que no existe ningún mecanismo de disipación de energía

(Hacen un dibujo del péndulo resaltando el ángulo θ y la altura desde el punto mínimo hasta la altura de una oscilación)

$$E_A = E_B$$

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

$$mgl(1 - \cos\theta) = \frac{1}{2}mv^2$$

$$h = l(1 - \cos\theta)$$

$$mgl(1 - \cos\theta) = \frac{1}{2}m(l^2\omega^2)$$

$$g(1-\cos\theta)=\frac{1}{2}l\omega^2$$

$$g\sin\theta\,\omega=2\,\omega\,\alpha\left(\frac{1}{2}l\right)$$

Por la aproximación de ángulos pequeños

$$\sin\theta\approx\theta\approx\tan\theta$$

$$g\sin\theta=\alpha\,l$$

$$\frac{g}{l}\dot{\theta}=\ddot{\theta}$$ *siendo* $$\omega_0^2=\frac{g}{l}$$

$$\ddot{\theta}-\dot{\theta}\,\omega_0^2=0 \quad (1)$$

De aquí que la solución a la ecuación diferencial homogénea de segundo orden (1) es:

$$\theta(t)=\theta_0\cos(\omega_0 t+\varphi)$$

Donde θ_0 → *Amplitud inicial*

ω_0 → *Frecuencia natural de Oscilación*

φ → *Constante de fase*

Ahora teniendo en cuenta y analizando la energía total del sistema

$$E_T=K+U$$

$$E_T=\frac{1}{2}mv^2+mgh$$

Se obtiene que $E_T=\alpha A^2$ *y se concluye que la energía total del sistema es proporcional a la amplitud al cuadrado*

P₁₀:
C₁.₆
G₃

$$mrv=\frac{nh}{2\pi}$$

n=nivel de energía

En este grupo se privilegia la matemática para hacer la representación a diferencia de otros grupos excepto en la representación de la antigua Grecia

P₁₀:
C₁.₆
G₆
R. Matemática de

$$\frac{kze^2}{r^2}=\frac{m_e v^2}{r}$$

$$E=\frac{1mev^2}{2}-\frac{k2e^2}{r}$$

Usan la representación matemática en las 2 últimas, en digamos las representaciones modernas de la física (utilizando la imagen de física moderna de la mayoría de los textos), en los otros omiten alguna representación

***P*$_{16}$:**
***C*$_{1.6}$**
***E*$_{28}$**

3 la explicación anterior se puede entender primero con la ley de Coulomb que describe como es la fuerza entre las cargas

$$F = K\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$F = K\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

***P*$_{16}$:**
***C*$_{1.6}$**
***E*$_{2}$**

Explique

Que los imanes tienen una fuerza magnética y que estos al tener el mismo signo se repelen y si tuvieras diferente se atraen

Hace un dibujo que tiene un plano coordenado y en el trata de ubicar las dos varillas y los llama q_1 *y* q_2 *y al lado escribe* $\vec{g}$ *con una flecha apuntando hacia abajo y más allá con lápiz y que apenas se nota escribe* $K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$
Argumentar
$F = K\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r}$ *Ley de Coulomb*

***P*$_{16}$:**
***C*$_{1.6}$**
***E*$_{18}$**

$\nabla \cdot E = -\frac{\partial B}{\partial t}$ $\nabla \cdot B = 0$ *Monopolo magnético*
1 Describo lo observo: veo las imanes moverse uno de los imanes que muevo hace que el otro se desplace verticalmente en el eje y no tiene contacto en ningún momento con el otro imán a menos que yo gire la barra de la parte inferior, ambos se unirán y se someterán al movimiento en el eje y que les imprima yo.
3 (hace dibujo de dos imanes que tiene los dos polos y sus líneas de campo)
Dipolo magnético $\nabla \cdot B = 0$
El flujo de corriente y la polaridad de los monopolos magnéticos permitirá que estos se peguen, si estuvieran distribuidos de forma paralela o sea los monopolos en la misma dirección, estos se repelerían, el campo magnético que forman es perpendicular al ampo eléctrico, relacionando con el flujo de corriente que es continua, los electrones se desplazan (van y vienen) y permiten la atracción y la repulsión entre los imanes gracias a la polaridad, propiedad intrínseca de la materia, el flujo de corriente es

$$F_{lujo} = \oint \boldsymbol{E} \cdot d\boldsymbol{s}$$

-Su fuerza de atracción es denotada como $F = \frac{Kq_1^- q_2^+}{r^2}\hat{r}$ *= atractiva cuando los dos imanes tienen distinta polaridad y* $F = \frac{Kq_1^- q_2^-}{r^2}\hat{r}$ *= repulsiva y esto el comportamiento de lo observado*

$$F = v \times \boldsymbol{B}$$

Se dice que tiene una preferencia muy marcada por asumir su explicación desde la matemática, pues a lo largo de su explicación escribe varias ecuaciones (5)

P_{21}:
$C_{1.6}$
E_2
La matemática es una abstracción de la naturaleza que tiene un campo real o imaginario, donde se puede hacer relación entre varios subconjuntos la experimentación, es todo fenómeno que es observable y a cual se le puede medir alguna variable y la formulación de las leyes es la relación entre que tiene fenómeno físico y al cual se le puede abstraer una relación matemática a través de la experimentación con respecto a la variable que consideremos para así llegar a una razón matemática y así generar una ley física.

La anterior afirmación se puede categorizar como se tiene pues, asume que de la experimentación se abstrae la matemática y de allí la ley.

P_{21}:
$C_{1.6}$
E_8
Cuáles fueron las reflexiones desarrolladas en la clase sobre la diferencia entre describir, explicar, y argumentar. De un ejemplo

(…)

Caso 1 $\vec{F} = \frac{KQ_1 \boldsymbol{Q}_2}{\boldsymbol{r}^2}\hat{r}$
(Hace otro dibujo para representar los imanes pegados)
Caso 2 Polarización es una propiedad de los imanes el cual tiene dos polos uno + y –
Si los dos son de carga positiva o negativa se repelen como en el caso 1 y si los dos son de carga opuesta se atraen.
(…)

P_{21}:
$C_{1.6}$
E_1

2 Describa las reflexiones hechas en torno a los ejercicios sobre la línea del tiempo del concepto de gravedad
Según el trabajo realizado de la línea del tiempo sobre la gravedad se puede empezar diciendo que el que empezó hablar acerca del concepto de gravedad fue Galileo el cual fue a. c., pero más o menos entre 1500 d. c. y hasta 1980 d. c. se conocieron diferentes conceptos de muchos filósofos y físicos de la modernidad, ya que en la línea del tiempo en esta época es donde se muestra más actividad. En esta época se dio a conocer ya el concepto de gravedad como una fuerza atractiva entre masas que depende de la distancia entre ellas.

