

**LA MECÁNICA. Una propuesta de didáctico-alternativa de aprendizaje significativo a partir del concepto de energía. Una mirada desde el enfoque de sistemas e interacciones.**

**LUZ STELLA MEJIA  
ADRIANA CASTRO  
OSCAR MENESES**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE EDUCACIÓN  
MEDELLÍN  
2002**

**LA MECÁNICA. Una propuesta de didáctico-alternativa de aprendizaje significativo a partir del concepto de Energía. Una mirada desde el enfoque de sistemas e interacciones.**

**ADRIANA CASTRO  
LUZ STELLA MEJIA  
OSCAR MENESES**

**Monografía para optar al título de  
Especialista en enseñanza de las ciencias Experimentales**

**Director  
RODRIGO COVALEDA  
Físico**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE EDUCACIÓN  
MEDELLÍN  
2002**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Medellín, Diciembre 13 de 2002

Oscar:

A la Luna que todas las noches  
No me hace reproches y me deja soñar,  
Y al tiempo que día a día me da  
Una nueva oportunidad.

*Adriana:*

*A Santiago, porque sin  
su colaboración esto no habría  
sido posible, y a mí familia  
por su paciencia*

*Luz Stella:*

*A mi esposo  
Juan Carlos con todo  
mi amor, a mi hija Daniela  
por ser mi ilusión y a mi madre.*

## **AGRADECIMIENTOS**

En el desarrollo de la presente monografía han participado favorablemente numerosas personas con aportes de diversa índole. Su espíritu de colaboración y apoyo incondicional nos inspiran profunda admiración y gratitud. Por este motivo queremos manifestarles nuestro reconocimiento.

Ante todo debemos expresar el mayor agradecimiento al profesor Rodrigo Covaleda por su dedicación y esfuerzo al encarar la dirección de esta monografía. Valoramos inmensamente sus enseñanzas, orientación, respaldo y estímulos permanentes fundamentales para la realización de este trabajo. Además, sus apreciaciones y conceptos han sido de vital ayuda no sólo en el ámbito profesional sino también personal.

A la Doctora Fanny Angulo, al profesor Orlando Monsalve por sus valiosos aportes y las horas de trabajo que dedicaron a la lectura de esta monografía.

A todas aquellas personas que incidieron directa e indirectamente en la ejecución de este trabajo y que permanecen en el anonimato que encierra nuestra memoria.

Y finalmente a nuestras familias por su apoyo, comprensión y ayuda afectiva.

Medellín, Diciembre de 2002

## VI CONTENIDO

	pág
INTRODUCCIÓN.	1
1. PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA.	3
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	4
3. OBJETIVOS.	5
3.1. OBJETIVO GENERAL.	5
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.	5
4. MARCO TEÓRICO.	6
4.1 SISTEMAS E INTERACCIONES.	6
4.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.	7
4.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	9
4.4. DEFINICIONES DE SISTEMAS.	13
4.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS.	14
4.6. CONCEPTOS FUNDAMENTALES SOBRE SISTEMAS E INTERACCIONES.	16
4.7 ANÁLISIS DE SISTEMAS.	19
5. COMPROMISOS HISTÓRICO EPISTEMOLÓGICOS.	21
5.1. DESDE LA FÍSICA.	21
5.2. DESDE LA EDUCACIÓN.	33
5.2.2. Las teorías de aprendizaje.	33
5.2.3. Teoría de aprendizaje Significativo.	36
5.2.4. Diseño de material potencialmente significativo.	41
6. GENERACIÓN DE LA PROPUESTA.	44
6.1. ASPECTOS GENERALES DE LA PROPUESTA.	44
6.2. LA PROPUESTA DESDE LOS LINEAMIENTOS CURRICULARES EN CIENCIAS NATURALES.	47
6.3. IMPLICACIONES EDUCATIVAS	48
6.4. PROPUESTA DE ENSEÑANZA DE LA MECANICA A PARTIR DEL CONCEPTO DE ENERGIA.	49
6.5. ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA.	57
7. UNA PROPUESTA DE ENSEÑANZA DE LA ENERGÍA A PARTIR DE SISTEMAS E INTERACCIONES.	63
7.1. INTRODUCCIÓN.	63
7.2. EGIAS DE ENSEÑANZA Y ACCIONES DIDÁCTICAS.	67
8. CONCLUSIONES CAMINOS ABIERTOS.	100
9. BIBLIOGRAFÍA.	103

## INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores desafíos que enfrentan los maestros de física, hoy en día, es lograr que los estudiantes asuman su propia construcción del conocimiento además de asumir una postura crítica con respecto a la actividad científica, sin embargo, los maestros carecen de la formación adecuada no sólo en el aspecto conceptual de la disciplina sino también en aspectos relativos a la historia, la epistemología y la didáctica, circunstancia que se agrava cuando en la actividad de enseñar física, se asumen enfoques reduccionistas (donde la enseñanza del todo se hace a través de cada una de sus partes), de la misma forma como lo presentan los libros de texto. Esta visión fragmentada y estática de la física, y para el caso específico de la mecánica, ha sido adquirida por el docente en su proceso de formación y es además una de las grandes dificultades que presentan los estudiantes, pues de igual manera ellos toman contacto con las teorías científicas a través del discurso del maestro y las metodologías que él utiliza incorporando a su mente la visión de una física de compartimientos que se manifiesta en la imposibilidad del estudiante para analizar situaciones complejas.

Se hace necesario entonces, que el maestro reflexione sobre estos cambios al nivel de los contenidos y de la didáctica, cambios en la forma como se enseña y como se abordan los contenidos en física. Mediante el presente trabajo se pretende generar alternativas de intervención en el aula, desde el aprendizaje significativo y basadas en el enfoque de sistemas e interacciones, con miras a mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la mecánica.

El trabajo monográfico que se presenta está estructurado en dos partes: Una primera parte, encaminada a la elaboración de un marco teórico, donde se establecen las bases de la propuesta, así: Una primera revisión bibliográfica que busca fundamentar la propuesta desde el enfoque de sistemas e interacciones, una segunda revisión bibliográfica que permita, encontrar referentes históricos que permitan asumir una posición crítica para fundamentar la propuesta, una tercera revisión bibliográfica que brinde los elementos necesarios para proponer un cambio en la secuencia de contenidos en la enseñanza de la mecánica y una

cuarta revisión que permita a través de una teoría de aprendizaje construir la forma como pueden ser abordados dichos contenidos.

La segunda parte del trabajo estará encaminada a diseñar la propuesta, que en conjunto con el diseño de estrategias de enseñanza y de material potencialmente significativo, permita potenciar una transformación en la estructura cognitiva de los estudiantes, con miras a que adquieran aprendizajes significativos de la mecánica.

La estructura que se plantea, parte del concepto de Energía como concepto más general que permite articular los demás conceptos de la mecánica como la fuerza y el movimiento. Al ubicar la energía en un marco teórico se hará el reconocimiento de su carácter jerárquico, pues como concepto general permite relacionar conceptos específicos como transformaciones, transferencias, conservación y degradación. El análisis de sistemas e interacciones consta de una parte descriptiva en la que se caracterizan los conceptos de sistemas, interacción, estados, procesos, cambios de estado, y una parte explicativa que busca la interpretación de los procesos mediante las relaciones que se encuentren entre las partes. Se piensa que a través de esta visión puede ampliarse el marco conceptual de los estudiantes y permitir el empalme con otros dominios de la física. Esta reestructuración corresponde de alguna manera un cambio en el punto de vista del profesor y del estudiante, que permita pensar en una aproximación entre la física clásica y la moderna.

Plantearse la transformación de un programa de física en un nivel medio o en los cursos introductorios universitarios, exige no sólo un estudio detenido de la forma como se ha construido la mecánica, a través de la cual es posible conocer su desarrollo histórico-epistemológico, su objeto de estudio, conceptos, principios y leyes sobre las cuales se fundamenta, sino también ligar lo anterior a la didáctica de las ciencias de tal forma que permita a través de una teoría de aprendizaje su implementación en el aula. Es necesario resaltar que esta propuesta busca cambios en la secuencia, en los contenidos mismos y cambios metodológicos, pero que en ningún momento busca cambios curriculares. Al respecto se aclara que no es el objetivo del trabajo reformar la mecánica clásica como teoría, sino que se busca ampliar la forma de mirarla y en tal sentido abordar su enseñanza.

**LA MECÁNICA. Una propuesta didáctica alternativa de aprendizaje significativo a partir del concepto de Energía. Una mirada desde el enfoque de sistemas e interacciones.**

**1. PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA**

Cuando se analiza el sistema educativo actual, los programas curriculares y la forma como se abordan los contenidos, se hace evidente la necesidad de un cambio que permita transformar la enseñanza y el aprendizaje de la física. La numerosa bibliografía revisada permite evidenciar cómo muchas de las investigaciones se centran en las formas de trabajo, en la metodología acerca de cómo se deben enseñar determinados conceptos de la física. Son múltiples las propuestas didácticas que enmarcadas dentro de diferentes corrientes como el conductismo, el aprendizaje por descubrimiento, el constructivismo, entre otras, buscan el mismo fin, generando así una proliferación de proyectos de investigación que han ejercido una marcada influencia en numerosos países, entre ellos el nuestro. A menudo estas investigaciones se limitan a cambiar contenidos sin afectar la metodología o por el contrario afectan la metodología pero no dicen nada de los contenidos.

Pero, ¿qué es más pertinente enseñar, cómo debemos enseñar y por qué enseñar? Son los interrogantes que se plantean como directrices de esta problemática; esto sumado a la visión que se tiene de “ciencia”, que es preciso revisar pues, se asume como verdad absoluta; con un fin único en el proceso de construcción; donde el conocimiento se va adquiriendo por la suma de pequeños conocimientos; donde se atiende a una única forma de mirar y comprender la realidad; donde los fenómenos son explicados atendiendo a un enfoque reduccionista, fragmentado y estático de la física son, a grandes rasgos, algunos de los aspectos a cuestionarse y objeto de análisis dentro de este trabajo. Con esta perspectiva se quiere alcanzar un equilibrio entre la forma como se aprende la mecánica y la forma como puede ser abordada en la enseñanza. Alternativa que busca cambios en la secuencia de los contenidos, en los contenidos mismos y cambios metodológicos que favorezcan aprendizajes significativos en los estudiantes.

## **2. FORMULACION DEL PROBLEMA.**

¿Cómo implementar una propuesta didáctica alternativa desde el aprendizaje significativo y desde el enfoque de sistemas e interacciones que permita mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la mecánica en estudiantes de educación media?

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Construir una propuesta didáctica de enseñanza y aprendizaje de la mecánica que propicie un aprendizaje significativo de la misma tomando la energía como el concepto más inclusor y dentro del enfoque de sistemas e interacciones.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ◆ Construir un marco teórico que permita fundamentar la propuesta desde la disciplina y desde el enfoque analítico de sistemas e interacciones.
  
- ◆ Adoptar un enfoque didáctico desde la perspectiva del aprendizaje significativo y desde el enfoque de sistemas e interacciones que brinde los elementos necesarios que permitan proponer un cambio en los contenidos y en la secuencia que siguen los programas tradicionales de física al nivel de la educación media.
  
- ◆ Diseñar estrategias de enseñanza fundamentadas en la teoría de aprendizaje significativo que sirva de elemento didáctico para aplicar en el aula.

## 4. MARCO TEORICO

### 4.1 SISTEMAS E INTERACCIONES

*“Es imposible obtener una adecuada versión  
de las leyes que estamos buscando,  
al menos que el sistema físico se mire  
como un todo.”  
Max Planck, Hacia donde va la Ciencia, 1903*

La ciencia posibilita la producción de teorías explicativas que permitan realizar predicciones sobre los fenómenos de la naturaleza. Esta forma de construir conocimiento se hace buscando ciertos comportamientos o respuestas regulares en ella (encontrar algunas de estas regularidades brinda una cierta confianza en el mundo que nos rodea.) El hombre ha buscado la forma para interpretar estos comportamientos, ha buscado los medios que le permitan interpretar los datos que se recolectan y encontrar todas las posibles relaciones entre ellos.

Es así, como los fenómenos de la naturaleza pueden de alguna manera ser mirados de diferentes formas, pueden ser interpretados de acuerdo con los diferentes modos de ver la realidad. Por ejemplo se podría dividir el objeto de estudio en pequeños grupos de cuerpos, de tal suerte que estos grupos no presenten mucha complejidad; el estudio de cada grupo permitiría llegar a resultados satisfactorios para la totalidad. Por otro lado se podría centrar la atención en la totalidad del objeto de estudio y encontrar las posibles relaciones entre objetos o entre el objeto y su exterior, así se estaría centrando la atención en los sistemas como una forma de mirar y pensar el mundo, no como una metodología, sino como la articulación de una serie de conceptos que permite acercarse a una realidad ya sea para interpretarla o para cambiarla.

## 4.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

A través de la historia, los fenómenos y hechos de la naturaleza han sido estudiados atendiendo a diferentes modos de ver la realidad. “El orden maravilloso que se encuentra en el universo siempre ha ocupado nuestra atención, quizás con más fuerza desde que los griegos descubrieron el mundo de la experiencia y se dieron cuenta de ese orden al cuál le llamó cosmos, este les era perceptible y a la vez controlable por el pensamiento y la acción racional” (Bertalanffy, L. en: Castro, C. y otros, 1995, 25) El hombre ha tratado de dar las explicaciones de ese mundo maravilloso y en ese proceso podemos evidenciar cómo se han estudiado los fenómenos generalmente a través de un enfoque mecanicista. (Predominante en un momento histórico del desarrollo de la ciencia y que ha sido considerado como revolucionario: La era de las máquinas después del siglo XVII) La forma como se llegó a este enfoque fue el producto de dos ideas; una de ellas el resultado de comparar la organización u orden del mundo con las máquinas hechas por el hombre, idea que fue sustentada por Rene Descartes y por varios filósofos de la época. Ellos plantearon que para solucionar un problema, se debía descomponer en elementos simples y luego ser analizados separadamente; es decir, reduciendo el fenómeno complejo en tantas partes como fuera posible para poder entenderlo mejor y estudiarlo.

Descartes en su “Discurso del Método” asume el hecho de que al estudiarse un fenómeno se debe mirar primero sus partes, buscar separarlo en el mayor número de elementos posibles. “Dividir cada una de las dificultades que se examinará en tantas partes como fuera posible y necesario para resolverlas. Conducir por orden mis pensamientos comenzando por los objetos más simples de conocer para subir poco a poco por grados hasta el conocimiento de los más compuestos”. (Descartes, R., 1974, 48)

La idea predominante entonces en este enfoque desde la época de Galileo y Newton es la de dar explicaciones a través de la reducción, analizando los comportamientos generales a través del componente aislable más pequeño, en términos de una relación causa efecto. Por ejemplo ¿Cómo se analizaría un fenómeno a través del enfoque sistémico? Si se quiere analizar el comportamiento de un sistema mecánico, se escogería uno para su estudio, se observaría el comportamiento del sistema al interactuar con otro sistema o con el exterior y se analizaría los

cambios que dan cuenta de dicha interacción. El procedimiento consiste en la observación del sistema como un todo; esta forma de análisis obliga a pensar que tanto el sistema como sus componentes no pueden ser estudiados si de antemano no se tienen en cuenta sus interacciones.

Otra de las ideas consideradas dentro del enfoque mecanicista fue la de Charles Darwin; quién consideraba el orden del mundo como producto del azar, idea expresada en su teoría de la selección natural. Ambas ideas fueron bien aceptadas por los hombres de ciencia de la época, pero no podían extenderse al análisis de todos los fenómenos, pues manifestaban incongruencias en el sentido de que era imposible entender la evolución de las máquinas como producto del azar. El enfoque mecanicista reinante hasta el momento ha logrado que la ciencia obtenga importantes desarrollos, a pesar de las insuficiencias que presenta en el análisis y la forma como deja algunas preguntas sin respuestas.

La imposibilidad de explicar completamente los fenómenos de la vida y enfrentar problemas teóricos especialmente en las ciencias permitieron que surgiera una nueva forma de abordar el estudio de los fenómenos. El nuevo enfoque retoma los anteriores cuestionamientos y trata de darles respuesta y para conseguirlo se fundamenta, en parte, en la teoría Aristotélica que plantea que “él todo es más que la suma de sus partes”. (Aristóteles, 15) Planteamiento que cobra su papel esencial dentro del enfoque sistémico, ya que permite abordar los fenómenos como un todo.

“La teoría general de sistema describe un nivel de construcción teórico de modelos que se sitúa entre las construcciones altamente generalizadas de las matemáticas puras y las teorías específicas de las disciplinas especializadas que en los últimos años ha hecho sentir la necesidad de un cuerpo sistemático de construcciones teóricas que puedan discutir, analizar y explicar las relaciones generales del mundo empírico.” (Boulding, K., en: Bertoglio, O.J., 1996, 20)

### 4.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Las bases de la teoría sobre sistemas se ha tomado de diferentes contribuciones y planteamientos como por ejemplo los planteamientos de Von Bertalanffy, Le Moigne, Churchman, Johansen Bertoglio, etc., contribuciones que de alguna manera permiten fundamentar la propuesta desde el enfoque de sistemas e interacciones.

Entre los años 1920 y 1930, Von Bertalanffy, propone una nueva forma de estudiar la Biología, esta nueva forma pretende abordarla como método de investigación, dando explicaciones de los comportamientos de los seres vivos sobre la base de la teoría de sistemas del organismo. Según él: “Si conocemos todo el conjunto de las entidades componentes del sistema y las relaciones que pueden existir entre ellos, podremos concluir que los niveles superiores se derivan de sus componentes”. ( Bertalanffy, L. Et.al., 1978, 36)

Postula su teoría como un paradigma que puede aplicarse a diferentes entes de la realidad, se podría decir que es una filosofía sobre la comprensión del mundo, contraria al enfoque elementalista. Bertalanffy habla de tres aspectos esenciales en su teoría como son: La ciencia de sistemas, la tecnología de sistemas y la filosofía de sistemas. Al referirse a la ciencia de sistemas, se debe hablar de la exploración científica en las diferentes ciencias: física, química, biología, que durante mucho tiempo se han preocupado por el enfoque reduccionista, especialmente la física, que deja de lado la relación entre los componentes constituyentes del todo. Por ejemplo; si pensamos en la forma como, actualmente, en la enseñanza se abordan los problemas acerca del ¿Cómo se mueven los cuerpos?, Se evidencia que en el caso de la mecánica se ha estudiado el movimiento separándolo por partes: Movimiento rectilíneo Uniforme, Movimiento uniformemente acelerado, movimiento en dos dimensiones, movimiento circular; etc.

La teoría general de sistemas tal y como se concibe aquí permite que surjan nuevos conceptos, modelos y campos matemáticos, así como una posible unificación de la ciencia, debido a su carácter interdisciplinario. De Bertalanffy debemos destacar además su inclinación por desarrollar el enfoque sistémico en términos matemáticos. Describe los sistemas de dos maneras diferentes, siempre y cuando se hable de sistemas cambiantes en el tiempo, es decir cuando se refiere a sistemas dinámicos. (Bertalanffy, L. Et.al., 1978, 39)

La forma como los describe atiende entonces a una *descripción interna* cuando se centra la atención en la estructura interna del sistema y la relación entre los elementos constituyentes del sistema. Si se quiere analizar el sistema entonces se determina primero el tipo de sistema y luego se describe haciendo uso de las ecuaciones diferenciales de primer orden, en donde el cambio que se hace evidente en cada una de las variables del sistema puede ser representado por la siguiente ecuación:

$$\frac{dQ_i}{dt} = f_i(Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n)$$

Donde las  $Q_i$  son variables de estado del sistema

Se debe recordar que se analiza un sistema cambiante en el tiempo y que la descripción que se realiza es meramente estructural, es decir, la descripción del comportamiento del sistema se hace en términos de sus variables de estado.

La *descripción externa* considera el sistema como un todo en relación con su entorno, luego se determina si el sistema interactúa con otro sistema o con su exterior. Esta una descripción funcional pues el comportamiento del sistema se evidencia en las explicaciones que se dan en términos de entradas y salidas del sistema, es decir, en términos de transformaciones y transferencias como es el caso de la energía.

En la tecnología de sistemas, pueden agruparse todos aquellos problemas que relacionan la tecnología y la sociedad, finalmente la filosofía de sistemas permite una reorientación de la forma como se ve y se piensa el mundo, contraria a los paradigmas mecanicista y de causalidad lineal presentes en la física clásica.

De igual forma se debe resaltar como lo hace Bertalanffy que la filosofía de sistemas, a su vez se enmarca con respecto a otros aspectos también fundamentales como son la analogía de sistemas, que de alguna manera permite evidenciar lo que se entiende por sistemas y cómo pueden entenderse los diferentes sistemas del mundo, es esta analogía la que permite decir que un sistema es definible por su interacción con los elementos que lo componen. La epistemología también se hace necesaria debido a que cuando se analizan sistemas lo que se

investiga son totalidades organizadas de muchas variables, que requieren de nuevas categorías para que puedan ser analizadas, además pone de manifiesto el hecho de que debe existir una interacción entre el sujeto y el objeto, ya que la percepción no es reflejo de las cosas reales y el conocimiento no puede ser una simple aproximación a la realidad. En conclusión a través de la epistemología de sistemas lo que quiere destacar Bertalanffy es que en el análisis se deben tener en cuenta factores culturales, biológicos, psicológicos, lingüísticos, etc.

A través de esta forma de ver las cosas se pueden destacar todos aquellos aspectos que en el enfoque elementalista se dejaban de lado y en tal sentido, permite asumir una posición frente a la forma de abordar los contenidos en física y frente a la forma como estos deben ser enseñados.

Para Le Moigne es importante estudiar el fenómeno tratando de hacer equivalencias entre el enfoque sistémico y la teoría de la modelización de los objetos. Para él un sistema “es un modelo de naturaleza general” (En: La torre, E., 1996, 39) donde se hace necesario el enfoque sistémico con miras a una explicación de la teoría de modelos. No concibe la simplificación ni la mutilación en el estudio del fenómeno, muestra que la realidad concebida desde la perspectiva del sistema, permite evidenciar que estos pueden: “ligar y ligarse, mantener y mantenerse, transformar y transformarse.” (40) A partir de esto, Le Moigne muestra tres modos a través de los cuales se pueden representar los sistemas como son: la acción (interacción entre sistemas) el equilibrio (permite la organización) y la transformación, (le permite reorganizarse.) El paradigma sistémico a su vez está fundamentado en la síntesis de dos visiones: La visión estructuralista donde la realidad, es entendida como una totalidad que funciona y evoluciona, y la visión cibernética que permite mirar los objetos en interrelación con su entorno con el que funciona y con el que puede transformarse.

Según Le Moigne existen cuatro aspectos fundamentales a tener en cuenta en su enfoque, como son: la pertinencia referida, a las intenciones implícitas o explícitas del sujeto; el globalismo en el que el objeto que se desea conocer debe estar inmerso y activo en una totalidad, es decir, se debe percibir en relación con su entorno, sin preocuparse por su estructura interna; el teleológico que permite interpretar al objeto con respecto a su

comportamiento y no a través de una ley inmersa en su estructura y la agregabilidad que implica que la representación del objeto es una representación intencionada por el sujeto.

Lapierre tiene una perspectiva social para el enfoque sistémico, evidenciando unas características que le permiten dar a la teoría de sistemas su objeto de trabajo y su método. El objeto a estudiar es complejo y no permite la reducción a partes simples. Hace diferencia entre sistemas y subsistemas; además el sistema debe ser dinámico debe permitir la interacción con otros sistemas, y a su vez debe ser organizado, es decir sus interacciones no pueden darse al azar ni tienen un orden inmutable. Sólo puede ser comprendido en función de su entorno, presenta cierta autonomía a la vez que puede ser concebido según las preguntas que el sujeto se haga sobre él. Si se quiere conocer un sistema, hay que construir según Lapierre un modelo en el que se determinen las variables, los procesos y los subsistemas. (Lapierre, en: Latorre, E., 1996, 42)

Churchman recomienda al definir un sistema especificar su finalidad, su función y su estructura. Igualmente, es también necesario que se definan los subsistemas y la forma como estos se comportan. El enfoque permite pensar en función del sistema y en función de sus componentes. Para estudiarlos se identifica primero su objetivo, su propósito y después su estructura. (Churchman, C., en: Latorre, E., 1996, 44)

#### 4.4 DEFINICIONES DE SISTEMAS<sup>1</sup>:

Después de revisar algunas de las fuentes sobre el enfoque de sistemas, se presenta un recuento de las principales definiciones dadas por algunos autores y otras extraídas de diccionarios con miras a construir una posible definición de sistemas.

- Conjunto de reglas o principios sobre una materia, enlazadas entre sí (Real Academia Española, Diccionario de la Lengua).
- Conjunto de cosas que ordenadamente relacionadas contribuyen a determinado objetivo (Real Academia Española, Diccionario de la Lengua.)
- Unidad compleja formada por muchos y diversos hechos y componentes subordinados a un plan común u obedeciendo a un propósito común (Diccionario Webster.)
- Agregado o montaje de objetos agrupados en interacciones regulares o interdependencias (Diccionario Webster.)
- Totalidad operante ordenada (Diccionario Webster.)
- La noción fundamental de un sistema consiste simplemente en que es una Totalidad que convierte al todo en algo diferente de las partes consideradas por separado y en algo más que ellas. En general un sistema es una totalidad conformada por elementos interrelacionados que persigue algún objetivo identificable o finalidad. Esta entidad puede ser concreta o abstracta, natural o artificial y posee una cierta dinámica real o imaginada un objetivo o finalidad y esta inmersa dentro de una totalidad mayor o entorno. (Bertoglio, J.O., 1996, 52)
- Elemento significativo, parcialmente dividido en subsistemas o recíprocamente estructurado según una especie lógica de sistemas que considera, partes, interacciones internas, externas, relaciones, jerarquías, etc. (Guidonni y Arca en: módulo de fundamentación didáctica, 2001)
- Dada la amplia y compleja gama de relaciones en que se desenvuelve un evento, una primera actitud científica para la búsqueda del conocimiento consiste en aislar mentalmente el objeto de estudio, que pasa a constituir el *Sistema* que estará

---

<sup>1</sup> Los conceptos definidos a continuación han sido producto de varios años de discusión. La referencia principal en la cual se han basado algunos de ellos es la siguiente: Centro panamericano de planificación de la salud. Sistemas: algunos conceptos de la teoría programa de adiestramiento, 1974.

permanentemente vinculado con el medio ambiente y el observador a través de las interacciones. (Sánchez, P., et. al., 2000, 296)

#### **4.5 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS:**

Dentro de la comprensión que se busca alcanzar respecto al enfoque sistémico deben discutirse dos conceptos importantes que servirán para mejorar la comprensión acerca de lo que es el sistema, además, avanzar en el estudio de los mismos. Estos conceptos son: la sinergia y recursividad.

Se puede hablar del concepto de sinergia como idea inherente al concepto de sistema, implícitamente se conoce su significado aunque la palabra sea desconocida. Según la perspectiva de la *Gestalt* palabra alemana que significa configuración, ( Bertoglio, O.J., 1996, 21) se considera que la percepción humana no es la suma de los datos sensoriales, sino que pasa por un proceso de reestructuración que configura a partir de esa información una forma, *una gestalt*, que se destruye cuando se intenta analizar una parte. Por ejemplo en el dibujo donde se percibe la imagen de una dama o de una bruja. Psicología de la forma. La definición de sinergia equivale a decir que la suma de las partes es diferente del todo; si un objeto cumple con esto, se dice que posee sinergia. Existe además otra definición de sinergia mucho más sencilla y entendible: se puede decir que un objeto posee sinergia cuando al examinar algunas de sus partes no se puede establecer o predecir cómo funciona el todo. La sinergia es una característica poderosa al analizar los fenómenos ya que si el objeto analizado presenta como característica la sinergia, no puede ser explicado por sus partes constituyentes, de ahí que el enfoque reduccionista no permita la explicación de dicho fenómeno.

Lo anterior se puede analizar con un ejemplo. Si se analiza el movimiento de la tierra alrededor del sol no basta con considerar la atracción gravitacional Tierra-Sol. Es necesario tener en cuenta los efectos que la Tierra esta produciendo sobre los otros planetas y estos a su vez sobre el Sol, en este sentido la sinergia, en el enfoque de sistemas, entra a jugar un papel fundamental, donde no sólo se deben tener en cuenta las interacciones, sino también los efectos parciales que ocurren en cada una de ellas; se la podría tomar tal y como lo concibe H.J. Ansoff, como una medida de efectos unidos. (Ansoff, H.J. en: Bertoglio, O.J., 1996, 41)

De acuerdo con la teoría de sistemas todo objeto que presente características sinérgicas podrá ser considerado como un sistema, es decir (para el caso de nuestro ejemplo) el Sol, la Tierra y los planetas forman un sistema.

Analizando con más detalle lo anterior; no es posible el estudio fraccionado del sistema o cuerpo, se debe entonces, decir, que el análisis particular de un par de variables del problema, no permite predecir como se comporta el sistema en su totalidad, por ejemplo si se tiene un objeto que se encuentra cayendo sobre la superficie terrestre no se podría establecer el comportamiento de este cuerpo si se analiza por separado la altura desde la cuál cae, así como su velocidad.

Hay que aclarar que cuando se habla de elementos independientes, sé esta asumiendo el hecho de que no existen interacciones entre ellas, es decir, interacciones que de alguna manera afecten las variables que se están estudiando, si por el contrario existen numerosas interacciones entre elementos independientes, entonces hay que referirse a elementos aditivos.

La otra característica que debe tenerse en cuenta es la recursividad, para esto es necesario hacer referencia a sistemas y subsistemas o hablar de suprasistemas si se quiere ampliar la visión, en tal sentido, se debe decir que la recursividad puede aplicarse a sistemas que se encuentran dentro de sistemas mayores. Es así, como una característica particular de un sistema será semejante a las características de los suprasistemas, el problema aquí radica más bien en el hecho de poder definir las fronteras del sistema (vendrá a ser un subsistema dentro de un suprasistema, de acuerdo a la recursividad), el sistema, las interacciones, los estados, procesos y variables que de alguna forma permiten establecer las características anteriormente descritas.

## 4.6 CONCEPTOS FUNDAMENTALES SOBRE SISTEMAS E INTERACCIONES

Cuando ocurren cambios debido a la acción de un sistema sobre otro, se dice que una *interacción* ha tenido lugar. (Arons, A., 1997, 46) En física podemos destacar como interacciones: las mecánicas, térmicas, químicas, eléctricas, magnéticas entre otros. Los cambios que se generan, pueden ser de movimiento, forma, densidad, temperatura, presión, u otra propiedad del sistema. Estos cambios son el resultado de acciones que unos objetos han ejercido sobre otros. Como ejemplos de interacciones se pueden mencionar en una interacción mecánica, el choque entre dos cuerpos y en una interacción térmica, el contacto térmico entre dos cuerpos. “El objetivo primario del físico es descubrir las diferentes interacciones de la materia y expresarlas de manera cuantitativa”. (Alonso, M y Finn, E., 1986, 9) Para poder estudiar los procesos térmicos, mecánicos o electromagnéticos, necesitaremos definir los sistemas físicos en términos de, *interacciones, estados y procesos*, (Lapierre, en: Latorre, E., 1996, 42) así como también escoger las cantidades observables adecuadas para describir el comportamiento del sistema: Las variables de estado.

Es posible presentar la siguiente definición de *sistema* como: el objeto o grupo de objetos, que se seleccionan para estudiar o describir y que al interactuar con otro sistema o su exterior se hacen evidentes cambios como los mencionados anteriormente. Sistema puede ser entonces cualquier cantidad de materia, cualquier región del espacio que se delimita con el fin de separarlo de cualquier otra cosa que vendría a ser su exterior y que de ahora en adelante se llamará *alrededor*; que será, todo aquello que está fuera del sistema y que tiene una participación directa en su comportamiento: Puede ser el medio ambiente, el aire, la Tierra etc. La *frontera* es la envoltura imaginaria que encierra un sistema y lo aísla de su alrededor. Es el límite entre el sistema y su exterior, tiene propiedades como la de aislar el sistema o permitir la interacción en forma específica entre el sistema y el medio. Se puede ejemplificar lo anterior de la siguiente manera: Una pelota que se deja caer libremente sobre la superficie de la Tierra; el sistema que se considera es la pelota y su alrededor es el aire y la Tierra; la pelota puede interactuar con los dos, o con uno de ellos. También se puede analizar el comportamiento de un gas en un recipiente provisto de un pistón móvil y que se somete a calentamiento cuando se coloca sobre un mechero. En este caso el sistema es el gas y su

alrededor o medio ambiente con quien interactúa es el pistón móvil y el mechero. Se pueden tener sistemas aislados donde la frontera no permita que el sistema interactúe con su exterior.

En otras palabras los sistemas se escogen de forma arbitraria para su estudio y pueden ser:

- **Sistemas abiertos:** Son los sistemas más comunes. Este tipo de sistema tiene intercambio de materia y energía con el exterior. Un ejemplo: automóvil (entra combustible, aceite, aire. Salen: gases de escape, desechos, energía.)

*Sistemas cerrados:* En este sistema sólo hay intercambio energético con el exterior. No hay intercambio de masa. Se pueden subdividir:

- *Sistemas no aislados:* Hay intercambio sólo de energía con el exterior. Ejemplo: El equipo de frío de un refrigerador doméstico. Solo hay intercambios de calor o energía eléctrica con el exterior.
- *Sistemas aislados:* No hay intercambio ni de masa, ni de energía con el exterior. En la práctica estos sistemas son una abstracción cómoda para analizar situaciones. Ejemplo: un sistema que no es perturbado desde el exterior, no se puede calentar.

Los *sistemas reales* se deben modelar como uno de los anteriores para su estudio. Esto implica definir las propiedades y variables de estado relevantes y estudiar su interrelación.

Cuando se escoge el sistema lo que se hace, es dar cuenta de su interacción con otros sistemas o con el exterior. A continuación se pasa a determinar los *estados* del sistema: Un estado está representado por un conjunto de variables asociadas al sistema. Se dice que un sistema puede permanecer en un estado cuando no cambia una de las variables estado. Por ejemplo en un sistema mecánico el estado está caracterizado por la velocidad. Las variables de estado pueden cambiar por la interacción entre subsistemas o por la interacción entre sistemas. Determinados los estados de equilibrio inicial y final se empieza a dar cuenta del *proceso* entendido como la variación temporal de las variables del sistema. Cualquier transformación de un sistema desde su estado inicial hasta otro estado final, se llama proceso. La trayectoria de un proceso se refiere a la especificación de la serie de estados a través de los cuales pasa el sistema desde un estado inicial hasta un estado final en el tiempo. La siguiente afirmación es de especial interés: La descripción completa de un proceso por lo general requiere de estados

iniciales y finales, de la trayectoria (si puede identificarse) y de las interacciones que ocurren a través de las fronteras durante el proceso. Si algún parámetro de estado cambia con el tiempo decimos que el sistema realiza un proceso.