P_{22}:
$C_{1.6}$
E_5
Describa las reflexiones hechas en torno al resultado observado en la línea del tiempo sobre definiciones de la naturaleza de la luz

La línea del tiempo sobre definiciones de la naturaleza de la luz que fue una actividad donde nosotros como estudiantes pudimos evidenciar que con las definiciones de autores que no son contemporáneas "por decirlo así" no son tan conocidas por nosotros, ya que siempre que se habla de la luz, se toma prácticamente a los científicos contemporáneos, ya que ellos abarcan este concepto con enunciados matemáticos los cuales para nosotros tiene más sentido ya que a las ecuaciones y fórmulas matemáticas no se duda precisamente como decía Heisemberg "por su elegancia y forma"

P_{22}
$C_{1.6}$
E_7
Ley de gravitación universal sabemos que lo observable es ver caer un objeto una vez que lo soltamos de una altura determinada eso sería lo observable podemos medir la masa del objeto ahora bien con la ayuda de las matemáticas buscamos relaciones y tenemos que la fuerza de atracción gravitacional está definida por

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Con ayuda de las matemáticas tenemos varias relaciones como la de que $g = G\frac{mt}{rt^2}$ *y que* $F = mg$ *que es el peso*
(…)

P_{22}:
$C_{1.6}$
E_9

-cuáles fueron las reflexiones desarrolladas en la clase sobre el sentido del "observable" cuando se estudian fenómenos físico de ejemplo

Ejemplos: Haciendo uso de la mesa de fuerzas podemos definir en este sistema que el observable es el equilibrio de fuerzas, este puede definir haciendo uso de otros observables

como las fuerzas (que actúan) ya que para observar este observable tenemos que hacer uso de la teoría en el momento en que empezamos a preguntar bajo qué condiciones logro el equilibrio en la mesa de las fuerzas, entonces tengo que hacer el uso del lenguaje matemático para llegar a una expresión que me dé a entender bajo qué condiciones generales puedo llegar a el equilibrio de fuerzas, sin antes hacer uso de la mesa de fuerzas y jugar con esta hasta encontrar el equilibrio variándole a mi manera

***P*$_{22}$**
***C*$_{1.6}$**
***E*$_{9}$**
Describa las reflexiones hechas en clase sobre la relación entre matemática, experimentación y formulación de leyes

La matemática como el lenguaje de la física
(…)

El estudiante anterior asume la matemática como el lenguaje de la física, por ello se clasifica en esta categoría además más adelante dice: "*este comportamiento lo puedo expresar en un lenguaje matemático o en otros casos para la formulación de leyes lo puedo hacer partiendo que una formulación matemática en la que haya relación entre variables, para luego experimentando evidenciarlo".* Lo que vendría a apoyarlo anterior ya que dice que puedo hacer la formulación de las leyes físicas a partir de la formulación matemática

***P*$_{22}$**
***C*$_{1.6}$**
***E*$_{10}$**
Describa las reflexiones hechas en clase sobre la relación entre matemática, experimentación y formulación de leyes

- *La matemática como el lenguaje de la física*
- *La experimentación como el modelo para explicar un fenómeno físico a partir de algún tipo de observación*
- *La relación entre matemática experimentación y formulación de leyes. Es que para la formulación de alguna ley, lo puedo hacer a partir de la experimentación y probando que siempre tiene las mismas características de ocurrencia exponiéndolo a diferentes factores y que además este comportamiento lo puedo expresar en un lenguaje matemático o en otros casos para la formulación de leyes lo puedo hacer partiendo que una formulación matemática en la que haya relación entre variables, para luego experimentando evidenciarlo*

Asume la matemática como el lenguaje de la física, por ello la anterior cita se clasifica en esta categoría además más adelante dice: este comportamiento lo puedo expresar en un lenguaje matemático o en otros casos para la formulación de leyes lo puedo hacer partiendo que una formulación matemática en la que haya relación entre variables, para luego experimentando evidenciarlo. Lo que vendría a apoyarlo anterior ya que dice que puedo hacer la formulación de las leyes físicas a partir de la formulación matemática

P_{22}:
$C_{1.6}$
E_{10}
Cuáles fueron las reflexiones desarrolladas en clase sobre la relación entre el observador y lo observado cuando se estudian fenómenos físicos. De un ejemplo

La observación desarrolla un papel importante en el estudio de un fenómeno físico ya que es aquello que da al observador una descripción del fenómeno. Aunque este puede variar según el observador

Un ejemplo sería el imán o el comportamiento que tiene un imán hacer una descripción de lo que es y cómo se comporta entonces como se da una descripción que forma tiene tipo de material hace una descripción de lo que ve a simple vista ya lo que es la forma como se comporta utilizando lenguaje matemático (formulas), recurriendo a esto para explicar lo que va más allá de lo que puedo ver

(Hace un dibujo de un imán en forma de paralelepípedo) Características que presenta a simple vista

-tamaño –forma –peso

** La utilización de lenguaje matemático para explicar lo que no se observa pero que se tiene conocimiento de su existencia (por ejemplo las líneas de campo magnético)*

(Hace un dibujo del imán pero con las líneas de campo)

Matematización a partir de procesos físico-matemáticos

C_2 *La matematización a partir procesos físico-matemáticos*

$C_{2.1}$ *Organiza los sistemas físicos mediante comparaciones*

$C_{2.2}$ *Esquematiza situaciones físicas por medio de símbolos y representaciones*

$C_{2.3}$ *Formula hipótesis como punto de partida para el estudio de un problema físico*

$C_{2.4}$ *Proyecta procesos de corroboración de su hipótesis*

$C_{2.5}$ *Identifica variables que intervienen en el fenómeno físico de manera previa al uso de las ecuaciones*

P_9:
$C_{2.5}$
E_9, E_1, E_{30}, E_{24}, E_{23}
1 Constructo teórico

Vector: Es una cantidad física que se caracteriza por tener Dirección, sentido y magnitud:

Fuerza: Es una interacción entre mínimo dos cuerpos la cual se considera como una cantidad vectorial.