Las *variables de estado* son las propiedades que se asignan al sistema y que su cambio determina el cambio del estado del sistema. Se podría decir también que son las características colectivas que describen un sistema en su conjunto; su variación permite decir sí el sistema interactúa o no. Si las variables de estado cambian es porque el sistema interactúa con otro o con el exterior. Para explicar un poco más esto, se puede decir, que en un sistema mecánico la distancia no puede ser la variable de estado porque no permite establecer si el sistema cambia de estado, mientras que la velocidad si da cuenta de esos cambios, cambio que está determinado por la acción de una fuerza, ya que es ésta la magnitud que explica el cambio de la variable velocidad. En un sistema termodinámico el volumen, la temperatura y la presión son variables de estado.

Las variables de proceso son las variables que no dependen solamente del estado inicial y final, sino que para conocerlas, se debe conocer todo el proceso. Por ejemplo: la energía interna no puede ser variable de proceso porque sólo depende de los estados inicial y final, mientras que el calor y el trabajo si son variables de proceso pues estas dependen de los estados iniciales y finales y también de la trayectoria.

Las variables de estado se pueden clasificar como variables extensivas e intensivas. Las *variables extensivas* son aquellas que dependen de cuanto material hay, como la masa o del número de partículas del sistema, son propiedades posibles de ser medidas (volumen, energía, entropía), son variables aditivas. Por ejemplo: cuando se habla del volumen de un gas decimos que es variable extensiva, porque depende de la masa y se podría conseguir todo el volumen sumando volúmenes infinitesimales.

Las *variables intensivas* indican la condición del material sin importar la cantidad, es decir, no depende de la masa o del número de partículas del sistema. Además caracterizan el estado del sistema. Son propiedades que no varían cuando cambia la extensión del cuerpo, es decir

que conociendo la velocidad del cuerpo en su conjunto, ésta no necesariamente debe ser igual a la velocidad en una de sus partes. (Densidad, presión, temperatura, velocidad)

Se debe recordar que la fundamentación científica que aquí se plantea desde el enfoque sistémico exige una comprensión y profundización de los conceptos físicos involucrados y es precisamente en lo que se quiere enfatizar en el análisis anterior, además esto lleva a pensar que el problema del movimiento si puede ser analizado como un todo, donde se evidencien las relaciones y comportamientos generales de los sistemas mecánicos y no como se estudia en la actualidad, atendiendo a enfoques reduccionistas.

#### **4.7 ANÁLISIS DE SISTEMAS**

En esta parte, se resalta, que lo que se analiza en física son sistemas –objetos o sistemas de sistemas, la red de interacciones del sistema con el exterior o con sus partes es tan importante como el mismo sistema. De alguna manera se debe ver cómo la interdependencia entre las partes conlleva a que un cambio en una de ellas, no solo, la afecta sino que también afecta a todo el sistema.

¿Cómo se analizan los sistemas? Una forma de analizar los sistemas de la forma más completa posible es comenzar por el análisis del sistema (lo más universal) hasta llegar a la partícula más pequeña. Estas son relaciones verticales, pero también se permite el análisis de sistemas jerárquicamente eslabonados. Son también recomendables y convenientes los enlaces horizontales, ya que éstos permiten que se aborden las interrelaciones con los demás sistemas que no quedaron incluidos en la jerarquía.

Es necesario tener presente que un sistema sólo puede entenderse cuando identificamos sus interacciones con otros sistemas o con su exterior. Como se ha visto hasta el momento no sólo se hace necesario identificar y definir los sistemas, sino también determinar su complejidad, relaciones e interacciones con otros sistemas, en otras palabras se puede decir que al escoger un fenómeno físico que se quiere investigar, como un sistema o subsistema, se debe buscar de alguna manera medir su funcionamiento o comportamiento a través de la

determinación de sus variables, es decir a través de la identificación de lo que cambia y de lo que permanece constante del sistema en la interacción con otros sistemas o con su exterior.

## 5. COMPROMISOS HISTORICO EPISTEMOLÓGICOS Y DIDÁCTICOS

### 5.1 DESDE LA FÍSICA

En la actualidad muchas personas clasifican la mecánica como una de las ramas que estudia la física, no fue así como se consideró durante los siglos XVII y XVIII y contrariamente como muchos piensan, en parte no fue descubierta por los físicos. (Exceptuando la física del sentido común de Aristóteles) Una constancia de ello se encuentra en los trabajos que sobre física datan de esas fechas, trabajos de naturaleza netamente experimental o especulativa donde la teoría matemática está ausente. Estos físicos especulativos, son los herederos de la tradición aristotélica, tan atacada y desprestigiada por Descartes y Galileo. Aunque se realizaron experimentos importantes éstos no influyeron directamente en el desarrollo de la teoría matemática que hoy en día llamamos clásica. ¿Pero quiénes fueron los grandes constructores de la mecánica? Se dice sin temor a equivocaciones que la gran teoría matemática fue construida en su totalidad por geómetras o algebristas. (tal como eran llamados en ese tiempo)

“Así pues la geometría se funda en la práctica de la mecánica y no es más que aquella parte de la mecánica universal que enuncia y demuestra de manera precisa el arte de la medida. Pero como las artes manuales se ocupa sobre todo en mover cuerpos, en general sucede que la geometría trata las magnitudes y la mecánica los movimientos. En este sentido, la mecánica será la ciencia que de manera precisa enuncia y demuestra cómo son los movimientos que resultan de la aplicación de fuerzas arbitrarias y las fuerzas necesarias para crear movimientos no arbitrarios.” (Truesdell, C., 1975, 98)

Estos personajes se esforzaron en expresar en forma matemática las leyes que rigen los fenómenos de la naturaleza, las leyes que rigen la experiencia física común tan evidente para cualquiera que la observa. Es la época en la que florecen los debates metafísicos entre las visiones newtonianas, leibnizianas y cartesianas, algunos de ellos inmersos dentro de una gran imagen geométrica del mundo.

La mecánica se introduce dentro de la física como una ciencia de origen netamente empírico, está basada en la experiencia y construida sobre bases netamente geométricas o algebraicas. “La mecánica fue creada en la época de la ilustración por geómetras y algebristas que se esforzaban en expresar de forma matemática las leyes que rigen la experiencia física común tan evidente para cualquiera que se tome la molestia de observarla.” ( Truesdell, C., 1975, 97) Actualmente se considera que el desarrollo de la mecánica entre los siglos XVIII y XIX, parte de los desarrollos y formalizaciones de Galileo y Newton, este último con sus leyes del movimiento expresadas en los *Principia*, su obra cumbre, trata de explicar los sistemas mecánicos.

La Geometría analítica cartesiana es la base de la cinemática que se enseña en la actualidad y que se ha enseñado por mucho tiempo, es una cinemática geométrica que permite definir los conceptos a través de la geometría analítica, no tiene en cuenta su definición física: “la definición física queda atrapada en una definición geométrica, como es el caso de la definición de la velocidad como la pendiente de la curva de un gráfico cartesiano de distancia en función del tiempo, de aquí que se pueda decir que la física comienza con una gran confusión entre cinemática y geometría analítica.” (Sepúlveda, A., 2002, 5)

Generalmente en los cursos de educación media los contenidos de física que se enseñan están estructurados en la mecánica de Newton y en lo que comúnmente se nombra como sus leyes, él enseñarla así, ha ocultado la falta de unidad que existe entre la cinemática cartesiana y la dinámica. En la cinemática la masa no es tenida en cuenta, es un estudio de la sucesión temporal de puntos alineados en curvas en espacios cartesianos (estudio de trayectorias), mientras que la dinámica newtoniana es el estudio de esa cinemática, y de la idea de masa. (Sepúlveda, A., 2002, 5) Separación que no ha permitido la unidad epistemológica de la mecánica.

Esta cosmovisión ha permanecido por más de 500 años, (aunque en la física moderna se halla tratado de superar a Newton) todavía se guardan rasgos de esa física de bases cartesianas. Se podría decir que sólo algunos pensadores como Berkeley, Leibniz, Mach, enfocaron el movimiento desde una mirada diferente y trataron desde cada una de sus visiones, de rehacer la mecánica de modo tal que permitiera hablar del movimiento, no sólo

de puntos materiales, como en Descartes, sino que permitiera además hablar del movimiento de las cosas, del movimiento que vive el estudiante desde la cotidianidad. Esto implica entonces que se deba empezar a hablar de una cinemática inercial.

La visión newtoniana, tiene grandes implicaciones en la enseñanza; genera dificultades de comprensión en la forma de abordar el estudio del movimiento. Pues lo que siempre se pensó y lo que Newton pretendió hacer fue crear un puente entre la cinemática y la dinámica a través del concepto de masa, ahora la forma de mirar es diferente, no es la masa el puente entre la cinemática y la dinámica sino que, por el contrario, es la masa el concepto que debe estar presente desde que se pregunta por el movimiento, entonces ¿Cómo pasar de la cinemática a la dinámica?, ¿Cómo cerrar esta brecha? ¿Cómo establecer la relación entre las variables que caracterizan el movimiento? Las anteriores preguntas llevan entonces a estudiar a Leibniz, Berkeley o Mach quienes manifestaron críticamente las grandes dificultades del sistema newtoniano.

### **Cosmovisiones Mecanicistas**

En el desarrollo de la física del siglo XVIII, tres fueron los grandes problemas que la preocuparon: la ley de la inercia, la constitución de la materia y la categorización de las fuerzas motrices. (Rioja, A. 1980, 14) Aspectos centrales en la física que fueron enfrentados de manera diferente por Newton y Leibniz. Se trata a través del siguiente análisis de visualizar la forma como ellos asumen dos de los problemas que se encuentran íntimamente relacionados como son la ley de la inercia y la categorización de las fuerzas, que a la luz de estas y otras cosmovisiones permita comprender y abordar el análisis de los fenómenos mecánicos.

El primer problema lleva a pensar en los conceptos de espacio y tiempo; es decir como son asumidos de acuerdo con cada cosmovisión, si son conceptos relativos o si son absolutos. Entendiéndose por *absoluto* aquello que existe por sí mismo y que no está definido con relación a nada externo, mientras que lo *relativo* a la materia es lo que no puede definirse independientemente. Un segundo problema habla de las fuerzas como una propiedad intrínseca de la materia. La formulación de estos problemas implica que se analicen las cosmovisiones de Descartes, Newton, Berkeley, Leibniz y Mach.

Si se estudia a Descartes se observa que él define *lugar* en relación del cuerpo con algo que entra en contacto. Berkeley asume el movimiento referido a un conjunto de cuerpos que mantienen sus posiciones relativas y Leibniz lo considera con base en su concepción relacional, es decir considera el espacio y el tiempo como una relación u orden de coexistencia entre seres reales y posibles. Desde este punto de vista, se asume el análisis de cada una de las cosmovisiones buscando fundamentar la propuesta de enseñanza de la mecánica, y que además permitan ver las problemáticas tal y como se plantearon en su momento.

La geometría de Descartes es la base de la mecánica newtoniana; su ciencia es una ciencia metafísica y muy poco experimental, sus conceptos de espacio, tiempo y movimiento son deducidos de las perfecciones de Dios; tal y como se anotó en la introducción anterior su física es matemática sólo en lo que concierne a la parte geométrica, ya que fue esta geometría analítica la que en su algebrización permitió el estudio del movimiento independiente de la materia. (Sepúlveda, A., 2002, 8) La gran relevancia que le dio a la geometría hizo que se olvidara del mundo físico, esto llegó más a obstaculizar que a favorecer el avance de la física. Descartes formula una sola mecánica para los cielos y la tierra pero su poca persistencia no le permitió avanzar más.

Descartes realiza la definición de lugar como la relación del cuerpo con lo que está inmediatamente en contacto, el espacio es relativo a la materia, pues lo define en relación con algo externo a él. Eliminó de manera explícita de su cosmovisión el concepto de masa y densidad, en su física la cantidad de materia está dada sólo por su extensión o tamaño. “Después de haber conocido que la naturaleza de la sustancia material o del cuerpo consiste sólo en que es extensa y en que su extensión no difiere de la que se atribuye al espacio vacío es fácil entender que no es posible que alguna de sus partes ocupe más espacio en una ocasión que en otra o pueda ratificarse como ha sido explicado antes.” (Descartes, R. En: Hoyos, P., 132)

Otro elemento importante para la física de Descartes es el movimiento; lo aísla de la dimensión temporal, es decir movimiento considerado como desplazamiento, siendo un

movimiento exclusivamente geométrico, es decir defendido sólo en términos de espacio; no tiene relación con la naturaleza del cuerpo y además rechaza la concepción del movimiento como proceso de cambio, no hace diferencia entre movimientos violentos y naturales, no define un sistema fijo de referencia, es decir, todo movimiento debe ser definido con base en un sistema de referencia local, de ahí que su concepción del movimiento sea relativa con respecto a cuerpos que considera en reposo. Esta relatividad del movimiento es producto de su reduccionismo material. Su concepción solo tiene en cuenta la dimensión espacial que se distingue de la concepción medieval y de la concepción de movimiento de la física clásica en razón de sus fundamentos teóricos donde niega los movimientos definidos en función de la naturaleza de los cuerpos o de las fuerzas que lo producen, rechazando la concepción de movimiento como proceso de cambio, posición contraria a la de Newton.

En cuanto al concepto de velocidad lo asume como algo ya dado, como algo con significado ya conocido, no la establece como una relación entre magnitudes, que puede asumirse desde su visión como una propiedad o modo del cuerpo y que desde su cuantificación puede asumirse como los grados de velocidad, su movimiento es cuantificable lo que implica que la cantidad de movimiento total sea constante, es decir la cantidad total de movimiento no ha variado desde la creación del universo, (Descartes, en: Hoyos, P, 2001, 49) como no tiene en cuenta el tiempo en la concepción del movimiento la cantidad de movimiento es intemporal, casi instantánea, luego, una mirada desde ahí niega el concepto de aceleración, se puede entonces afirmar que fue el primero en hablar de la conservación del momentum lineal que de acuerdo con algunos autores lo llevó a formular la ley de la inercia de la física clásica pero al respecto se podría discutir muchas cosas, como, por ejemplo; en palabras de Koyré cuya opinión con respecto a esta afirmación es radical: “El hecho que dentro de la física cartesiana no hay lugar para el movimiento inercial cuya causa es la eliminación de la masa como propiedad esencial de los cuerpos y a consecuencia de su radical geometrización de los fenómenos”. (1980, 27)

Además en palabras del mismo autor se puede decir: “El logro más importante de Descartes como físico fue sin duda haber formulado en forma clara y distinta el principio de inercia y haberlo puesto en su lugar” (149)

En la física de Descartes, tanto su concepción de espacio como su concepción de materia, son homogéneas, es en tal sentido que la cantidad de materia de los cuerpos está determinada por criterios geométricos; esto implica que el concebir la masa como propiedad de los cuerpos no hace parte de su física.

“Descartes al identificar materia y extensión sustituye la física por la geometría. De nuevo geometrización a ultranza. Eliminación del tiempo. Y ésta es la razón por la cual la física de las ideas claras, terminó en un fracaso” (103) Es claro que la clave de la matematización de la física fue la reducción de las magnitudes a la extensión, y esto es debido a que es la extensión la magnitud más fácilmente aprehensible, donde cualquier magnitud puede ser representada por ella. Es importante anotar que cuando identifica la extensión como la característica que define exclusivamente la materia, concibe el mundo como un plenum material homogéneo, donde no es posible el vacío; de aquí la idea contradictoria, pues cuando equipara materia con extensión, elimina de manera explícita el concepto de masa y densidad. (Descartes, en: Hoyos, P., 2001, 99)

Su movimiento está definido sólo como un desplazamiento pero también puede ser un modo o cualidad de los cuerpos. En conclusión las bases que sirvieron de cimiento para su física no lograron explicar todos los fenómenos tal y como él lo ambicionaba y ni siquiera explicaron el movimiento a cabalidad, pues su física podría decirse fue sólo una física de extensión, geométrica e imaginativa y de acuerdo con Leibniz: en sus análisis del movimiento olvidó la masa. Para Huygens, la falta de integración del tiempo y la masa es lo que hace que su física pierda peso quedando relegada a una hermosa novela filosófica.

Se puede afirmar sin temor a equivocaciones que los grandes problemas de la física cartesiana tienen su origen en la identificación de la materia como extensión y el movimiento como velocidad y además, en el bloqueo que puso al considerar la masa como una magnitud diferente del tamaño del cuerpo y de concebir la fuerza como la capacidad que tienen los cuerpos para actuar o resistir la acción de otros cuerpos, no importándole su cuantificación.

La influencia cartesiana en la segunda mitad del siglo XVII era incuestionable, de ahí la doctrina cartesiana que profesa Isaac Newton, quien empieza criticando la ausencia de un

sistema de referencia en el movimiento cartesiano, diciendo que éste no tiene velocidad alguna, ni dirección, ni recorre espacio alguno, ni ninguna distancia, sus definiciones de “lugar” y de “movimiento local” tienen que fundarse en un sistema de referencia, inmóvil.

El espacio es entendido como un contenedor de cuerpos, postula el espacio absoluto y construye una teoría del movimiento que adopta la geometría de Euclides como base de su estructura, supone la existencia del espacio frente a la materialidad del universo. Los conceptos fundamentales con los que estructura su mecánica son el espacio, el tiempo, la masa y la fuerza son mensurables y pueden ser tratados matemáticamente, son las magnitudes fundamentales de la mecánica clásica y otras magnitudes como la velocidad, aceleración, momento, energía, trabajo etc., pueden ser expresadas en términos de dichas magnitudes fundamentales. La cinemática de Newton es una propuesta de estudio del movimiento sin mundo, es decir sólo para puntos inmateriales en movimiento.

Todo puede rotar en ausencia del entorno material y en un espacio vacío y preexistente en el que no hay referencias identificables. Toda su cinemática es una cinemática también geométrica. Para enunciar su principio de inercia Newton debe recurrir a formular un concepto nuevo: la masa y a establecer la conceptualización de la fuerza de manera diferente a la asumida por Descartes donde la fuerza suponía necesariamente contacto entre dos cuerpos.

En sus leyes del movimiento la segunda ley reviste especial importancia pues se considera como una expresión analítica que establece una relación de proporcionalidad entre la fuerza y los cambios de velocidad del cuerpo, considera la fuerza como independiente de los cuerpos, que existe exterior a ellos, asume que si se conocen la fuerza no equilibrada es posible determinar los cambios de estado de movimiento (aceleraciones) de los cuerpos, concepción diferente también a la cartesiana. Newton construye la mecánica tal y como Euclides construyó su Geometría, así mismo antepone a su obra definiciones y leyes axiomáticas, su concepto central es la fuerza y es la que hace que la mecánica sea algo diferente a una mera geometría aplicada. (Sepúlveda, A., 2002, 13) El propósito de Newton es vincular sus leyes a un sistema de referencia que no sea material y que por tanto no este sometido a la movilidad de un sistema material de referencia, esto implica entonces que el espacio y el tiempo sean definidos en sí mismos y no referidos a algo externo.

En tal sentido se puede decir que Newton se antepone a la visión cartesiana de lugar, a sí mismo como a la visión leibniziana de espacio y tiempo como se analizará más adelante.

La teoría de Newton muestra el concepto de masa inscrito en dos contextos totalmente diferentes, el primero es el que hace referencia a la masa inercial como la oposición al cambio de estado en el movimiento del cuerpo y el segundo referente a la masa gravitacional, que determina la capacidad que tiene un cuerpo para atraer a otro. Es este concepto de masa el que permite que en la física newtoniana se posibilite el paso de la cinemática a la dinámica, cuando se empieza con la descripción geométrica del movimiento y luego se avanza hacia el estudio en los cambios de estado de los cuerpos que tienen masa, ahí se da un gran paso, ligando el concepto de masa al concepto de inercia.

Dino Segura analiza la relación donde la fuerza es igual a la masa por la aceleración del cuerpo y según él, el concepto de masa es sólo un coeficiente, es una cantidad constante, que describe la oposición del cuerpo a la aceleración, luego desde esta forma de mirar dicha relación el concepto de masa es independiente no sólo de su posición sino también del movimiento, (1993, 94) y de acuerdo a como también lo asegura Sepúlveda; “En el mundo newtoniano no hay complicidad del espacio y el tiempo con la materia.” (Sepúlveda, A., 2002, 7)

La forma como se aísla y privilegia el tiempo en su cosmovisión es la que permite que exista una cinemática donde el tiempo es un parámetro independiente e irreducible. Desde el momento en que Newton con sus *principia* establece un marco conceptual para la mecánica, aparece toda una línea de pensamiento, en donde se debe aceptar una muy específica descripción del movimiento y de la naturaleza en general. Todo se establece en la propuesta donde el tiempo y el espacio están ahí como escenario natural y necesario de los fenómenos físicos, en tal sentido entonces no podrían existir argumentos que permitan separar el tiempo de la materia, pues el simple hecho de que se exista como materia permite hablar del tiempo en el mundo, es decir no hay tiempo sin mundo, ni materia sin tiempo, pues nada podría durar sino existen. Aunque la explicación newtoniana ha permitido construir explicaciones del

mundo macroscópico exitosamente, se cree que es posible encontrar concepciones que permitan mirar los fenómenos mecánicos desde otras perspectivas.

La concepción de Leibniz aporta bastante desde su visión del espacio, del tiempo y del movimiento. Para él, el tiempo (muy contrariamente a lo que piensa Newton) no puede ser independiente de la materia, es decir, la relación tiempo materia es fundamental. Fue el primero en mostrar las dificultades del sistema newtoniano y un punto de partida que permite asumir posiciones diferentes a la tradicional forma como se conciben y abordan los fenómenos mecánicos.

La física Leibniziana surge a partir de la crítica a la física newtoniana, en ella se asume que la masa de cada cuerpo debe ser pensada teniendo en cuenta la masa del universo, al contrario la teoría newtoniana concibe la masa de los cuerpos, insignificantes al compararlas con la masa del universo, que entonces puede hacerse despreciable. (¿Será por esto que la física newtoniana ha funcionado?)

Añade la idea de lo relacional al considerar el espacio y el tiempo como una relación u orden de coexistencia entre seres reales y posibles. En la teoría de Leibniz hablar de movimiento implica hablar de cosas que se están moviendo, es decir, lo que se mueve no son sólo puntos en un diagrama cartesiano, sino cuerpos, no es posible hablar de velocidad física sino existe algo en movimiento, esta concepción es totalmente contraria a la concepción cartesiana de la velocidad como la pendiente de una recta. Al respecto se puede decir que el movimiento tal y como lo concibe Leibniz considera la masa de los cuerpos, pues como él lo argumenta, no tendría sentido enseñar en mecánica el movimiento de puntos en el espacio cuando lo que realmente se mueve son cuerpos con masa.

Su concepción de espacio no es otra cosa que un orden de existencia de las cosas que se señalan en su simultaneidad, pero su rechazo fundamental a la teoría de Newton es sobre el movimiento absoluto; “Es irrazonable que haya un movimiento (del universo) distinto al de sus partes cambiando de situación entre ellas; puesto que un movimiento tal (distinto al de sus partes) no producirá ningún cambio observable... Otra cosa es cuando estas partes cambian de situación entre ellas, pues entonces se reconoce un movimiento en el espacio, pero

consistente en el orden de las referencias que cambian... “No hay movimiento cuando no hay cambio observable, no hay absolutamente ningún cambio”. ( Leibniz. Citado en: Sepúlveda, A., 1995, 126)

En conclusión para Leibniz todo movimiento es relativo. De acuerdo con lo anterior es necesario rehacer la cinemática para que comience sobre bases sólidas y es ahí donde se deben también revisar los planteamientos de Berkeley otro de los críticos de la cosmovisión newtoniana, que concibe el espacio con relación al movimiento y los cuerpos. Argumenta que si no hay cuerpo, no hay espacio ni movimiento, para él la idea de espacio absoluto independiente de los cuerpos no tiene soporte universal; es necesario entonces la existencia de los cuerpos para el movimiento, de lo contrario no tiene sentido concebir el espacio absoluto independiente de los cuerpos. (Berkeley. Citado en: Sepúlveda, A., 1995, 127) El sistema de referencia debe ser entonces un sistema de referencia material, pues carece de sentido hablar de movimiento o de espacio independientemente de la materia.

Asume que la ley de la inercia no necesita ser referida a un sistema privilegiado de referencia (espacio absoluto), pues el espacio absoluto para él, es un concepto abstracto, su posición es nominalista. Basta un sistema de cuerpos que estén suficientemente alejados, de modo que mantengan sus posiciones relativas con respecto a nosotros.

Mach a finales del siglo XIX agrega a las ideas de Leibniz, Berkeley y Huygens lo que podríamos llamar relacional (relación: espacio, materia y movimiento) del movimiento relativo y la relatividad de la inercia: “Si no hay universo, no hay inercia, ni espacio”, (Mach, E. en: Rioja, A., 1985, 27), esta afirmación recibe el nombre de principio de inmanencia del universo o principio de la relatividad de la inercia. En la teoría de Einstein se encuentra una justificación parcial de las ideas de Mach. Construye la mecánica sobre las bases que comprende la relatividad esencial de las longitudes, las duraciones y el movimiento, es un positivista que insiste en el carácter utilitario e instrumental de la ciencia entendida esta como la economía del pensamiento. (Sepúlveda, A., 1995, 128)

Rechaza toda reducción mecanicista y dice que no existe fenómeno puramente mecánico, es decir a todo movimiento siempre le están asociados variaciones térmicas, magnéticas y

eléctricas que modifican el fenómeno. La gran sugerencia de Mach a la teoría de la relatividad tiene que ver con la falta de inmanencia de la inercia, donde propone que no es posible pensar por separado el espacio, el tiempo y la materia, y que el espacio y el tiempo existen en tanto existe el universo material. Por ello debe pensarse que la inercia de la materia está tan íntimamente unida a su existencia espacial y temporal que no basta decir que los fenómenos en que la materia incurre se desarrollan en el espacio y el tiempo, sino más bien que la materia total del mundo incurre en fenómenos sólo porque ella genera sin falta el espacio-tiempo en que ella y sus partes se mueven: espacio, tiempo y materia, todo o nada. Luego la inercia es algo que sólo se da porque la materia es espacio-temporal. Lo que es inmanente es sólo el universo mismo. Cada una de sus partes está condicionada sólo por la existencia del resto, sin que nada exista en relación con lo demás (enfoque sistémico).

La crítica de Mach esta también dirigida hacia los absolutos newtonianos pues según él nadie es competente para hablar del espacio y movimiento absolutos, pues son sólo construcciones mentales que no pueden ser producidas por la experiencia, además el tiempo absoluto es una construcción metafísica sin sentido, pues afirma que no tiene sentido hablar de estos conceptos cuando no tienen lugar en las prácticas experimentales, luego, solo concibe el espacio y el tiempo relativos, si como él dice sólo queremos fiarnos de los hechos.

Otra de las cosmovisiones que se analiza es la de Hertz, él propone una nueva imagen de la mecánica más asociada a la forma como se enseña, establece las características de la imagen de la mecánica y permite comparar diferentes imágenes con respecto a su permisibilidad lógica, es decir si es adecuada al pensamiento, de acuerdo con su correctibilidad; Si está de acuerdo con la experiencia y sí esta de acuerdo con su pertinencia; Simplicidad. Para Hertz las imágenes están caracterizadas por unas ideas o conceptos fundamentales conectadas mediante una ley y desarrolladas en un principio (proposiciones y corolarios.) Las imágenes se caracterizan por las ideas y las relaciones que se encuentran entre ellas.

La primera imagen que presenta Hertz es sobre la mecánica newtoniana, sus ideas o conceptos fundamentales: espacio, tiempo, masa y fuerza. Las leyes que conectan estas ideas son las leyes de Newton, en esta imagen las ideas o leyes no son solamente necesarias, sino suficientes para el desarrollo total de la mecánica. El principio de D'Alambert permite

extender los resultados de la estática al caso del movimiento. De acuerdo con la forma como se enseña se puede decir que enseña los conceptos en forma separada, los movimientos que explica no coinciden con los movimientos reales, no todas las propiedades son tenidas en cuenta y muchas de las relaciones que se consideran no están en la naturaleza; esto es lo que lleva a pensar en buscar una imagen diferente, una representación de la mecánica diferente a la que se enseña en la actualidad.

La segunda imagen de la mecánica que presenta Hertz, es la imagen energética: Los conceptos o ideas fundamentales son espacio, tiempo, masa, energía cinética y potencial, el principio es el principio de mínima acción de Hamilton. Parte de estos cuatro conceptos fundamentales y las relaciones entre ellos forman el contenido de la mecánica. La masa y la energía se conciben como entidades físicas presentes en cantidades dadas y no pueden ser destruidas ni inventadas.

Al igual que en la propuesta que más adelante se presenta, Hertz muestra una imagen de la mecánica dada desde el concepto de energía, imagen que está influenciada por la revolución que causó el descubrimiento de la conservación de la energía, en donde se analizan los fenómenos en términos de transformaciones y transferencias de energía, tratamiento que también se puede aplicar desde el principio a la mecánica.

Es una imagen para él más definida y más simple; la física del presente prefiere hablar en términos energéticos porque de esta forma se evita hablar de las cosas de las que se sabe muy poco y que no afectan para nada las afirmaciones esenciales en consideración. Además en las hipótesis sólo se tienen en cuenta las características que son directamente accesibles a través de la experiencia, las etapas de la deducción, así como resultado final pueden ser definidas como correctas y significativas.

La idea de fuerza no surge de la experiencia, sino de la definición y de las leyes fundamentales, no hay que confirmarla. Si se hiciera, sería dudar que todo el sistema sea correcto, la fuerza no involucra dificultad lógica, sólo aumenta o disminuye su pertinencia. Es una imagen que representa sin ambigüedad las transformaciones de la energía y permite predeterminar el curso de los fenómenos reales.

## **5.2 DESDE LA EDUCACIÓN**

### **5.2.1 Las teorías de aprendizaje**

La pregunta sobre cómo aprenden los estudiantes ha sido una preocupación constante durante todas las épocas, los estudiantes presentan grandes dificultades para analizar sus conocimientos, así como para utilizarlos y transferirlos a situaciones cotidianas. Estas preocupaciones han llevado a tener en cuenta las contribuciones de la epistemología, aportes que han permitido constituir un cuerpo de conocimientos y avanzar hacia la construcción de diferentes propuestas metodológicas.

En la década del 60's las múltiples transformaciones en el ámbito social, económico y político, marcaron las pautas en el desarrollo del conocimiento humano, conocimiento enmarcado dentro de diferentes teorías como múltiples formas de ver el mundo, de explicar, realizar observaciones y resolver problemas. En tal sentido se puede hablar de teorías físicas, teorías evolutivas, teorías de aprendizaje, etc. Refiriéndose específicamente a las teorías de aprendizaje, se dice que estas son una forma de construcción humana colectiva, donde se busca la interpretación del conocimiento relacionado con el aprendizaje. Aquí los investigadores tratan de explicar ¿Cómo los sujetos aprenden? Y ¿Por qué aprenden de determinada manera?.

Dentro del marco conceptual de las teorías del aprendizaje se distinguen tres vertientes filosóficas; La conductista, la cognitivista y la humanista, a continuación se esbozan algunos aspectos sobresalientes de cada una de estas vertientes filosóficas.

La corriente filosófica Comportamentalista esta basada en los comportamientos observados de las personas y en las respuestas a determinados estímulos, la repetición es garantía del aprendizaje, según ésta corriente todo puede ser enseñado siguiendo una programación lógicamente organizada, los objetivos comportamentales expresan lo que el alumno debe saber hacer y la evaluación esta basada en la observación de conductas.

La corriente filosófica Cognitivista surge en la década de los 50, se caracteriza porque su objeto de conocimiento se centra en el acto de conocer, es decir, en explicar cómo conoce su mundo el sujeto. Se interesa en estudiar los procesos mentales de percepción, atención y memoria, en conocer el papel del pensamiento y del lenguaje, en la construcción del conocimiento y en explorar la dinámica mental de actividades complejas como el procesamiento de la información, la resolución de problemas y la creatividad.

En la corriente filosófica humanista el énfasis está en el sujeto que aprende, en el desarrollo de su personalidad, en su crecimiento desde aspectos como: sentimientos, pensamiento, acciones. Aquí prima más lo anterior que el conocimiento, aunque este debe ser parte de un desarrollo normal.

Dentro de este panorama global de las vertientes o concepciones filosóficas, se ubican algunas de las teorías de aprendizaje que de alguna manera han sido más relevantes a través de la historia. Una de ellas hace parte del enfoque conductista y es conocida como la teoría conductista del aprendizaje.

En el campo cognitivista se encuentra el constructivismo que consideró las investigaciones y aportes del psicólogo y epistemólogo suizo Jean Piaget, quién trato de explicar cómo se produce el conocimiento en general y el conocimiento científico en particular, él dice: “El desarrollo cognitivo supone la adquisición sucesiva de estructuras mentales cada vez más complejas; dichas estructuras se van adquiriendo evolutivamente en sucesivas fases o estadios, caracterizados cada uno por un determinado nivel de su desarrollo.” (En: Turner, J., 1981, 41) A la par de los estudios de Piaget se sitúan los aportes de Lev Semionovich Vigotsky quién estudió la influencia del contexto sociocultural sobre los sujetos que aprenden. Él desarrolla la Teoría del origen social de la mente.

La teoría de David Ausubel sobre aprendizaje significativo hace también parte de esta corriente, en ella el autor muestra una marcada diferencia con el aprendizaje repetitivo o memorístico y da una gran relevancia a los conocimientos previos de los estudiantes. Explica que la significatividad en el aprendizaje sólo se hace posible cuando se relacionan los

conocimientos nuevos con los que ya posee el sujeto y determina que el aprendizaje debe darse desde los conceptos más generales o inclusores a los más particulares.

Posteriormente y dentro de la misma concepción constructivista algunos investigadores empezaron a indagar sobre los conocimientos previos de los sujetos, comprobando que después de la instrucción y de la exposición clara de conceptos por parte del profesor, continúan persistiendo en los mismos errores conceptuales. Desde entonces en el ámbito de la didáctica de las ciencias y la psicología cognitiva se han venido realizando innumerables investigaciones sobre lo que se denomina; pre-conceptos, ideas previas o concepciones alternativas, punto en el que confluyen las teorías de Piaget, Ausubel y Posner.

Dentro de la visión presentada anteriormente de teorías y enfoques de aprendizaje, se ubica el aprendizaje significativo en una perspectiva *cognitiva/constructivista*, que comienza en la época de los 70's cuando los investigadores comienzan a explorar las ideas previas de los sujetos y cuando el mundo anglosajón está inmerso en una especie de revolución ingenua donde se cree que la solución a los problemas del aprendizaje esta en las propuestas del aprendizaje por descubrimiento, propuesta que según el mismo Ausubel señala, cae en la ingenuidad del razonamiento inductivo a partir de datos empíricos. La crítica más justificada al aprendizaje por descubrimiento va acompañada del aprendizaje por recepción, es decir en la enseñanza por transmisión de conocimientos ya elaborados. Esta orientación en la que se destaca el nombre de Ausubel resalta aspectos como el papel del profesor o la importancia de las estructuras conceptuales de los estudiantes en la adquisición de conocimientos.