Equilibrio de fuerzas: Son diferentes fuerzas que actúan un sistema determinado y generan un estado de reposo o una velocidad constante en el mismo

Fuerza gravitacional: Es la fuerza de atracción que se genera al interactuar mínimo dos masas, y que varía con el inverso del radio al cuadrado.

Identifica estas variables antes que las ecuaciones pero lo hace porque el ejercicio pide identificar el constructo teórico

P_9:
$C_{2.5}$
E_6, E_{29}, E_{21}, INV, E_7
1 Identificar cual es el constructo teórico como observadores

Montaje: Plano inclinado con cubo de diferentes texturas

Materiales: -plano inclinado, -cubo de diferentes texturas -1 Goniómetro -1 Dinamómetro -1 Regla

Fuerza fricción: Es nuestro objetivo de estudio

Continuación punto numero 1
Fuerza de fricción es una fuerza que está presente cuando dos superficies en contacto y una o incluso ambas tienen una resistencia al movimiento sobre el otro.
Masa: Definimos la masa asociada a una medida de inercia porque depende del trabajo que necesitamos hacer para poder mover dicha masa y sacarla de reposo
Peso: Fuerza de atracción gravitacional que en este caso es la tierra le ejerce al paralelepípedo que ya describimos, o en general a cualquier cuerpo que tenga masa
Aceleración Cambio de velocidad con la que se mueve el cubo
Coeficiente de fricción: Es un número que depende de las superficies. Nos dice cuál es la mínima fuerza para mantener un cuerpo quieto, coeficiente estático- cinético
Fuerza normal: Es la fuerza de acción-reacción del peso del cubo de madera respecto a su peso.

Se hace la aclaración de que se identifican variables en el proceso pero en ningún momento hacen uso de ecuaciones

P_9:
$C_{2.5}$
E_{25}, E_{27}, E_8, E_{20}
Oscilación:

Es un movimiento de va y ven

Frecuencia: Que tan seguido ocurre un suceso

Periodo: El tiempo que se demora en dar una oscilación

Energía potencial elástica: Energía asociada a las elongaciones y construcción de un sistema elástico

Elongación: Cambio de la longitud del resorte

Contracción: Disminución de algún objeto por medio de una fuerza

Fuerza elástica: Es una fuerza restauradora que hace que el resorte vuelva a su estado de equilibrio

Energía: Capacidad o potencial para realizar un trabajo

Identifican las variables al igual que el grupo anterior pero no plasman las ecuaciones sino que hacen uso de los datos y los ordenan en tablas

P_{21}:
$C_{2.5}$
E_{18}
Describa las reflexiones hechas en torno al resultado observado en la línea del tiempo de los conceptos de calor y temperatura
Los conceptos de calor y temperatura fueron analizados desde la concepción platónica y aristotélica hasta la modernidad, partiendo de la definición de la estructura de la molécula, pero antes incluso hablando de los cuatro elementos: fuego, agua, aire y tierra, en el caso de la filosofía antigua, y analizando la interacción de los cuatro elementos sobre todo agua y fuego, Gracias a la experimentación con el paso de los siglos, en la edad media, se define el concepto de temperatura como unidad de medida interna del sistema, ya con base en teoremas como el de Navier-Stokes que encierra la mecánica de fluidos, Boyle-Mariotte-Gay Lussac y Charles, fueron los principales actores del estudio de la termodinámica y de los conceptos Calor y temperatura desde 1840 aproximadamente, con la ecuación de estado $PV = nRT$ *P=presión V=volumen n=número de moles R=constante de los gases ideales y T=temperatura absoluta, Boltzman gracias a la teoría cinética de los gases llega a que para un gas monoatómico* $\tau = \frac{3}{2}KT$ *y con base en la estructura del átomo y de los elementos de la materia se llega a estas importantes ecuaciones que explican el movimiento de las moléculas en un reservar basándose también principalmente en la mecánica Newtoniana porque hasta la modernidad siglo XX: con el artículo del movimiento Browniano planteado por Albert Einstein se determina que una partícula se mueve de manera aleatoria y que su velocidad cuadrática, media al igual que su posición, dirección y estado se pueden explicar desde la probabilidad la estadística: procesos estocásticos. El concepto de calor ha sido modificado desde la primera ley de la termodinámica* $\Delta U = \pm\Delta Q \pm \Delta W$ *hasta llegar a que se puede expresar con la Entropía* $\Delta S = \oint \frac{\Delta Q}{T}$ *como medida del calor, así que por lo tanto a medida que avanzan los alcances y la ciencia, el pensamiento y la forma de interpretar los conceptos también lo hacen, mejorando, modificando y generalizando las interpretaciones en este caso del calor y la temperatura, recordando también a Bernoulli quien dejo como legado el concepto de presión atmosférica, base también del vacío. Así mismo la invención de termómetros entre otros aparatos de medición han aportado positivo al avance de la ciencia, se que me faltaron varios autores y físicos por agradecer por cada contribución que han hecho el*

estudio de esta ciencia sin embargo parto del principio de la estructura de la materia para llegar hoy en día al análisis

P_{21}:
$C_{2.5}$
E_2
Cuáles fueron las reflexiones desarrolladas en clase sobre el sentido del "observable" cuando se estudian fenómenos físicos. De un ejemplo.

Las reflexiones hechas en clase sobre los observables son de qué manera un fenómeno físico se puede comprender y analizar mostrando como se describe, argumenta y se explica el fenómeno para así ver la caracterización del fenómeno

Ejemplo: Péndulo simple

Los observables

- *Conservación e la energía*
- *Movimiento armónico simple*
- *Gravedad*

Identifica las principales variables para trabajar el fenómeno pero se hace la aclaración de que no es previo al uso de las ecuaciones, es decir se cumple en parte el indicador.