El principal aporte de Ausubel fue, sin duda, el esfuerzo explícito de fundamentación teórica, que permitió cuestionar las propuestas ingenuas del “aprendizaje por descubrimiento” y mostrar que tras la idea vaga de “enseñanza tradicional” puede existir un modelo coherente de enseñanza-aprendizaje: El aprendizaje significativo.

### **5.2.2 Teoría de aprendizaje significativo**

Para lograr una apropiación de los conceptos fundamentales relativos a la teoría de aprendizaje significativo es necesario primero tener claridad sobre las características y

diferencias entre aprendizaje mecánico y significativo, por recepción y por descubrimiento. De acuerdo con Ausubel, hay dos modos de acceder al conocimiento: Por recepción y por descubrimiento y dos modos de aprender: mecánica y significativamente.

El aprendizaje significativo se puede lograr por recepción o por descubrimiento, o sea, se puede acceder al aprendizaje significativo de una cierta información ya sea porque ésta se descubra, por ejemplo a través de la experiencia o por que sea transmitida por algo o alguien a través del lenguaje hablado o escrito. Lo que determina que realmente sea aprendizaje significativo es el hecho de que en la estructura cognitiva del sujeto existan los subsumidores necesarios para que la nueva información sea asimilada de una forma no arbitraria y sustancial, modificándose y modificando así su estructura cognitiva. Un subsumidor es aquel concepto, idea o imagen pertinente ya establecida en la estructura cognitiva del estudiante, referida también como idea anclaje.

El diseño de una situación de instrucción que genere aprendizajes significativos requiere establecer una secuencia adecuada de acciones que asegure la interacción entre las ideas del material y las ideas presentes en la estructura cognitiva del estudiante. Dentro de estas situaciones de instrucción se puede hablar de la exposición, que puede ser de dos tipos: oral o escrita pero con una sintaxis propia para cada caso donde la estructura lógica puede exponerla verbalmente el profesor o bien ser presentada mediante un texto escrito.

La enseñanza en cualquier caso debe partir de lo que Ausubel y Novak (Ausubel, D y Otros, en: Moreira, M.A., 1993, 10) denominan conocimientos previos o subsumidores. Según Ausubel la mayor parte de los conceptos se aprenden de un modo subordinado, es decir, por diferenciación de una idea nueva a partir de una idea anterior más general lo que establecerá una relación entre la nueva información y la información existente en la estructura cognitiva del sujeto que aprende.

En el marco de lo anterior la propuesta se basa en el aprendizaje significativo de Ausubel, quien define dos condiciones básicas de aprendizaje:

1. Que los materiales de enseñanza estén estructurados lógicamente con una jerarquía conceptual. Esto implica que el material potencialmente significativo tenga un

significado lógico y que además el estudiante tenga disponibles en su estructura los subsumidores específicos con los cuales pueda relacionar el nuevo material. En tal sentido, se debe organizar las estrategias de enseñanza respetando la estructura psicológica del alumno, es decir los conocimientos previos y sus estilos de aprendizaje.

2. Una disposición o actitud por parte de quien aprende.

En la teoría de Ausubel incorporada a la estructura cognitiva se distinguen dos tipos de aprendizaje: el aprendizaje mecánico, en el cual la información es aprendida sin interacción, con conceptos relevantes existentes en la estructura cognitiva y el aprendizaje significativo, que es el proceso a través del cual la información se relaciona de manera no arbitraria y sustantiva con un aspecto relevante de la estructura cognitiva del individuo.

En el aprendizaje significativo la nueva información interactúa con una estructura de conocimiento específica denominada “subsumidor”, este es un concepto, una idea o una proposición capaz de servir de “anclaje” para la nueva información. Aparece entonces una forma de caracterizar los tipos de aprendizaje significativo, siendo éstos el representacional, el conceptual y el proposicional.

En el aprendizaje representacional se atribuyen significados a distintos tipos de símbolos. Símbolos que pasan a significar aquello que su referente significa. Generalmente son palabras, socialmente compartidas, con los cuales se representa un objeto, situación, acontecimiento. En un primer momento lo que un símbolo representa es algo desconocido, es algo que se tiene que aprender. A este proceso se le llama aprendizaje de representaciones. Aprender el significado de las palabras (símbolos) aisladas, es aprender lo que estas representan.

En el aprendizaje conceptual los conceptos, ideas unitarias o categoriales son representados por símbolos particulares (palabras conceptos) que representan abstracciones de los atributos criterios. (Esenciales) Generalmente establece una equivalencia entre los conceptos y los símbolos que estos representan. Aprender lo que significan las palabras conceptos es evidentemente un tipo de aprendizaje mayor al aprendizaje de representaciones, pues se debe

aprender no sólo lo que significa en sí el concepto sino también aprender cuales son los atributos de criterio que permiten distinguirlo o identificarlo.

Finalmente ocurre un aprendizaje proposicional cuando se asigna el significado de una idea en forma de proposición, expresada verbalmente, a través de conceptos que conforman la proposición. Un ejemplo que hace parte de la anterior definición es la ley de la caída de los cuerpos donde se establece que “dos cuerpos de diferente masa, dejados caer desde la misma altura en el vacío caen al mismo tiempo”. Hasta acá se ha analizado como el aprendizaje significativo puede ser de representaciones, de conceptos, de proposiciones, ahora se analizará como cada uno de estos aprendizajes puede ocurrir de diferentes modos mediante aprendizaje subordinado, supraordenado y combinatorio.

El aprendizaje subordinado refleja una relación de subordinación entre el nuevo material con conceptos de la estructura cognitiva que preexisten en el individuo, se puede distinguir dos tipos de aprendizaje subordinado: *El derivativo* que es aquel que ocurre cuando el material aprendido es entendido como un caso específico de una situación ya establecida en la estructura cognitiva, y *el correlativo* que es aquel en el cuál el nuevo material es aprendido como una extensión, elaboración, modificación o calificación de conceptos previamente aprendidos. En el aprendizaje de la física puede ocurrir un aprendizaje de tipo derivativo cuando se establecen como ejemplos de cantidades escalares; la masa, el tiempo, la distancia recorrida, la rapidez, el área, etc. En este mismo orden de ideas, ocurre aprendizaje correlativo cuando para establecer el concepto de cantidad vectorial, se debe tener en la estructura cognitiva del individuo la concepción de cantidad escalar, y establecer, por ejemplo que todo vector tiene una parte escalar: su magnitud.

El aprendizaje supraordinado se da, cuando un concepto o proposición significativa **A**, es más general e inclusiva que ideas o conceptos ya establecidos en la estructura cognitiva **a<sub>1</sub>**, **a<sub>2</sub>**, **a<sub>3</sub>**, que se adquiere a partir de estos y que luego pasa a asimilarlos. Aquí el material de aprendizaje guarda una relación supraordenada con la estructura cognitiva cuando el sujeto aprende una nueva idea inclusiva que puede abarcar varias ideas ya establecidas. Ocurre por ejemplo que de acuerdo, con la experiencia, primero se aprende la idea de cuadrado, rectángulo, paralelogramo, etc., y posteriormente el concepto de cuadrilátero, los reúne y les

da más generalidad. Este aprendizaje es menos común que el aprendizaje subordinado y se da con más frecuencia en el aprendizaje conceptual.

Finalmente el aprendizaje combinatorio, consiste básicamente en un aprendizaje de proposiciones, y en menor escala de conceptos que no guardan relación de subordinación, ni de supraordinación con proposiciones o conceptos específicos y en cambio si guarda relación con un contenido amplio y relevante de una manera general, existente en la estructura cognitiva. En el aprendizaje combinatorio las ideas no pueden ser asimiladas por ideas particulares establecidas o ellas mismas no pueden asimilar ideas establecidas particulares.

Cuando un concepto o una proposición se aprende por subordinación (es decir mediante un proceso de anclaje e interacción), y si este proceso se repite varias veces, se presenta una diferenciación progresiva, en la cual el concepto subsumidor sufre modificaciones. En el caso de la física, se establece un proceso de este tipo cuando se analiza la evolución que presenta el concepto de "masa"; inicialmente se asocia a la existencia de materia, más adelante se le define operacionalmente como una cantidad que puede medirse con una balanza, y posteriormente se le define como una medida de la inercia, se le concede además un valor absoluto en la mecánica de Newton, pero en un marco relativista pierde este carácter.

Es importante destacar que este tipo de proceso que ocurre en el aprendizaje significativo, está más relacionado con el aprendizaje subordinado.

Otro tipo de proceso que se relaciona con el aprendizaje significativo, es el de reconciliación integrativa, proceso que se presenta con más frecuencia en el aprendizaje superordinado y combinatorio, y que se caracteriza porque ideas establecidas en la estructura cognitiva, pueden ser relacionadas, en el curso de nuevos aprendizajes. Es decir, cuando dos o más ideas o principios son percibidos como relacionados unos con otros se posibilita que los conceptos sean estudiados de igual manera. Lo que se busca es entonces lograr una reconciliación integradora de los conceptos y que se pueda subir y bajar por la estructura jerárquica, es decir de los conceptos generales a los específicos o viceversa. (Novak, J., en: Chrobak, R. 1991, 12) Por ejemplo, en el marco de la física: para Newton un observador

inercial es aquel que está con movimiento uniforme, pero para Einstein un observador inercial es aquel que está cayendo libremente, es importante notar que la misma estructura marco del observador inercial es organizada de manera diferente, para ser relacionada con el nuevo conocimiento.

De todo lo que se ha esbozado sobre el aprendizaje significativo hasta el momento muy poco se ha dicho del proceso de asimilación de los conceptos. La interacción entre la nueva información y la información relevante en la estructura cognitiva del aprendiz, corresponde al proceso de “asimilación” que da lugar al aprendizaje significativo, este proceso es importante no sólo por la adquisición y retención de significados, sino también, porque implica un mecanismo de olvido que subyace a esos significados. Así como lo indica Moreira; en dicho proceso los conceptos más amplios, bien establecidos y diferenciados, sirven de anclaje a las nuevas ideas y posibilitan su retención, mientras que el significado de las nuevas ideas, tiende a lo largo del tiempo, a ser asimilado o reducido por los significados más estables de las ideas ya establecidas. (Moreira, M., 1996, 18)

### 5.2.3 Diseño de material potencialmente significativo:

El material potencialmente significativo debe tener un significado lógico y psicológico; es decir, debe depender únicamente de la naturaleza del material de la disciplina en particular y que además el estudiante posea una estructura cognoscitiva adecuada con la cual pueda relacionar el material. Los materiales escritos así como las exposiciones del profesor son fundamentales dentro de la teoría de aprendizaje significativo de Ausubel. Con ellos el docente establece puentes con las ideas expresadas con anterioridad por los alumnos. (Raviolo, A., 1996, 40)

El diseño de una situación propia de instrucción significativa requiere establecer una secuencia adecuada de acciones que asegure las ideas inclusoras activadas para los materiales presentados. Dentro de estas se habla de la exposición de dos tipos, con una sintaxis propia en cada caso. La estructura lógica de la disciplina, o sea del texto oral puede exponerla verbalmente el profesor o bien ser presentada mediante un texto escrito. La enseñanza mediante exposición debe partir de lo que Ausubel y Novak denominan conocimientos previos. Según Ausubel la mayor parte de los conceptos se aprenden de un modo subordinado, es decir, por diferenciación de una idea nueva a partir de una idea anterior más general.

En la presentación del material de aprendizaje se pueden adoptar diversas formas como lecturas, discusiones, exposiciones del profesor o de los propios alumnos, experiencias, etc. Es importante que estén organizados y que capten la atención del alumno. Estos son algunos de los ejemplos de actividades que se pueden aplicar como estrategias de aprendizaje significativo:

- Lectura de material guiado: Texto teórico que posee una estructura de complejidad creciente. La reflexión sobre el contenido del texto puede hacerse a través de interrogantes, ideas principales, etc.
- Exposición del profesor: Presentación estructurada y jerarquizada de los conceptos. Se recurre a la ejemplificación, generalización, definición, y diferenciación conceptual.
- Presentación de estructuras conceptuales. (mapas conceptuales, “V” de Gowin).

- Relación del uso cotidiano y del uso científico de los términos: comparación de significados.
- Uso de la historia de la ciencia. ( Pessoa, A. y Castro, R., 1992, 290)
- Uso de modelos y analogías.
- Actividades experimentales que ilustran, motivan o verifican.

Como puede verse, la estrategia de enseñanza expositiva no es en absoluto excluyente y permite integrar en una misma secuencia didáctica diversos tipos de actividades, incluida la investigación en el laboratorio, pero siempre con una dirección explícita por parte del profesor. Entre las actividades más frecuentes dentro de una enseñanza expositiva suele hallarse la lectura de textos escritos. En todo caso, es importante que también estos textos escritos estén debidamente estructurados y organizados en forma de exposición, cosa que raramente sucede en los libros de texto. Dentro de lo que se presentará como material potencialmente significativo se encuentra: escribir un texto que reúna las siguientes normas mínimas con el fin de que resulte más fácil su comprensión:

- a. Un texto se entiende mejor cuando va precedido por un encabezamiento, título o idea organizadora, que active un concepto o idea existente en la mente del lector, de forma que actúe como idea inclusora para el aprendizaje del texto. Los títulos o encabezamientos ejercen, sin duda, una función cercana aunque no equivalente al concepto de organizadores previos.
- b. Un texto se comprende mejor cuando está organizado jerárquicamente, es decir cuando las ideas o proposiciones más elevadas de la jerarquía se hallan al comienzo del texto y a partir de ellas se van derivando ideas de nivel progresivamente inferior. Aquí la deducción hace más fácil los aprendizajes que las ideas inductivas.
- c. Por último un texto se aprende mejor cuando la estructura jerárquica del mismo viene denotada no sólo por su organización secuencial, sino también por otras ayudas o apoyos formales que le permiten al sujeto diferenciar las ideas superiores de la jerarquía de otras de menor relevancia, como por ejemplo: cuadros, cajas enmarcando la información importante, etc.

Esta insistencia en la importancia de la organización de los materiales de aprendizaje no es incompatible con una concepción constructivista del aprendizaje. Resultan especialmente

relevante las inferencias realizadas por el alumno en el proceso de lectura y comprensión de textos como un proceso sumamente activo que permite la adquisición de aprendizajes significativos.

De todo lo que se ha explicitado acerca de la enseñanza significativa por exposición, parece desprenderse que esta estrategia presenta considerables ventajas cuando se trata de enseñar teorías complejas, ahora bien no se debe entender lo anterior como un nuevo intento de reducir la actividad de enseñar al uso de una sola estrategia. De hecho a pesar de sus ventajas la enseñanza expositiva resulta insuficiente para proveer el aprendizaje significativo a los alumnos. Al margen de la muy discutible afirmación de que los aprendizajes han de ser siempre deductivos o subordinados y de que por tanto los organizadores previos han de ser más generales que el material que les sigue, el principal problema de este tipo de enseñanza como el propio Ausubel lo describe, sólo resulta eficaz con alumnos que estén ya cognitivamente desarrollados y familiarizados con los conceptos de la disciplina.

## 6. GENERACION DE LA PROPUESTA

### 6.1 ASPECTOS GENERALES DE LA PROPUESTA

La propuesta didáctica plantea cómo puede ser enseñada la mecánica y cómo se deben estructurar los contenidos a enseñar, resalta dos aspectos que llaman la atención; uno de ellos es el hecho de elegir adecuadamente el conocimiento científico a enseñar en función de los objetivos que se persiguen, teniendo presente que dentro del ámbito educativo, no existe una única visión posible del tema en cuestión, como tampoco versiones contrarias sobre el mismo. De acuerdo con esto se debe, en primera medida, conocer muy bien la estructura conceptual de la física y en particular de la mecánica. El otro aspecto importante es el de indagar acerca de las ideas previas de los estudiantes con el fin de no excluir o interpretar de manera equívoca aquellas que dentro del contexto puedan encuadrarse semánticamente dentro de las esquematizaciones corrientemente utilizadas.

En la elaboración de la propuesta se hará énfasis además en algunos aspectos que se consideran importantes y que se deben tener en cuenta no sólo en su proceso de construcción sino también en su aplicación:

- El hecho de que el concepto de energía resulta relevante para los estudiantes por su relación con la vida cotidiana y que el marco social y tecnológico lo privilegia para su enseñanza. (Hernández, A., 1993, 249)
- El concepto de la energía como eje central de ésta propuesta, permite por su carácter transversal y jerarquizador abarcar las diferentes temáticas de la mecánica así como los referentes difusos que poseen los estudiantes, y además posibilita abordarlo desde la perspectiva de sistemas e interacciones, ya que la energía es una propiedad del sistema que da lugar a modificaciones o intercambios (transformaciones y transferencias) cuando ocurren las interacciones entre los sistemas.
- El carácter jerárquico de la energía permite privilegiar su papel no sólo en la mecánica sino también en la termodinámica. Donde se pueden establecer relaciones con conceptos como el de calor, por ejemplo.

- Las investigaciones sobre la enseñanza del concepto de energía realizados por: Solomon, 1985, Duit, 1986, Sánchez, P. y otros 1997, Pérez, M., y otros, 1995, ponen de manifiesto la importancia y el interés en enseñarlo, como eje central en el currículo pero ninguna de ellas construye la mecánica a partir del concepto de energía. En estos trabajos se presentan propuestas sobre la forma como debe ser enseñado, y abordado en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Se plantea en la propuesta la pertinencia de enseñar la mecánica partiendo del concepto de energía y para hacerlo se parte de los aportes de investigadores como Solomon(1985), Duit (1986), Pérez, M. (1995) entre otros. Es esencial destacar que la forma como se aborda la energía es el resultado de revisar dichas investigaciones, pero el enlace (desde energía) con el concepto de movimiento, es el producto de pensar la enseñanza de la mecánica de forma diferente asumiendo el enfoque de sistemas e interacciones y así buscar una mejor comprensión de los fenómenos mecánicos.

- La forma de enseñar la mecánica que se propone en este trabajo, difiere de la mayoría de los textos escolares y universitarios y de la forma como históricamente se ha construido y se ha enseñado la mecánica, además plantea una problemática interesante de abordar, poniendo de manifiesto cómo esta nueva estructura se enfrenta al modelo clásico newtoniano de influencia cartesiana.
- Es importante enfatizar que la comprensión de los fenómenos físicos en términos de interacciones entre sistemas es un paso necesario para que el estudiante pueda comprender propiedades no observables fácilmente como la conservación y el equilibrio. Si se indagan y analizan las ideas previas de los estudiantes se ve, que tienen una serie de creencias sobre la energía, que adquieren a partir de los datos y hechos que acumulan en la relación e interacción con su mundo y con las informaciones que reciben y a partir de estas creencias establecen relaciones causales con el fin de dar explicaciones a los diferentes fenómenos. (Pozo, J. y Gómez, M., 1998, 10)
- Las dificultades en el aprendizaje del concepto de energía se derivan del hecho de que la energía es un concepto abstracto que caracteriza una propiedad no observable directamente de la materia, como consecuencia de la interacción entre dos sistemas, cambia en cada uno de ellos su estado, aunque de forma global conserva su cantidad

pero no su calidad. Por tanto, la noción de conservación no resulta fácil ni intuitiva. Al respecto se puede decir que la dificultad radica en el hecho de que cuando el estudiante analiza lo que observa recurre a reglas que le ayudan a simplificar el problema, centra su atención en lo que cambia y no en lo que permanece, a la vez que se fija más en el estado inicial que en el estado final de un sistema. Centrarse en esto, en los estados y no en lo que permanece supone una limitación importante para comprender las conservaciones y los estados de equilibrio necesarios para interpretar todos los cambios de la materia. (221)

- Para el diseño de actividades y del material potencialmente significativo de la propuesta se parte de algunas consideraciones acerca de cómo los estudiantes en general conciben el aprendizaje de la energía (concepciones alternativas) y cómo se pueden llevar hacia un aprendizaje significativo del mismo.
- Se resalta la importancia del lenguaje, en el que existen referentes cotidianos, es decir, las explicaciones que el estudiante elabora desde la cotidianidad juegan su papel fundamental en la definición del concepto de energía y en la comprensión de la conservación y la degradación. En tal sentido se debe evitar dentro del planteamiento teórico las definiciones declarativas de los conceptos, y por el contrario es más conveniente propiciar el carácter explicativo y funcional de los términos que se utilizarán.
- Debe tenerse en cuenta además, los aportes hechos desde la teoría de aprendizaje significativo, como por ejemplo los materiales a utilizar, en donde estos deben atender a un contenido psicológico con respecto a los alumnos y sin que se pierda la lógica interna de la disciplina.

Lo anterior conlleva primero a revisar las fuentes de información vinculadas con la propuesta (Solomon,1986, Duit,1985, Hernández, A. 1993), segundo que se estudie la pertinencia y viabilidad de la propuesta desde la lógica de la ciencia misma y por último que se conozcan las opiniones de la comunidad de científicos y docentes con respecto a la estructuración de los conceptos y a las características de la propuesta.

Es necesario además elaborar material escrito de apoyo, lo suficientemente flexible y abarcador como para organizar las ideas y la eventual lectura de textos por los alumnos.

A continuación se realiza una descripción de la forma como se asumirá la enseñanza de la mecánica partiendo del concepto de energía. Esta es una propuesta que se construye con base en el estudio de la disciplina misma, su lógica interna, y aprovechando el carácter jerarquizador del concepto de energía, desde el marco conceptual de la teoría de aprendizaje significativo.

La propuesta se caracteriza por el hecho de que todos los conceptos: energía, trabajo, fuerza, velocidad, aceleración, posición y tiempo están relacionados entre sí dentro de una misma estructura. La energía es el concepto que está en el primer nivel de la jerarquía y todos los demás están en el siguiente. Dichos conceptos no se desarrollan en una secuencia lineal como tradicionalmente se hace ni tampoco se hace necesario establecer separaciones entre cinemática y dinámica. Todos los conceptos dinámicos y cinemáticos están dentro de la conceptualización de energía, es decir se estudian posición, velocidad, masa, fuerza, y aceleración, desde energía.

Los conceptos se introducen y enseñan desde el enfoque de sistemas e interacciones, a partir de la definición del sistema, se analizan las transformaciones, se identifican las variables que determinan los estados del sistema y los procesos de transformación y por último se establecen las relaciones entre las variables.

## **6.2 LA PROPUESTA DESDE LOS LINEAMIENTOS CURRICULARES EN CIENCIAS NATURALES.**

El currículo actual tiene como referente una visión sistémica, explicitada en los Lineamientos Curriculares en Ciencias Naturales del Ministerio de Educación Nacional, que aporta una visión diferente de la enseñanza de la física. La propuesta debe obedecer entonces a ciertos aspectos que mirados en conjunto permitan mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Según el análisis de los lineamientos y de cada uno de los aspectos a los que se ha hecho referencia, asume que los contenidos a enseñar pueden ser mirados dentro del enfoque de sistemas e interacciones y a la vez privilegiar la explicación que el estudiante da a los fenómenos, es decir, tanto la concepción de ciencia como el tipo de aprendizaje que se

presenta en los lineamientos permite proponer cambios no sólo en la forma de presentarlos sino en los contenidos a enseñar. Los lineamientos en la propuesta buscan un equilibrio entre el saber global, holístico y especializado, es decir se hace necesario ofrecerle al estudiante una visión integrada del mundo, (no por partes) dado que el mundo es una totalidad y así hay que verlo. Por otro lado se busca también que se beneficie del saber especializado. En los lineamientos se integran las ciencias desde las leyes y los conceptos fundamentales, desde las ideas básicas: Energía, materia, ecosistema, evolución, equilibrios, cultura, y tecnología.

Por lo tanto la propuesta de enseñanza aprendizaje estará enmarcada dentro del enfoque que se propone en los lineamientos curriculares.

### **6.3. IMPLICACIONES EDUCATIVAS**

La mecánica de Newton, ha perdurado a través del tiempo, se presenta en las aulas de clase como la más fructífera, correcta y simple para explicar los fenómenos del movimiento. Pero ¿Es esta imagen de la mecánica realmente simple, pertinente y permisible? ¿Se ha pensado alguna vez sobre sus ventajas y desventajas en la enseñanza? ¿Permite realmente explicar los fenómenos que cotidianamente observa el estudiante?

Los anteriores interrogantes y algunos más han sido la base para redescubrir la mecánica de Descartes, Newton, Leibniz, Berkeley, Mach y Hertz con un único fin, el fin de encontrar los elementos necesarios que muestren una nueva forma de abordar y pensar los fenómenos mecánicos.

Este análisis histórico crítico lleva a reconocer entonces que existen formas diferentes de abordar los fenómenos mecánicos, que desde las diferentes cosmovisiones las imágenes de la mecánica también pueden ser diferentes; que la idea de que exista una sola mecánica debe cambiar y por ende debe llevar a buscar aquella imagen de la mecánica que sea más pertinente, correcta y permisible para ser enseñada; esto obliga a los docentes a construir desde la disciplina una imagen diferente de la mecánica, y a construir la forma como debe ser enseñada. Además el análisis permite asumir que el contenido y la forma como se enseña la

mecánica son inseparables, es decir que no se pueden asumir sólo como cambios de contenido y/o de forma.

Por lo anterior es necesario que si se asume algún cambio en la enseñanza de la mecánica, ésta debe conservar la unidad lógica en sus desarrollos y configurarse como una conceptualización diferente de los fenómenos mecánicos permitiendo un análisis desde el fenómeno físico que vive el estudiante. No es posible llevar su enseñanza a una enseñanza enmarcada dentro de desarrollos históricos, sino que, por el contrario, se pretende tener puntos de vista diferentes a la forma como usualmente se ha enseñado rompiendo con los esquemas tradicionales.

#### **6.4. PROPUESTA DE ENSEÑANZA DE LA MECANICA A PARTIR DEL CONCEPTO DE ENERGÍA**

La forma como se ha enseñado y se enseña la mecánica clásica atiende al enfoque reduccionista cartesiano. El abordaje de los contenidos se hace considerando su desarrollo histórico, es decir la forma como se enseña alude al proceso de cómo se construyó. La conceptualización que se hace del movimiento, tiene su expresión en las leyes del movimiento resultado de los grandes desafíos que enfrentaron Aristóteles, Descartes, Galileo y Newton. Este estudio del movimiento atendiendo a las causas que lo originan es lo que ha constituido la dinámica, teoría física que relaciona las fuerzas con las características del movimiento tales como la posición y la velocidad. Los conceptos de trabajo y de energía surgieron en una etapa más avanzada del desarrollo de la mecánica, cuando para describir la condición de un cuerpo en movimiento se introduce una nueva magnitud como la energía mecánica que se relaciona con el concepto de trabajo físico cuando se interpretan sus variaciones. Esto determina el fuerte anclaje entre el concepto de energía y el concepto de trabajo y la fuerte estructuración conceptual del mismo dentro de un contexto mecánico. La representación usual de la mecánica es idéntica a la representación de los libros de texto, es una mecánica que sigue muy de cerca el desarrollo histórico, enseña a través de etapas de

acuerdo con los científicos que determinaron su construcción y en esa forma es presentada a los estudiantes. (Hertz, H.R., 1956, 93)

En consecuencia con las ideas expresadas en el marco teórico de este trabajo, el modelo newtoniano no es muy eficiente ni para iniciar el programa de mecánica ni para organizarlo entorno a él (Guidonni, S. y Arca, M., 8) las razones son muchas y ya se han esbozado anteriormente, por eso la propuesta es contraria a la forma como Newton construye su mecánica comenzando con la descripción geométrica del movimiento, o sea el estudio del movimiento de objetos sin masa para luego introducirla cuando se determinan las causas del movimiento, o cuando asume la fuerza como una propiedad autónoma capaz de actuar por sí sola sobre los cuerpos o cuando en su expresión  $\vec{F} = m \vec{a}$  hace referencia a una operación mental con significado simétrico a ambos lados y cuya interpretación en términos de causalidad es incompatible aquí. La genialidad de Newton contrasta con su ingenuidad interpretativa. (Guidonni, S y Arca, M., 3)

En este trabajo se pretende, por el contrario, definir una mecánica cognoscitivamente más eficiente tal y como es planteada por autores como Guidonni, Arca, Massa, Sánchez entre otros, donde el conocimiento debe atender a un modo de mirar y de ser de la realidad, diferente; es así como la física debe considerar los diferentes modos de mirar: por clase, por estado, por orden, por transformaciones, por estados y por variables. Tener en cuenta estos aspectos puede hacer de la propuesta, una propuesta más permisible, pertinente, correcta y cognoscitivamente más eficiente.

Se parte del análisis de las transformaciones que sufren los sistemas, la identificación de las variables que determinan dichos cambios de estado, del establecimiento de las relaciones entre ellas y teniendo en cuenta todas las consideraciones anotadas anteriormente, como por ejemplo el hecho de considerar las relaciones entre espacio, tiempo, masa y energía, desde el principio, pueden dar lugar a aprendizajes significativos.

Contribuye también en la misma dirección de la propuesta la crítica de Mach a la reducción mecanicista, ya que se propone partir de un concepto general como es la energía y establecer relaciones con las demás ramas de la física, al considerar todas las transformaciones

energéticas de un sistema; las interacciones electromagnéticas y térmicas, más adelante deben hacer su aparición.

Así mismo según Leibniz y Berkeley hablar de movimiento necesariamente implica hablar de lo que se está moviendo. No tiene sentido enseñar en mecánica el movimiento de puntos, cuando lo que realmente se mueve son cuerpos con masa. Tal y como se ha analizado anteriormente y de acuerdo con Hertz, la imagen de la mecánica newtoniana presenta serias dificultades (como las descritas en el capítulo dos cuando analizamos la visión de Hertz sobre la primera imagen de la mecánica) dentro de la enseñanza de la física. Desde esta perspectiva, se piensa que el análisis y la discusión de enfoques más globalizadores y universales, favorecen la modificación de los marcos conceptuales y afectan las metodologías de aula implementadas, además, abordar el problema del movimiento de forma diferente, conlleva a pensar en las dificultades y errores de los estudiantes como producto de la gran confusión cuando no se tiene en cuenta la diferenciación entre lo que es observar por conservación y lo que es observar por equilibrio en el análisis de un determinado fenómeno; esto necesariamente obliga a los maestros y estudiantes a pensar en forma diferente con miras a lograr una enseñanza de la física con mayor significación para los estudiantes. (Ayala, M., Malagón, F. Y Guerrero G. 1998)

La forma como se puede asumir la enseñanza de la mecánica es la siguiente:

En la propuesta, el Enfoque de Sistemas e Interacciones es el eje unificador donde converge el análisis de las distintas situaciones. Este análisis de las interacciones consta de dos partes fundamentales, una descripción de las características de los elementos y una explicación de los procesos implícitos en principios, relaciones y leyes causales. El enfoque de interacciones utiliza como inclusores las ideas generales de propiedad, variables, estado, cambio de estado (transformaciones), procesos del sistema e interacciones. Una de las propiedades de un sistema es la energía: todo sistema físico tiene asociada una energía, que al interactuar con otro sistema, que también tiene asociada otra energía, puede producir cambios en esa propiedad del sistema: La energía. Esta energía tiene unas características que la hacen un concepto de gran importancia y utilidad: se puede conservar, transformar, transferir y degradar.

La energía propia del sistema esta asociada al estado del sistema y la misma puede constituirse como una variable de proceso. Si se considera como variable de estado, se debe entonces determinar las variables que caracterizan el estado mecánico de un sistema o en su defecto, el estado térmico, electromagnético, etc. El concepto de energía aparece como un concepto inclusivo, general, a partir del cual por un proceso de diferenciación progresiva se trabajan los demás conceptos vinculados a ella. Su conceptualización permite que se asuma como una propiedad del sistema material en virtud de la cual los sistemas se pueden transformar modificando su situación o estado, así como actuar sobre otros, originando en ellos procesos de transferencia. (La energía como variable de proceso) Dicho de otra manera, todos los cambios materiales están asociados con una cierta cantidad de energía que se pone en juego, se cede o se recibe.

Este análisis permite que las diferentes variaciones de energía de los sistemas vinculados con los diferentes procesos de intercambio, contribuyan a reconciliar los conceptos específicos relacionados con la energía propia de los sistemas y las interacciones presentes. El análisis de las transformaciones energéticas es un mecanismo para establecer relaciones entre conceptos, es decir para establecer conectores.

Cuando se analizan fenómenos mecánicos o térmicos, la energía asociada a un sistema se puede presentar en formas diferentes, es decir, puede estar determinada por cambios de diferente naturaleza, como por ejemplo se puede hablar de energía química cuando la transformación afecta la composición de las sustancias, de energía nuclear cuando los cambios afectan la estructura de los núcleos atómicos, de energía térmica cuando la transformación está asociada a fenómenos de transferencia de energía en forma de calor, etc. Los cambios que sufren los sistemas materiales llevan asociados transformaciones de una forma a otra, pero en todas ellas la energía se conserva, es decir no puede crearse ni destruirse en el proceso de transformación. Esta segunda característica de la energía constituye un principio de toda la física fundado en los resultados de observaciones y experimentaciones. Otra de las formas como se puede asumir es: si un sistema físico está aislado de modo que no cede energía ni la toma del exterior, la suma de todas las cantidades correspondientes a sus distintas formas o clases de energía permanece constante. Pero así mismo se pueden dar

procesos de intercambio de energía entre el sistema y el exterior donde los términos de trabajo y calor constituyen los mecanismos de transferencia de la energía.

Dentro de un sistema pueden darse procesos de transformación pero siempre la energía ganada por una parte del sistema será cedida por otra. La experiencia muestra también que conforme la energía va siendo utilizada para promover cambios en el estado de la materia va perdiendo su capacidad para ser empleada nuevamente, en tal sentido el principio de conservación hace referencia a la cantidad de energía y no a su calidad entendiéndose esto como su capacidad para ser reutilizada. Aún cuando la cantidad de energía se conserve en un proceso de transformación su calidad disminuye, todas las transformaciones asociadas a cambios materiales acaban antes o después en energía térmica, esta es una forma de energía muy distribuida entre los distintos componentes de la materia por lo cual su grado de aprovechamiento es mínimo e irrecuperable, a este proceso de pérdida progresiva de calidad se le conoce como degradación y es otra de las características de eso que la física ha llamado energía.