La matematización como complemento del estudio fenomenológico

C_3 *La matematización como complemento del estudio fenomenológico*

$C_{3.1}$ Se privilegian las experiencias sensomotoras para entender el fenómeno

$C_{3.2}$ Posteriormente a la comprensión del fenómeno busca la relación con las ecuaciones

$C_{3.3}$ Describe las relaciones que ocurren en el fenómeno

$C_{3.4}$ Desarrolla reflexión y debate sobre el problema físico en cuestión

$C_{3.5}$ Analiza el fenómeno físico desde la historia y la epistemología

$C_{3.6}$ A partir de la descripción hace el análisis del fenómeno

P_1:
$C_{3.1}$
E_{19} E_7 E_{21}

Este grupo hace referencia a emociones o sensaciones percibidas por el ojo, dicho movimiento se realiza en un tiempo determinado debido a alguna fuente, para este grupo era importante denotar la materia como un conjunto indivisible. La luz va a depender de un medio y tiene propiedades y características (tales como reflexión y refracción)

P $_1$:
C$_{3.4}$
E$_{23}$ yE$_9$

965 – 1300

En esta época hablan de la formación de la imagen por medio de rayos, pero además se presenta el dilema de si la luz es o no materia

P $_1$:
C$_{3.4}$
E$_{23}$ E$_9$

1600 – 1900

Hay presión en la propagación de la luz la cual necesita de un medio. Surge la cuestión de si la velocidad de la luz es infinita o finita y agregan que son cuerpos corpusculares sino que tiene comportamiento de onda

urge la cuestión de si la velocidad de la luz es infinita o finita y agregan que son cuerpos corpusculares sino que tiene comportamiento de onda

P $_2$:
C$_{3.1}$
E$_8$
Fuerza de atracción de la gravedad

Todo en el universo esta restringido a leyes, la interacción del sol con los de los planetas, tierra luna, la caída de un cuerpo, son cosas que observamos en nuestro vivir, ya que la gravedad es la interacción de dos cuerpos que se atraen pero esto a nivel macro. Micro curvatura del espacio tiempo.

Se clasifica esta frase en este indicador ya que hace alusión a fenómenos que se observan a diario

P $_2$:
C$_{3.5}$
E$_8$

Dualidad onda-partícula

Esto tumba la teoría de maxwell el cual formula que la luz se comporta onda, me preguntaría porque para que casos, en la naturaleza hablamos de ondas, partículas, pero no de las dos, el cual formula que hay que cambiar la física actual

En esta pequeña frase deja entrever su preocupación histórica por la dualidad de la onda y la partícula

P $_2$:
C$_{3.3}$
E$_{12}$
Fuerza de atracción de la gravedad

Definir primero que es una interacción, hablar de como se comporta esta fuerza en la tierra y abstraerlo en algo más general (luna-tierra) (sol-tierra), etc.
Memo:

P $_2$:
C$_{3.4}$
E$_{12}$
Aceleración de la gravedad

Diferenciarla de la fuerza de la gravedad, definir la dirección en la cual se dirige esta aceleración, relacionarla con las distintas condiciones del sistema y el espacio en general.

En esta cita se puede aclarar que solo se deja ver de la intención de generar un debate ya que el debate no se genera en si "además este sujeto se caracteriza en mi forma de ver por esto pues siempre se tornó a dar discusiones y debates en diferentes situaciones"

P $_2$:
C$_{3.5}$
E$_{12}$
Dualidad onda partícula

Mostrar la relación que tienen los movimientos ondulatorios de la luz y las partículas con los movimientos de pepa o partícula, mostrar de donde surge esto Planck, Einstein, De Broglie, etc.

Esta parte del ejercicio no deja sino entre ver la intención de los participantes y en esta se ve la intención de hablar de historia y epistemología ya que menciona personajes importantes en el desarrollo de este concepto

P ^{2}:
C$_{3.3}$
E$_{12}$
Energía cineticomolecular

Definir el movimiento de las partículas haciendo la relación con el calor generado por este movimiento, mostrar la interacción asociada al tránsito de energía generado por el calor y como afecta el movimiento de las moléculas del sistema.

P $_2$:
$C_{3.5}$
E_{28}

La fuerza de atracción de la gravedad es una fuerza que atrae a todos los cuerpos hacia el centro de la tierra. El primero en hablar de esto fue newton pues cuando estaba sentado debajo de un árbol de manzanas cayó una y empezó a preguntarse porque se caían las cosas, y la causa de esto es esta fuerza de la tierra que afecta a todos los cuerpos esta fuerza viene dada por una constante de 9,8$\frac{m}{s^2}$ y su ecuación es

En esta parte el estudiante narra en la historia de newton y la manzana

P $_2$:
$C_{3.4}$
E_1
Dualidad onda partícula
Explicaría que está compuesta la luz, como viajan los fotones, a qué velocidad se mueve la luz, ¿La luz se comporta igual en cualquier medio? ¿De qué depende que los fotones o la luz se comporten como onda o partícula?

Se puede decir que el estudiante podría generar un debate ya que hace diferentes preguntas de cómo sería el comportamiento del fenómeno en diferentes situaciones

P $_2$:
$C_{3.4}$
E_1
Energía cinético-molecular
¿se puede usar las ecuaciones de cinemática para hablar de la velocidad de las partículas? ¿la energía cinemática de las partículas depende de la temperatura? ¿y si depende de la temperatura directamente depende del material del objeto?

P $_2$:
$C_{3.5}$
E_{16}
Fuerza de atracción de la gravedad
Me aseguraría que los experimentos fundamentales como el de Cavendish y Foucault y sus consecuencias para la visión del mundo fueran entendidas

Partiendo desde la geometría euclidiana, del mismo modo que newton, se debe llegar a la ley de gravitación universal; aquella es una manera de enseñarlo

En este se ve la intención de hablar de experimentos que histórica y epistemológicamente el considera clave que sean entendidos para la comprensión del fenómeno

P_2:
$C_{3.5}$
E_4
Fuerza de atracción de la gravedad

Comprender los principios de Galileo, entender las leyes de Newton, el movimiento de los planetas y leyes que rodean estos fenómenos, fundamentar en la ley de gravitación universal.

En esta frase se ve la intención de hablar a partir de la historia y la epistemología ya que menciona principios de galileo y leyes de newton

P_2:
$C_{3.4}$
E_5
Onda electromagnética
¿Cómo se diferencia una onda electromagnética de una normal? ¿Matemáticamente son lo mismo? ¿Este tipo de onda en que medio se propaga y como lo hace?