Un tipo o forma particular de esa cantidad de energía que determina el estado de movimiento de un sistema es la energía mecánica que se puede presentar bajo dos formas diferentes: *energía cinética* y *energía potencial*. La energía mecánica puede dar cuenta de los cambios del estado mecánico del sistema. La energía cinética es la energía que posee un sistema con masa en virtud de su movimiento, de su velocidad (Descartes consideraba la velocidad como algo ya dado, como algo ya conocido) y la energía potencial es la energía que tiene un sistema en virtud de la posición que ocupan las masas respecto a la tierra en un sistema masa tierra que se puede llamarse energía potencial gravitacional y la energía en virtud de la posición que ocupan las masas respecto a la posición de equilibrio en un sistema masa resorte como energía potencial elástica. Cuando se consideran únicamente transformaciones de tipo mecánico, es decir cambios de posición y cambios de velocidad, el sistema podrá variar su energía cinética o su energía potencial y podrá cambiar por tanto su posición o su velocidad con la única restricción de que la suma de su energía se mantenga constante. Así, un aumento en su energía cinética debe llevar asociado la disminución correspondiente de su energía potencial para que en conjunto nada cambie. Por medio del análisis de procesos de transformación que sean cercanos a la cotidianidad se le puede dar sentido a estas formas de energía en concordancia

con la forma como se ha venido construyendo el concepto de energía. Dichos procesos permitirán relacionar la Energía mecánica con las otras formas de la energía. Indagar por ejemplo el funcionamiento de una central hidroeléctrica o el proceso de choque elástico de dos autos muestra como la energía cinética se transforma en potencial y viceversa, a la vez, la energía mecánica se puede transformar en energía térmica, eléctrica, etc. Se propone trabajar con estas formas de energía sin tener que definir de antemano lo que es velocidad o posición ya que el estudiante desde su cotidianidad ha ido construyendo intuitivamente dichos conceptos. Es mas bien el concepto de energía el que permite introducirlos e introducir las relaciones entre ellos.

Cuando se identifica la energía potencial de un sistema se especifica un sistema de referencia desde el cual se pueda medir la posición y de esta forma el concepto de posición continua su proceso de construcción en la medida en la que se va diferenciando del concepto de distancia. Lo mismo ocurre con la velocidad cuando se identifica la energía cinética de las masas de un sistema. Para tal identificación se considera solamente la magnitud de la velocidad. En el proceso de diferenciación entre distancia y posición, establecer relaciones entre posición, tiempo y velocidad podría enriquecer el concepto que ellos tienen de velocidad el cual esta relacionado sólo con la distancia. De esta manera puede aparecer la idea de vector y el concepto de tiempo que hasta el momento en las consideraciones de energía no había sido necesario introducir.

Nótese que en todo momento se esta partiendo de aquello que el estudiante ya sabe en concordancia con la teoría de aprendizaje significativo desde la cual está enfocada esta propuesta y, al mismo tiempo, estudiando el sistema como un todo considerando el conjunto de interacciones entre sus partes.

Así quedan construidas desde la energía las relaciones entre los conceptos de masa, velocidad, posición, tiempo y sus relaciones, sin necesidad de partir de enunciados matemáticos. A estos enunciados se llega a través de la identificación de sistemas especificando sus estados energéticos y analizando los procesos de transformación que la energía sufre en sus cambios de estado.

La energía mecánica tiene las mismas características que se han identificado para las demás formas de energía. Además de transformarse como ya se mencionó, se transfiere de un sistema a otro. Es esta característica la que permite introducir el concepto de fuerza cuando se analizan las interacciones que experimenta el sistema y las fuerzas como el nombre que se le da a las interacciones de tipo mecánico, es decir las interacciones que modifican el estado mecánico del sistema. Hasta aquí se han analizado las transformaciones de energía sin tener en cuenta las interacciones del sistema con otros sistemas o entre partes del sistema.

Cuando se consideran las transferencias de energía es necesario trabajar con detalle las interacciones mecánicas entre sistemas, identificando las variables que cambian con tales interacciones. Nuevamente será en el análisis de procesos de transformación, de cambios de estado donde se encontrará que toda interacción entre sistemas implicará un cambio en la energía cinética de éstos, es decir un cambio en sus velocidades. En esta medida la velocidad será descubierta como la variable que da cuenta del estado de movimiento del sistema. Así, un cambio en la energía cinética, una transferencia de energía entre las partes del sistema o del sistema con sus alrededores implica una interacción que se evidencia por un cambio en la variable de estado; la velocidad, es decir la acción de una fuerza que modifica su energía cinética.

En este punto es necesario analizar los diferentes tipos de interacciones mecánicas entre sistemas y los efectos que ellas producen sobre diferentes masas. Se encontrará que hay fuerzas que cambian el estado de movimiento del sistema y otras en las que no se evidencia la interacción al encontrarse equilibrado su efecto con el de otra fuerza. Se observarán sistemas que interactúan con otros y sin embargo su estado de movimiento no se modifica o interacciones con varios sistemas cuyos efectos pueden reunirse en uno solo. También se verá que las fuerzas que producen cambios en la energía cinética del sistema son fuerzas que actúan a lo largo de la trayectoria, lo que quiere decir que el efecto de las fuerzas que actúan a lo largo de la trayectoria del movimiento de un sistema corresponde a un cambio en la energía cinética del sistema o sea la transferencia de energía entre sistemas que se puede conceptualizar como el trabajo mecánico.

De esta forma el análisis de las transferencias de energía permite establecer relaciones cuantitativas entre los conceptos energía, fuerza, velocidad y desplazamiento y llegar a la conceptualización de trabajo a cuya definición se llegará oportunamente. Después del análisis de los procesos de transformación y transferencia de la energía y de la identificación de las interacciones del sistema con sus alrededores se puede establecer el teorema del trabajo y la energía como la ecuación que establece las relaciones entre estas variables en forma cuantitativa.

Dentro de las interacciones que sufre el sistema se determina luego el tipo de fuerzas que hacen que la energía mecánica no se conserve y entonces aparece por tanto la fuerza de fricción como aquel tipo de interacción que hace que la energía se disipe, se transforme en forma de energía térmica.

## 6.5. ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA

Cuándo se quieren diseñar estrategias de intervención en el aula se debe preguntar: ¿Por qué a los estudiantes les resulta difícil aprender física?

Muchas podrían ser las causas de estas dificultades, pero una de las principales es el hecho de que los estudiantes están muy familiarizados con los términos o conceptos que la física necesita para dar sus explicaciones, es decir, con aquellos conceptos que debe aprender, ya que estos conceptos están inmersos en su cotidianidad, el resultado es entonces una serie de creencias, ideas, o concepciones que el estudiante tiene, previo al proceso de instrucción y que son útiles para explicar los fenómenos de la naturaleza. Estas explicaciones entran a competir con las ideas que se enseñan en la escuela.

Otra de las dificultades radica en el hecho de las innumerables idealizaciones y abstracciones que deben realizar, si quieren explicar científicamente los conceptos, en el sentido de lo muy alejadas que están de la realidad que vive el estudiante; luego, el esfuerzo para entenderlas y comprenderlas es mucho mayor. En física muchas de las situaciones que se plantean están lejos de ser reales para el estudiante que está acostumbrado a percibir su mundo a través de los sentidos, de ahí que le sea difícil usar su imaginación para tratar de dar las explicaciones que la física le exige. Si a lo anterior se le añade el hecho de que la mayoría de las veces los estudiantes superponen los procedimientos matemáticos en vez de los análisis físicos, la situación se agrava aún más.

Cuándo se es consciente de estas limitaciones, vale la pena preguntarse ¿Cómo se puede aprender física?

Al respecto entonces hay que recurrir al análisis que desde el marco teórico se ha direccionado en torno al enfoque sistémico y sobre la fundamentación de la física de Leibniz, Berkeley y Mach y desde la teoría del aprendizaje significativo.

La elección metodológica deviene de lo descrito anteriormente en el marco teórico cuando se hace la elección de la teoría de aprendizaje. La preocupación esencial debe recaer sobre las

explicaciones que los individuos dan a los fenómenos de la naturaleza (en su mayoría eventos cotidianos), que la física describe en el ámbito de la mecánica y que normalmente se refirieren a ellos como fenómenos mecánicos. Dentro de ese proceso de dar explicaciones es relevante indagar sobre las concepciones alternativas que presentan los alumnos antes de la instrucción y que involucran el tratamiento específico de los conceptos centrales de la propuesta, de alguna manera se busca analizar las concepciones alternativas, y con base a este análisis ajustar de la mejor manera posible la propuesta didáctica a través de la generación de materiales potencialmente significativos. Estos materiales deben ser diseñados de tal manera que la nueva información que se le presente a los estudiantes pueda ser anclada en los subsumidores que presentan los estudiantes dentro de su estructura cognitiva antes de la instrucción.

Uno de los puntos más importantes que deben tenerse en cuenta según Pozo J. I. y Gómez M. (1998, 210) es la necesidad de conocer a fondo las dificultades que manifiestan los estudiantes en el aprendizaje de la física, como son: La utilización de ideas y conceptos erróneos para explicar los fenómenos de la naturaleza, la indiferenciación y asociación de conceptos, las dificultades para analizar los fenómenos en términos de interacciones entre cuerpos y sistemas y las dificultades para asumir la conservación. (210)

Las estrategias utilizadas se desprenden de la teoría de aprendizaje significativo. Aquí vale la pena resaltar que en la presente elección metodológica, el uso de actividades variadas, no implica una postura ecléctica en sentido estricto, sino por el contrario busca complementar diversas maneras de abordar los fenómenos mecánicos.

A continuación se esbozará una posible forma de enfocar el aprendizaje y la enseñanza de la física y en particular de la mecánica:

- Se debe proporcionar diferentes modelos a partir de los cuales el estudiante pueda interpretar la realidad.
- Se debe propiciar la interpretación de los fenómenos en términos de relaciones entre sistemas, donde las propiedades y los cambios deben enmarcarse dentro de los sistemas en continua interacción, además de ser interpretados cualitativamente en

función de la conservación y equilibrio y, cuantitativamente permitiendo establecer las relaciones entre las variables a través de la proporción, correlación y probabilidad.

En la propuesta se comienza indagando sobre la forma como conciben los estudiantes los conceptos de sistema, interacciones, energía, fuerza y movimiento, es decir se deben proponer actividades que permitan indagar las ideas alternativas de los estudiantes y a la vez buscar literatura que permita (investigaciones sobre ideas alternativas), visualizar las dificultades específicas de los estudiantes al respecto. Esta indagación en conjunto con las investigaciones que se han realizado hasta el momento posibilita el diseño de material potencialmente significativo que permita anclar la nueva información con la ya establecida en la estructura cognitiva del estudiante. Además de lo anterior, el material que se presenta debe enfatizar el abordaje de las problemáticas más importantes en la enseñanza de la física como son la interacción, la conservación, el equilibrio y la cuantificación o matematización de los fenómenos físicos, es decir, las situaciones que se plantean deben ir encaminadas a que los estudiantes comprendan y den explicaciones del por qué ocurren muchos de los fenómenos mecánicos.

A continuación se proponen una serie de actividades que cumplen con dicha función y que enmarcadas dentro de la teoría de aprendizaje significativo, pueden ser aplicadas en un curso de décimo, con el único fin de que se puedan producir aprendizajes significativos. Estas actividades se enfocan hacia algunas de las dificultades anteriormente descritas como son la interacción y la conservación. Sobre el equilibrio y la cuantificación no se diseñaran actividades, no por ser menos importantes sino por el carácter monográfico de este trabajo.

Dentro de las actividades que se pueden implementar en el aula de clase están:

La indagación de concepciones alternativas: Muchas de las investigaciones en la enseñanza de la física han abordado el problema de la indagación de las ideas previas, preconceptos o concepciones alternativas, asumiendo que en el aula conviven dos formas de elaboración de explicaciones de los fenómenos: una desde la clase misma y para la clase y otra espontánea, para la vida diaria. La primera no perdura en el tiempo, pues la única explicación que perdura es la espontánea. Estas ideas son incompatibles con los conceptos científicamente aceptados

y limitan la posibilidad del estudiante de percibir el mundo de manera científica, por lo tanto son reconocidas como un problema para el aprendizaje de las ciencias. Para la teoría de aprendizaje significativo es relevante la indagación de las concepciones alternativas del estudiante, lo que sabe el alumno desde su cotidianidad o después del proceso instructivo de aula, con el fin de que relacione el nuevo conocimiento con el que ya tiene.

*Solución de situaciones problema:* El origen de la situación problema planteada puede ser derivada de los intereses del alumno, de situaciones no previstas, o preparadas por el maestro y del análisis de otros problemas. Cualquiera que sea el origen de la situación lo más importante es que ella sea relevante para el alumno y despierte la necesidad de resolverla y de enfrentarla como un reto. La solución debe ir acompañada de la explicación, exigencia que debe estar siempre presente, y en la misma medida, la reflexión sobre el fenómeno en consideración. Así, en el aprendizaje no se hace fundamental el logro de significación, sino que la significación se genera desde esquemas de explicación elaborados. (Así no sean definitivos) (Segura, D., 1993, 109) Se piensa que si se logran a través del análisis de las situaciones problema que se le plantean al estudiante la activación de la interpretación-explicación, se podrán propiciar aprendizajes significativos.

*Elaboración de mapas conceptuales:* En coherencia con la teoría de aprendizaje, los mapas conceptuales son una herramienta útil para representar la estructura de significados y sus relaciones, que conforman la base conceptual/proposicional en la que se asimilan los nuevos conocimientos. Consecuentemente los cambios en estas representaciones estarían indicando de alguna manera cambios análogos en la estructura de ideas de los alumnos, en un sentido gradual y con nuevas relaciones.

*Realización de talleres experimentales:* Para proponer esta actividad se debe partir del hecho de que la ciencia es una actividad humana, colectiva, una búsqueda de imaginación y de razonamiento, no se puede pensar en la ciencia como una verdad absoluta (teoría), donde se imaginan situaciones inexistentes para determinar una secuencia entre los datos que se recogen y las generalizaciones, es decir entre la experiencia y la teoría. El diseño de las actividades o talleres experimentales debe constituir un punto de partida para la construcción del conocimiento, dentro de esta concepción los talleres, practicas de laboratorio o como se

deseo llamarlas, deben constituir una buena parte en la actividad de la clase, pues la sola actividad no puede conducir a la teoría, ya que entre esta y la teoría debe mediar toda una actividad de reflexión, donde se planteen talleres experimentales diferentes a los tradicionales propiciando el conflicto y la argumentación basada en la lógica interna de la disciplina. Se debe superar el simple hacer por hacer proponiendo espacios de reflexión en torno a ella.

*Propiciación de espacios de socialización* que permitan reflexionar y confrontar ideas propias de cada individuo y del colectivo en general. Se da paso a la discusión posibilitando que cada sujeto exponga sus propias ideas, puntos de vista, formas de opinar sobre las explicaciones de los otros. Así mismo la forma de preguntar en las situaciones problema, como en las actividades experimentales debe dirigirse al “como” y no al “por qué”, pues este último conlleva a respuestas cerradas.

*Lectura de material potencialmente significativo* y los escritos en los cuales se pide al estudiante que argumente sus ideas y establezca conexiones lógicas entre los conceptos.

*Identificación y caracterización de variables:* Las actividades en las que se caracterizan las variables relevantes y sus relaciones en un sistema mecánico estarán encaminadas a la identificación y cuantificación de las magnitudes para la constitución de los conceptos o fenómenos físicos.

Se debe además considerar que la identificación de las propiedades de los sistemas físicos debe llevar a reflexionar también en la forma como se puede medir estas propiedades, en tal sentido y de acuerdo con Norman Campbell, “Las propiedades medibles de un objeto tienen que parecerse de algún modo a la propiedad de ser número, puesto que pueden representarse adecuadamente por los mismos símbolos: las cifras. (Campbell, N., 1921, 187) EL hecho de que se pueda identificar si las propiedades que se analizan son o no susceptibles de ser medidas hace posible que se pueda diferenciar las variables extensivas como aquellas que permiten ser medidas y las variables intensivas como aquellas variables que sólo es posible asignarle una lógica de relaciones hecha posible a través de comparaciones entre situaciones físicas. Por esto los procesos de medición de las propiedades de los sistemas (energía,

velocidad) deben tener como base las ordenaciones, seriaciones, equivalencias, igualdades, y correspondencias entre categorías.

Cada una de estas actividades permite dirigir el proceso de enseñanza aprendizaje hacia la solución de las dificultades de los estudiantes cuando analizan determinados fenómenos físicos, es decir los lleva a pensar en términos de interacción, conservación equilibrio y cuantificación. Además se debe tener presente que las situaciones que se le plantean al estudiante sean cotidianas donde los cuerpos o sistemas que se analizan son cuerpos con masa. Cuerpos y situaciones más cercanas a la cotidianidad que vive el estudiante y no por el contrario puntos y rectas como hasta el momento se ha hecho (Descartes, Galileo y Newton) la física que se enseña en la actualidad. (La física geométrica)

## **7. UNA PROPUESTA DE ENSEÑANZA DE LA ENERGÍA A PARTIR DE SISTEMAS E INTERACCIONES**

### **7.1 INTRODUCCIÓN**

A continuación se plantean una serie de actividades que posiblemente generen una intervención en el aula más significativa para el estudiante, debe quedar claro que en ningún momento son únicas, ni tampoco se garantiza el éxito en sus resultados, pues todavía no se han probado, sino que por el contrario buscan ser una motivación para orientar el proceso de enseñanza aprendizaje y servir de estímulo, de tal forma que el docente pueda indagar y reflexione con mente abierta sobre las dificultades didácticas a las que se enfrentan.

La indagación de las ideas previas de los estudiantes tiene como objetivo evidenciar si estos tienen dentro de su estructura cognitiva, los subsumidores necesarios que interactúen con el material potencialmente significativo. Para evidenciar lo anterior se proponen una serie de actividades de indagación sobre los conceptos de sistemas, interacciones, energía y movimiento.