En este escrito se ve la intención por parte del estudiante de generar debate ya que formula más preguntas que afirmaciones

P_2:
$C_{3.5}$, $C_{3.2}$
E_{25}
Definiría qué es fuerza como: Es una acción y preguntar ¿Qué es fuerza? Para tener ideas posteriores a esto definiría el tipo de fuerza (acción a distancia). Luego daría a conocer la historia acerca de cómo esta fuerza le dio paso a la ley de la gravitación universal. También ejemplificaría con el sistema Sol-Tierra. Luego hago la relación matemática que relaciona 2 cuerpos. $\vec{F} = m\vec{g}$ *Definiendo la masa y aceleración de la gravedad.*

Se ve la intención de hablar de historia de hecho lo menciona en su apunte además se puede adjuntar otro indicador que deja ver esa intención de explicar todo y dejar la ecuación de ultimas

P_2:
$C_{3.5}$
E_{19}
Dualidad onda partícula

Definir que es la luz, la cual posee propiedades de onda electromagnética por lo planteado por Maxwell, enseñar el experimento de Young que demuestra la naturaleza de la luz como onda, posteriormente enseñar el experimento de Michelson-Morley que muestre que la luz no necesita un medio para propagarse. Enseñar relatividad de Galileo para ver la invariancia ante las transformaciones luego las transformaciones de Lorentz introduciendo la relatividad de Einstein y el efecto fotoeléctrico para demostrar la luz como partícula y así llegar a la dualidad onda partícula.

En este se puede tener en cuenta este indicador ya que se habla de un orden cronológico de hechos y de experimentos para explicar el concepto de Dualidad onda partícula

P $_{2}$***:***
C$_{3.2}$
E$_{9}$
Onda electromagnética
La construcción del concepto de campo, ya que es necesario para entender la propagación de las ondas. El concepto de electrón y su importancia, la forma matemática haciendo uso de las ecuaciones de maxwell, pero comprendiendo físicamente cada una de ellas. Propiedades de las ondas, concepto de campo eléctrico y magnético.

Una aclaración que se deja es que se puede entre ver que la estructura de cómo se maneja la explicación del concepto es esta la de explicar conceptos que se tengan en cuenta para comprensión del fenómeno y luego la estudiante habla de la "forma matemática de las ecuaciones de Maxwell"

P $_{2}$***:***
C$_{3.5}$
E$_{9}$
Dualidad onda partícula
Reconocer la historia para para observar como se ha entendido el concepto de luz y su comportamiento. Concepto de fotón, partícula. Discutir experimentos y se ha realizado para observar este comportamiento. El uso de la mecánica moderna para el entendimiento de esta.

Le da una importancia a la historia para poder entender el concepto de la luz

P $_{2}$***:***
C$_{3.5}$
E$_{9}$
Equilibrio térmico

Conceptos de densidad, presión, volumen. El concepto de temperatura. La construcción del concepto de calor (en la historia). La importancia de la relación de presión, volumen y temperatura. Concepto de calor especifico observado en forma experimental. Concepto de equilibrio en termodinámica.

Se puede decir que este también pertenece a esta categoría pues dice la construcción del fenómeno y entre "paréntesis en la historia"

P $_{5:}$
C$_{3.5}$
E$_{31}$ ***E***$_{7}$ ***E***$_{18}$ ***E***$_{24}$
¿Cómo?
Charles Agustín de Coulomb desarrollo la balanza de torsión con la cuál determinó las propiedades de la fuerza electrostática

La balanza consta de una barra que cuelga de una fibra la cual podía torcerse, al girar la barra la fibra tiende a hacer regresar la barra a la posición en la cual se encontraba, de esta manera conoció la fuerza de torsión que la fibra ejercía sobre la barra, es posible determinar la fuerza sobre la barra.

En esta cita se clasifica en esta categoría pues al preguntarse el ¿cómo? de la ley se empieza a hablar de Agustín Coulomb y la manera en la que lleva acabo su experimento, y los detalles del mismo.

P $_{5}$***:***
C$_{3.3}$
E$_{10}$ ***E***$_{15}$ ***E***$_{21}$***E***$_{25}$
Ley de acción y reacción

Def: *cuando un cuerpo A ejerce una fuerza sobre un segundo cuerpo B este ejerce una fuerza en sentido contrario pero de igual magnitud y dirección sobre el cuerpo A*

$$F_{AB} = -F_{BA}$$

En este aparte se describen las relaciones entre los cuerpos intentando dar la definición de la ley de esta manera.

P $_{5}$***:***
C$_{3.1}$
E$_{10}$ ***E***$_{15}$ ***E***$_{21}$***E***$_{25}$

¿Qué tipo de ley es?

Es de tipo empírico dado que parte de experiencias sensoriales que como humanos podemos percibir. Esta ley posee la certeza de una ley lógico-matemática pero nos dice algo de la estructura del mundo. Además podemos decir que tampoco es universal ya que tiene excepciones para algunos sistemas.

En este se puede clasificar en esta categoría pues cuando se va a explicitar que tipo de ley es hace referencia literal a las experiencias sensomotoras

P $_{5}$***:***
C$_{3.1}$
E$_{10}$ ***E***$_{15}$ ***E***$_{21}$***E***$_{25}$

¿Qué tipo de ley es?

Es de tipo empírico dado que parte de experiencias sensoriales que como humanos podemos percibir. Esta ley posee la certeza de una ley lógico-matemática pero nos dice algo de la estructura del mundo. Además podemos decir que tampoco es universal ya que tiene excepciones para algunos sistemas.

En este se puede clasificar en esta categoría pues cuando se va a explicitar que tipo de ley es hace referencia literal a las experiencias sensomotoras.

P 5:
$C_{3.1}$
$C_{3.3}$
E_{10} E_{15} E_{21} E_{25}
¿Qué relación tiene con el mundo real y posible?

Se relaciona con el mundo real por ejemplo cuando aplicamos una fuerza sobre un cuerpo y obtenemos una reacción (cuantitativa o cualitativa) en ese instante esa reacción será diferente si volvemos hacer el mismo ejercicio sobre la partícula. Vamos a tener un cambio (diferencias) entre uno y otro.

Si aplicamos una fuerza determinada sobre un cuerpo A en un instante t, y luego de un Δt *volvemos a aplicar una fuerza con las mismas características (sentido, magnitud, dirección) entonces tenemos reacciones iguales, sin contradecirnos en la lógica-matemática > (si usamos la ecuación, matemática*
Describa el cómo y el porqué de la ley
Como de la ley: Cuando un objeto ejerce una fuerza sobre otro este ejerce la misma fuerza aplicada por el primer cuerpo con la misma magnitud pero en sentido contrario
Porque: El cuerpo que recibe la fuerza al ser una masa puntual y que se encuentra en reposo tratara de mantenerse en reposo ejerciendo una fuerza igual en sentido contrario.

Se puede clasificar en este indicador ya que describen de manera detallada las relaciones entre las variables y aunque mencionan la matemática o "la ecuación matemática" se abstienen de reproducirla

P 5:
$C_{3.3}$
E_{27} E_{23} E_{28} E_{9}
Describa el porqué y el cómo de la ley
El cambio de la energía interna se produce porque el al aumentar o disminuir el calor del sistema, en las partículas se produce un movimiento y por ende realización de trabajo
Como se produce el cambio de energía interna: Al desplazarse las partículas del sistema y chocar entre ellas. Es decir por la interacción de entre partículas, esta interacción nos da información de los cambios del sistema

Hablan de la energía y de la interacción que tienen las partículas para que haya cambios de temperatura

P 5
$C_{3.2}$
E_{1} E_{5} E_{6} E_{11}
¿Qué tipo de ley es?
La segunda ley de Maxwell nos dice que el flujo magnético a través de una superficie cerrada es igual a cero, esto quiere decir que en los dipolos magnéticos las líneas de campo que salen son las mismas que entran
Ecuación: $\vec{\Delta} \cdot \vec{B} = 0$

Es un tanto arriesgado decir que posterior a la comprensión pero en primera medida tratan de explicar la ley haciendo énfasis a lo que sucede en el fenómeno

P_7:
$C_{3.1}$
E_6
¿Cómo sabe que el tiempo transcurre?

Porque cada día amanece y anochece, porque las personas envejecemos.

P_7:
$C_{3.3}$, $C_{3.1}$
E_{30}
¿Cómo sabe que el tiempo transcurre?

RTA: Quizás no se sabe, el tiempo es una palabra de pronto abstracta, si fuera algo más joven y estaría en el colegio respondería que se sabe viendo un reloj pero ahora que crecí y tengo diversos conocimientos se me es más complicado ya que entiendo un cambio de horario gracias a los movimientos de la tierra entonces podría relacionar mi respuesta con esto:

P_7:
$C_{3.4}$, $C_{3.1}$
E_3
¿Cómo sabe que el tiempo transcurre?

Teniendo en cuenta que todo en nuestro alrededor se encuentra en constante movimiento no hay un reposo absoluto, los seres vivos tales como plantas, animales, etc., presentan un deterioro notable en la estructura biológica, por esta razón yo representaría que el cambio de movimiento viene acompañado de algo intangible pero que esto hay y llamamos tiempo.

¿Existe el tiempo sin la existencia del ser humano?

Tiempo es el nombre que se le dio a través del desarrollo del lenguaje científico " ser humano" y si llegado el caso, el ser humano no existiera todo nuestro entorno seguiría bajo la acción del tiempo pero sin nombre alguno.

¿Cuál es la mejor forma de medir el tiempo?

Históricamente se usaba la posición del sol, posteriormente se han desarrollado dispositivos que hasta toman hasta millonésimas de segundos, teniendo en cuenta que todos los métodos de medición tendrán un margen de error por esto no se es totalmente exacto.

¿Cuál es la función del concepto tiempo en la comprensión del mundo?

El concepto es utilizado para nombrar esto que es intangible e invisible pero que a su vez está acompañada y relacionada estrechamente con el movimiento.

P_7:

$C_{3.1}$
E_{10}
¿Cómo sabe que el tiempo transcurre?
Porque lo podemos cuantificar y medirlo por medio de instrumento que nos permiten ver el cambio además de poder observar el cambio de un acontecimiento (ejemplo) la puesta de sol, el movimiento de un coche.
¿Existe el tiempo sin la existencia del ser humano?
Seguirá pero el termino como tal o sea "tiempo" no porque es una construcción que hizo el ser humano.

¿Cuál es la mejor forma de medir el tiempo?

Por medio de algunos instrumentos de medición y en caso de no tenerlos; se podrían utilizar los cambios en algunas acciones o de posiciones de objetos.

P $_7$:
$C_{3.1}$
E_{29}
La certeza de que el tiempo transcurre no la tengo, ya que considero que no podemos definir el tiempo, pero este está ligado con nuestra percepción del mundo, y nuestro cerebro está diseñado para que sienta que este transcurre en una dirección determinada, debido a nuestra experiencia cotidiana, tenemos un antes, ahora y después.

P 9:

$C_{3.2}$
E_9, E_1, E_{30}, E_{24}, E_{23}

(…)

3 Definir los observables

(Hacen un cuadrado con columnas que contienen Masas grados F experimental (N) F teórica (N))

(Luego de esto un eje coordenado marcado con un ángulo de 40°)

La observación tiene que ver con las medidas y los cálculos?

Si, debido a que midiendo las variables y determinando algunas otras, se puede completar la caracterización del sistema

(En esta parte se encuentra un plano cartesiano con tres tensiones T_1, T_2, T_3 *con la siguiente distribución:* T_2 *en el eje negativo* X *,* T_3 *= en al eje negativo de* Y *y* T_1 *= con un ángulo* $\alpha = 40°$ *con respecto al eje positivo* X *)*
Luego plantean las siguientes ecuaciones

$$\sum x = -T_2 + T_1 cos\alpha = 0 \quad (1) \qquad \sum y = -T_3 + T_1 sin\alpha = 0 \quad (2)$$

Haciendo un proceso algebraico llegan a
$T_2 = T_3$

Se dice que hubo una comprensión del fenómeno para luego plasmar un desarrollo matemático ya que hicieron el constructo teórico con otra manera de matematizar e identificaron las características del observable.

P 9:
C3.3, C3.2
E23, E8, E18, E19
Ejercicio de meta cognición (los observables)
Coeficientes de fricción
-Características del fenómeno
1 depende del material
2 interacciones entre superficies
3 Es evidenciable al variar los materiales y al cambiar el movimiento (su velocidad)

Hay tipos de coeficientes, uno estático máximo que me indica la magnitud máxima a la que debo superar para que se genera movimiento en el sistema, según ese material específico, y el coeficiente cinético que es que presenta el sistema cuando está en movimiento.
-El coeficiente de fricción será evidenciable cuando varíe la velocidad del cubo en la superficie, pasaría de estático máximo a coeficiente de fricción cinético
**fuerza de fricción*
** Característica del Fenómeno*
1 Tiene dependencia directa. Con la fuerza normal y el material es, decir a los coeficientes de fricción
2 Su dirección es paralelo a la superficie
**Esto se evidencia utilizando la tercera ley de newton (ley de reacción) al colocar el objeto en una superficie* $F = \mu N$ *, a medida que vaya volando el ángulo se evidencia la existencia de la fricción como la resistencia al movimiento y aún más cuando se cambia el material*
**Fuerza Normal*
Características del fenómeno:
La fuerza normal es el vector resultante de colocar un objeto en una superficie, este vector es perpendicular a la superficie y cuando se varia la inclinación de la superficie, el vector de la fuerza normal también cambiará y cuando la superficie encuentre a 90° la normal cera cero.

P_{10}:
C3.3
E_{29}, E_6, E_1, E_{24}
Se considera que el corpúsculo era negativo
Se confirma que la carga del electrón es negativa

En el fragmento anterior se dice que describe las relaciones que hay en el fenómeno. En la representación matemática que tienen del mismo y no hacen uso explícito de ecuaciones excepto en la representación de Bohr

P16:
C3.5, C3.3 C3.2

E_8
Levitación magnética
Hace dos figuras (figura1 – figura2) con dos situaciones. En una están las dos varillas separadas y con representación de la polaridad en cada lado. En la otra están pegados
Esta sobre una base de plástico, al parecer tiene dos imanes en su interior y están dentro de una Cabida también de plástico los imanes levitan a su igualdad de polarización, al invertir uno de los imanes quedan unidos, los imanes tienen una forma de cilindro
Lo fundamental de este montaje es la levitación magnética, un imán puede manejar dos polos uno (+) y uno (-) por las leyes del magnetismo sabemos que dos polos del mismo signo, estos se repelen, cuando dos signos de diferente polarización se atraen, En este caso son dos imanes de la misma polarización como se observa en la (figura 1) si invertimos cualquiera de los imanes se atraen como se observa en la (figura 2)
La energía magnética se puede decir que es un fenómeno natural que existe entre dos imanes, el cual dos cuerpos ejercen una fuerza, Faraday descubrió las líneas interacción de un imán como se observa en la (figura 3 (En esta figura esta la representación de una de las varillas, está dividida en dos uno con un mas y el otro con un menos y fuera de la varilla líneas que representan las líneas de campo))
La fuerza de atracción cuando su polarización es difieren esto se atrae con el imán, el cual está sobre un material que en el caso de la experimentación ser hierro rayado
También existe una fuerza de repulsión, cuando su polarización es igual
La fuerza magnética puede expresarse como $F = K\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r}$
Mejorar una parte del argumento, explicar lo fácil no echar la carreta y ser más específico.

P_{16}:
$C_{3.3}$ $C_{3.5}$ $C_{3.2}$
E_{25}
Dispositivo para observar imanes flotantes
Descripción
Es un dispositivo que consta de una base acrílica donde están colocados dos imanes en forma de cilindro que al ponerlos en contacto suceden dos cosas: Se atraen si la polaridad de los imanes es opuesta
Explique lo que escribió:
El fenómeno que observé es de interacción magnética debido a que las líneas de campo generadas por el imán son distintas al colocarse juntas. Básicamente la polaridad es la causante del comportamiento de los dos imanes, si la parte positiva del imán 1 hace contacto con la parte negativa del imán 2 estos se atraen
Por el contrario si la parte negativa hace contacto con la parte negativa del imán 2 se repelen
(Hace dibujos muy pequeños de los imanes)
Argumentación
Debido al concepto de carga y de como esta se comporta al interactuar con otras cargas se puede entender el porqué de este fenómeno magnético
La polarización permite entender que cargas de signo contrario se atraen y las de igual sigo se repelen, estos fenómenos de repulsión y atracción ha sido estudiados desde la antigua Grecia al estudiar una piedra de ámbar. Esta era cargada por frotación de tal manera que las cargas eléctricas quedaban organizadas de cierta forma que al chocar un objeto con carga negativa se atraía a la parte positiva de la piedra
Mejora del argumento
La relación matemática permite estudiar el fenómeno es

$$F = K\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r}$$

Esta ley establece que la fuerza que existe entre 2 cargas es igual al producto de dichas cargas por una constante y el radio de separación. La fuerza puede ser atractiva o repulsiva entre dos polos magnéticos

Las líneas de campo son la causa del signo de carga, esta puede ser positiva o negativa

Relaciona el fenómeno con la historia ya que menciona con la antigua Grecia. Además se puede decir que posterior a la comprensión del fenómeno dice "la relación que permite estudiar el fenómeno es: (escribe la ecuación)"

P_{16}:
$C_{3.4}$
E_{16}
"El fenómeno"
(...)
3 los materiales ferromagnéticos poseen propiedades particulares que aún se estudian, algunas de las cosas que hemos descubierto es que su comportamiento es regido por las mismas leyes de circuitos electromagnéticos, es decir, las leyes de Maxwell. Aquellas nos dicen simplemente que el movimiento de una carga eléctrica genera un campo magnético atractivo, pero se pregunta ¿De dónde viene el movimiento de las cargas eléctricas?, ya que es claro que las barras no están conectadas a ningún tipo de fuente eléctrica, parecen ser fuente infinita de energía, y uno puede pensar que está violando la segunda ley de la termodinámica. Pero una duda la podemos resolver ubicando nuestra atención en la estructura atómica de los imanes, resulta que la corrientes ocurren debido al intercambio de cargas eléctricas a nivel atómico del imán y esto ocurre debido a una larga labor de la naturaleza que aun tratamos de investigar

Es evidente en esta cita que trata de generar una reflexión en cuanto al tema de la composición del imán diferentes cuestiones que trata en cuanto al fenómeno

P_{21}:
$C_{3.1}$
E_{1}
De acuerdo con lo discutido en clase ¿Qué papel juega la observación en los procesos de comprensión?

Empecemos diciendo que en física observar significa obtener información a partir de los sentidos o por medio de la experimentación, como los sentidos no tienen mucha exactitud es necesaria recurrir a otros modelos de observación como hacer un experimento en donde se utilicen cambios de variables para fortalecer lo observado.

La observación es un proceso de comprensión de los fenómenos físicos ya que se evidencia o se comprueban algunos conceptos o modelos a partir de una experiencia empírica

Esta cita se selecciona ya que hace una alusión de obtener información por medio de los sentidos, se puede adjuntar al indicador que dice Se privilegian las experiencias sensomotoras para entender el fenómeno, pero admite o hace la aclaración de que esta observación tiene algo de inexacta.

P_{21}:
$C_{3.3}$ $C_{3.5}$
E_1
Cuáles fueron las reflexiones desarrolladas en la clase sobre la diferencia entre describir, explicar y argumentar. De un ejemplo
Describir significa hacer una descripción de algún modelo o instrumento a utilizar para comprobar alguna teoría, explicar significa decir que se puede hacer con el instrumento utilizando conceptos previos en el campo a estudiar y argumentar es sustentar que lo explicado sea verdad a partir de los estudios previos que se hicieron sobre el tema, para argumentar se puede utilizar como referencia a los filósofos o físicos que trabajaron sobre ese tema.

Ejemplo

Dilatación lineal en una varilla de aluminio

(usa un dibujo sobre una varilla y una dilatación)

Descripción: Se tiene una varilla de aluminio con una longitud inicial L: luego se aumenta la temperatura de la varilla y en intervalos de tiempo se mide la longitud, se evidencia un aumento en la longitud.

Explicación: El aumento de la longitud o dilatación lineal se debe a un aumento de velocidad en las partículas que componen el material de aluminio lo que hace que estas se desplacen hacia que cambie la longitud de esta

Argumentación: se puede decir que hay un aumento en la longitud debido a un cambio en la energía cinético molecular, ya que al haber un cambio en la temperatura directamente se está cambiando la energía de las moléculas y se puede decir que las partículas salen de su estado de reposo.

P_{21}:
$C_{3.3}$
E_3
Voy a partir primero con lo observable, que nos lleva a un sistema ya sea simple o compuesto donde tan solo se ven las características del sistema, para posteriormente pasar al observable donde ya no se evidencia nomas las características del sistema, si no también, la interacción que hay sobre este, su comportamiento y reacción al estar vinculado otro objeto de diferente naturaleza. Por esto el observable esta evidentemente ligado al estudio de la física no solo por la interpretación descriptiva de un sistema, si no la interacción de este con otro.

P_{21}:
$C_{3.5}$
E_4
Describa las reflexiones hechas en clase sobre la relación entre matemática, experimentación y formulación de leyes

Siendo las leyes enunciados universales y la matemática la forma lógica racional de entender las leyes, la experimentación comprueba las leyes.

La formulación de una ley parte de una comprensión de un fenómeno tal análisis conlleva a una formulación de cómo entender ese fenómeno, y la experimentación habla de la comprobación del fenómeno

Heisemberg cuando haba de una comprensión del fenómeno cuántico lo relaciona con el entendimiento del mismo y su relación abstracta

Pero Carnot formula la variabilidad de la formulación de la variabilidad de la formulación de *una ley como hecho singular o común.*

P_{21}:
$C_{3.3}$, $C_{3.1}$.
E_5
Cuáles fueron las reflexiones desarrolladas en la clase sobre el sentido del "observable" cuando se estudian fenómenos físicos. De un ejemplo

El sentido del observable nos quiere decir que es lo que tiene coherencia, lo que nosotros podemos observar y evidenciar, pero hay algo en que tenemos que hacer hincapié y es en que no todo lo que se observemos es medible, un claro ejemplo es la constante de Planck, en donde nosotros podemos saber hay un límite de un objeto para su tamaño, es algo que tiene coherencia, esto se encuentra primeramente teórica y luego se puede evidenciar mediante los experimentos, donde podemos ver que si es coherente con la teoría para el caso de la física, un observable se puede ver desde la teoría. Otro ejemplo de esto, para nosotros que se realizó o bueno para mí: fue el ejemplo de la gota de aire en el tubo, donde pensamos que el observable era la constancia de la velocidad de la gota de ciertos ángulos, pero estábamos equivocados ya que esto no se puede analizar así no más porque el tubo y el fluido donde está la gota, tiene ciertas restricciones no se puede analizar de esta forma sencilla. En otras palabras el observable es el fenómeno físico que se puede evidenciar tanto en la parte teórica como en la parte experimental, donde en la parte experimental se confirma aún más por nuestros sentidos, que lo que habían predicho teóricamente es verdad por medio ya como se dijo del experimento.
Un claro ejemplo es la constante de Planck, en donde nosotros podemos saber hay un límite de un objeto para su tamaño, es algo que tiene coherencia, esto se encuentra primeramente teórica y luego se puede evidenciar mediante los experimentos.

P_{21}:
$C_{3.1}$
E_6

Cuales fueron las reflexiones desarrolladas en la clase sobre la diferencia entre describir, explicar y argumentar. De un ejemplo

- *Explicar = es el cómo, es dar a entender como sucede algo, el cómo de un fenómeno físico*
- *Argumentar = Es convencer de que lo que yo estoy diciendo es cierto, no imponer y no hacer creer que lo que yo digo es una verdad absoluta*
- *Describir = son la características del sistema que se está observando es lo que se ve*

Ejemplo

Describir = Yo todos los días observo que sale el sol por el oriente y se oculta por el occidente. Que en las mañanas tiene un color amarillo intenso y en las tardes un color naranja intenso

Explicar = Esto ocurre porque la tierra que es nuestro planeta gira alrededor del sol y no en sentido contrario como lo creemos con lo que observamos a diario

Argumentar = si miramos nuestro sistema planetario que tiene un movimiento heliocéntrico lo que quiere decir que los planetas giran alrededor del sol, lo que tiene mucho sentido si nos centramos en el planeta tierra y comparamos el tamaño del sol que es muy grande con el de nuestro planeta que es muy pequeño al de él, no tiene sentido pensar que algo tan grande gira alrededor de algo tan pequeño pero si lo pensamos al contrario tiene más sentido.

P_{21}:
$C_{3.1}$
E_{21}
De acuerdo con el articulo leído ¿Qué relación se puede encontrar entre la observación y la belleza matemática en los planteamientos de Heisemberg

Para plantear la relación entre estos dos es menester saber que es observar, desde mi punto de vista la observación son características superficiales que se puede abstraer de un objeto en un estudio, el que sea superficial implica que estas características se pueden obtener con cierta facilidad, esto podría ser a través de los sentidos, que luego podría plasmar en cantidades físicas como volumen, peso o cambiando el estado natural de mi objeto de estudio.

(…)[1]

[1] Para obtener el texto completo de anexos enviar un correo a ferneype92@gmail.com