A continuación se expone el análisis sobre las ideas alternativas que tienen del concepto de energía, ya que es desde aquí que se parte cuando se propone material potencialmente significativo.

De acuerdo con las indagaciones realizadas en el aula de clase, sobre el concepto de energía y sus transformaciones, se encontró que las ideas alternativas de los estudiantes de grado décimo, revelan diferentes modos de pensar los procesos en términos de la energía. La primera actividad se realizó en forma de test de lápiz y papel, en la cual los estudiantes tuvieron que responder algunas situaciones y justificarlas. (Pérez, M.C., 1996, 64) El cuestionario escrito se entregó a un grupo de 40 estudiantes de educación media.

## INDAGACIÓN DE CONCEPCIONES ALTERNATIVAS SOBRE ENERGÍA

Actividad 1:

Entre las palabras que se indican a continuación elige dos, las que te parezcan más relacionadas con la energía y escribe dos frases que indiquen la relación entre la energía y cada una de las palabras que has elegido.

Alimentos	Electrodomésticos
Explosivos	Fuerza
Movimiento	Atleta
Pila eléctrica	Trabajo

Actividad 2:



Tomado de: Pérez-Landazábal, M. C y otros. *La Energía como Núcleo en el Diseño Curricular de la Física. Revista Enseñanza de las Ciencias. 1995, 13(1).*

¿Cuándo tiene el camión de Micky más energía? Justifica tu elección.

- Antes de que se le dé cuerda.
- Justo cuando se le da cuerda.
- Cuando está en movimiento.
- Cuando se ha parado.
- Siempre la misma.

Los resultados fueron los siguientes:

- Los alumnos identifican la energía en términos de fuerza, movimiento, trabajo, y la asocian con electrodomésticos, pila eléctrica, alimentos, atleta.
- Los esquemas explicativos que utilizan están dentro de un contexto mecánico: “Hay energía si hay movimiento”, “la energía la genera el movimiento a partir de la fuerza”. “Energía como fuerza o impulso”. “Energía como la fuerza que se necesita para realizar una actividad física”.
- No se observa la tendencia a analizar las situaciones a través de interacciones, transformaciones, degradación. “La energía está en las cosas”. “Cuando no hay movimiento la energía deja de funcionar”. “La energía se libera con el movimiento”. “El combustible no produce energía”.
- Se le atribuye a los significados de energía un espíritu animista: “La Energía se impregna”. “La energía se aplica”.
- Las ideas son carentes de significado físico, además de ser muy vagas contienen ciertos conceptos sobre los que tampoco se tiene un claro significado, como por ejemplo: los conceptos de “Impulso” y “Potencia”.
- El concepto de energía de movimiento se hace más evidente que el de energía potencial: “Tiene más energía el carro cuando se mueve que cuando se le da cuerda.”

Otro punto importante y que se debe resaltar tiene que ver con el hecho de que cuando si no se encuentran los subsumidores necesarios para anclar los conceptos de sistemas e interacciones, se proponen actividades de lectura que contienen conceptos previos, les permiten articular la nueva información con conceptos vigentes en la estructura cognitiva del que aprende. Los textos que se presentan tienen en cuenta dos factores para su estructuración: Se parte de los conceptos más generales, más inclusores para luego ir a los conceptos más particulares o específicos.

Las situaciones problema que se plantean buscan activar las explicaciones y en tal sentido las preguntas van encaminadas hacia interrogantes como: ¿Por que crees que sucede esto o aquello? Permitiendo el análisis cualitativo de las situaciones, como por ejemplo cuando cuestionamos a los estudiantes acerca de una pelota que es empujada por la persona y luego se queda quieta, la pregunta que viene al caso sería ¿por qué crees que sucede esto?

Para su análisis desde el punto de vista energético se hace necesario que el estudiante comprenda los sistemas y sus interacciones, es decir, comprenda las sucesivas transferencias de energía que se puedan dar en todo el proceso. Lo mismo ocurre cuando se pregunta por lo que sucede cuando introducimos un huevo caliente en un vaso con agua fría, el estudiante debe asumir la interacción entre dos sistemas a diferente temperatura y la consecuente transferencia de energía del cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura para así alcanzar el equilibrio térmico. Dichas situaciones tal y como se dijo anteriormente deben propiciar la activación de la interpretación/explicación de los fenómenos en términos de interacciones, conservación, equilibrio y cuantificación.

Las actividades que se muestran a continuación están enmarcadas dentro de las estrategias de enseñanza del aprendizaje significativo, tienen como objetivo servir de base para la generación de nuevas estrategias que estén en la misma dirección de la propuesta, por tal motivo se aclara, que no son todas ni podrán ser las únicas.

Las escogidas para la propuesta son actividades que tienen que ver con los conceptos de sistema, interacción y energía desde un análisis cualitativo, el diseño de otras actividades sobre los conceptos de movimiento y fuerza así como también el análisis cuantitativo de los mismos no se presentan debido al carácter monográfico de este trabajo. Además es necesario realizar indagaciones de las ideas previas de los estudiantes con miras a determinar si existen los subsumidores necesarios para así poder generar el material potencialmente significativo.

## **7.2. ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y ACCIONES DIDÁCTICAS**

## ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA. LA LECTURA

Como se ha señalado a lo largo del desarrollo de esta monografía la propuesta de enseñar la mecánica a partir del concepto de energía choca con la forma como se ha construido y enseñado la mecánica y por lo tanto los libros de texto escolar e incluso los textos científicos hacen un tratamiento de la mecánica donde los conceptos de Sistemas e Interacciones no juegan ningún papel (Solo aparecen cuando se trata la Termodinámica) y la energía aparece en forma tardía. Por esta razón fue necesario diseñar las lecturas que conforman las actividades anteriores con el fin de que sirvan como material potencialmente significativo para el estudiante considerando que la lectura es una de las fuentes de conocimiento más importante. Se busca que por medio de estas lecturas el estudiante incorpore a su estructura cognitiva la información necesaria para analizar los fenómenos mecánicos. Las lecturas fueron diseñadas de tal manera que el estudiante las pueda relacionar con las ideas que ya posee sobre estos conceptos.

## ACCIÓN DIDÁCTICA 1:

Lectura: Sistemas e interacciones

### Objetivo:

Analizar el significado de conceptos tales como sistemas, interacción, estado, proceso y variable, establecer relaciones entre ellos y ver la forma como estos permiten explicar los fenómenos físicos.

## SISTEMAS E INTERACCIONES

Cuando ocurren cambios debido a la acción de un sistema sobre otro, se dice que una *interacción* ha tenido lugar. (Arons, A., 1997, 46) En física podemos destacar como interacciones: las mecánicas, térmicas, químicas, eléctricas, magnéticas entre otros. Los cambios que se generan, pueden ser de movimiento, forma, densidad, temperatura, presión, u otra propiedad del sistema. Estos cambios son el resultado de acciones que unos objetos han ejercido sobre otros. Como ejemplos de interacciones se pueden mencionar en una interacción mecánica, el choque entre dos cuerpos y en una interacción térmica, el contacto térmico entre dos cuerpos. “El objetivo primario del físico es descubrir las diferentes interacciones de la materia y expresarlas de manera cuantitativa”. (Alonso, M y Finn, E., 1986, 9) Para poder estudiar los procesos térmicos, mecánicos o electromagnéticos, necesitaremos definir los sistemas físicos en términos de, *interacciones, estados y procesos*, (Lapierre, en: Latorre, E., 1996, 42) así como también escoger las cantidades observables adecuadas para describir el comportamiento del sistema: Las variables de estado.

Es posible presentar la siguiente definición de *sistema* como: el objeto o grupo de objetos, que se seleccionan para estudiar o describir y que al interactuar con otro sistema o su exterior se hacen evidentes cambios como los mencionados anteriormente. Sistema puede ser entonces cualquier cantidad de materia, cualquier región del espacio que se delimita con el fin de separarlo de cualquier otra cosa que vendría a ser su exterior y que de ahora en adelante se llamará *alrededor*; que será, todo aquello que está fuera del sistema y que tiene una participación directa en su comportamiento: Puede ser el medio ambiente, el aire, la Tierra etc. La *frontera* es la envoltura imaginaria que encierra un sistema y lo aísla de su alrededor. Es el límite entre el sistema y su exterior, tiene propiedades como la de aislar el sistema o permitir la interacción en forma específica entre el sistema y el medio. Se puede ejemplificar lo anterior de la siguiente manera: Una pelota que se deja caer libremente sobre la superficie de la Tierra; el sistema que se considera es la pelota y su alrededor es el aire y la Tierra; la pelota puede interactuar con los dos, o con uno de ellos. También se puede analizar el comportamiento de un gas en un recipiente provisto de un pistón móvil y que se somete a calentamiento cuando se coloca sobre un mechero. En este caso el sistema es el gas y su

alrededor o medio ambiente con quien interactúa es el pistón móvil y el mechero. Se pueden tener sistemas aislados donde la frontera no permita que el sistema interactúe con su exterior.

En otras palabras los sistemas se escogen de forma arbitraria para su estudio y pueden ser:

- **Sistemas abiertos:** Son los sistemas más comunes. Este tipo de sistema tiene intercambio de materia y energía con el exterior. Un ejemplo: automóvil (entra combustible, aceite, aire. Salen: gases de escape, desechos, energía.)

*Sistemas cerrados:* En este sistema sólo hay intercambio energético con el exterior. No hay intercambio de masa. Se pueden subdividir:

- *Sistemas no aislados:* Hay intercambio sólo de energía con el exterior. Ejemplo: El equipo de frío de un refrigerador doméstico. Solo hay intercambios de calor o energía eléctrica con el exterior.
- *Sistemas aislados:* No hay intercambio ni de masa, ni de energía con el exterior. En la práctica estos sistemas son una abstracción cómoda para analizar situaciones. Ejemplo: un sistema que no es perturbado desde el exterior, no se puede calentar.

Los *sistemas reales* se deben modelar como uno de los anteriores para su estudio. Esto implica definir las propiedades y variables de estado relevantes y estudiar su interrelación.

Cuando se escoge el sistema lo que se hace, es dar cuenta de su interacción con otros sistemas o con el exterior. A continuación se pasa a determinar los *estados* del sistema: Un estado está representado por un conjunto de variables asociadas al sistema. Se dice que un sistema puede permanecer en un estado cuando no cambia una de las variables estado. Por ejemplo en un sistema mecánico el estado está caracterizado por la velocidad. Las variables de estado pueden cambiar por la interacción entre subsistemas o por la interacción entre sistemas. Determinados los estados de equilibrio inicial y final se empieza a dar cuenta del *proceso* entendido como la variación temporal de las variables del sistema. Cualquier transformación de un sistema desde su estado inicial hasta otro estado final, se llama proceso. La trayectoria de un proceso se refiere a la especificación de la serie de estados a través de los cuales pasa el sistema desde un estado inicial hasta un estado final en el tiempo. La siguiente afirmación es de especial interés: La descripción completa de un proceso por lo general requiere de estados

iniciales y finales, de la trayectoria (si puede identificarse) y de las interacciones que ocurren a través de las fronteras durante el proceso. Si algún parámetro de estado cambia con el tiempo decimos que el sistema realiza un proceso.

Las *variables de estado* son las propiedades que se asignan al sistema y que su cambio determina el cambio del estado del sistema. Se podría decir también que son las características colectivas que describen un sistema en su conjunto; su variación permite decir sí el sistema interactúa o no. Si las variables de estado cambian es porque el sistema interactúa con otro o con el exterior. Para explicar un poco más esto, se puede decir, que en un sistema mecánico la distancia no puede ser la variable de estado porque no permite establecer si el sistema cambia de estado, mientras que la velocidad si da cuenta de esos cambios, cambio que está determinado por la acción de una fuerza, ya que es ésta la magnitud que explica el cambio de la variable velocidad. En un sistema termodinámico el volumen, la temperatura y la presión son variables de estado.

Las variables de proceso son las variables que no dependen solamente del estado inicial y final, sino que para conocerlas, se debe conocer todo el proceso. Por ejemplo: la energía interna no puede ser variable de proceso porque sólo depende de los estados inicial y final, mientras que el calor y el trabajo si son variables de proceso pues estas dependen de los estados iniciales y finales y también de la trayectoria.

Las variables de estado se pueden clasificar como variables extensivas e intensivas. Las *variables extensivas* son aquellas que dependen de cuanto material hay, como la masa o del número de partículas del sistema, son propiedades posibles de ser medidas (volumen, energía, entropía), son variables aditivas. Por ejemplo: cuando se habla del volumen de un gas decimos que es variable extensiva, porque depende de la masa y se podría conseguir todo el volumen sumando volúmenes infinitesimales.

Las *variables intensivas* indican la condición del material sin importar la cantidad, es decir, no depende de la masa o del número de partículas del sistema. Además caracterizan el estado del sistema. Son propiedades que no varían cuando cambia la extensión del cuerpo, es decir

que conociendo la velocidad del cuerpo en su conjunto, ésta no necesariamente debe ser igual a la velocidad en una de sus partes. (Densidad, presión, temperatura, velocidad)

## **SISTEMAS E INTERACCIONES**

### **ACCION DIDÁCTICA 2:**

Lectura: La Energía: Transformaciones y transferencias

#### **Objetivo:**

Asociar a la energía dos de sus características más importantes: El hecho de que se transforme y se transfiera y establecer las relaciones de la energía con los conceptos de sistema, interacción, estado, procesos y variable.

## LA ENERGÍA: TRANSFORMACIONES Y TRANSFERENCIAS

Cuando un sistema cambia de estado decimos que experimenta una **TRANSFORMACIÓN**, ya sea en el interior del sistema o entre el sistema y el ambiente. Cuando pasa algo de un sistema a otro decimos que hubo una **TRANSFERENCIA**.

Todo sistema físico tiene asociado una cierta energía, que llamaremos **ENERGÍA PROPIA**, su valor numérico está vinculado al estado de un sistema en un instante determinado. Si analizamos un proceso de **Interacción** entre dos sistemas, podemos observar cómo la energía propia puede variar ya sea de una energía a otra: **Transformación** o si pasa de un sistema a otro, o de un sistema al exterior: **Transferencia**.

Desde nuestra perspectiva podemos entender la vida como una compleja serie de transformaciones y transferencias de energía. Así, por ejemplo: Pensemos en un árbol. El árbol absorbe luz (energía radiante del sol), convirtiendo esa energía luminosa en energía potencial química almacenada en sus enlaces químicos (síntesis de la Clorofila). La utiliza para producir hojas, frutos, ramas. Cuando el fruto entendido como una fuente de energía potencial química cae al suelo, su energía potencial gravitacional (de posición) se transforma en energía de movimiento (energía cinética) a medida que cae. Cuando el fruto golpea el suelo, la energía cinética se transforma y transfiere en forma de calor (energía calórica) y sonido (energía acústica) al medio ambiente. Cuando nos comemos el fruto, si es comestible, transforma su energía almacenada mediante procesos bioquímicos en el movimiento de tus músculos, entre otras cosas...

Con las máquinas y fuentes energéticas sucede lo mismo. El motor del auto, por ejemplo, transforma la gasolina (energía química) en energía de movimiento (energía cinética).

¿Qué tienen en común los ejemplos que hemos analizado? Dos cosas: La transformación (de una energía a otra) y la transferencia (la energía que pasa de un objeto a otro).

Cualquier sistema que se observe, así como sus cambios (de posición, de forma, de dimensiones), son originados y acompañados por transformaciones de energía. La energía que el sistema posee, o que recibe, o pierde, cambia de forma, de posición, es acumulada o liberada. La energía está por tanto ligada a procesos de transformación y transferencias y en esos procesos la energía puede asumir sus diferentes formas.

Cualquier transformación en un sistema físico está acompañada de transformaciones y transferencias de energía. La energía puede cambiar de clase (energía química, energía

potencial, energía cinética, eléctrica) y puede transferirse, es decir cambiar de posición y pasar de un sistema a otro (calor, trabajo radiación) o puede ser almacenada. El principio crucial y subyacente en esta serie de transformaciones y transferencias, es que la energía puede cambiar de forma pero no puede surgir de la nada ni desaparecer. Si sumamos toda la energía que existe después de una transformación energética siempre terminaremos con la misma cantidad de energía con la que comenzamos, pese a que la forma puede haber cambiado.

**ACCIÓN DIDÁCTICA 3.**  
**Lectura: La conservación de la Energía**

**Objetivo:**

Establecer, a partir de una analogía, la ley de conservación de la energía.

Esta lectura hace parte de la obra del Físico Richard Feynman fue tomada para este trabajo porque la forma como el autor desarrolla sus ideas esta en la misma línea de lo que se pretende en la propuesta. Lo que se busca con esta lectura es lo mismo que ya se menciona para las anteriores en esta caso para el tema de la conservación de la energía. Esta lectura va acompañada de una actividad experimental que se señala mas adelante.

## CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

¿ Qué es la energía ? Tomado de Seis piezas fáciles de Richard Feynman.

*Una vez acabada nuestra descripción de las cosas en general. Iniciamos en este capítulo nuestro estudio más detallado de los diferentes aspectos de la física. Para ilustrar las ideas y el tipo de razonamientos que podrían utilizarse en física teórica vamos a encaminar ahora una de las leyes más básicas de la física, la ley de conservación de la energía.*

Hay un hecho, o si ustedes prefieren, una *ley*, que gobierna todos *los* fenómenos naturales conocidos hasta la fecha. No hay excepción conocida a esta ley: es exacta hasta donde sabemos. Se denomina ley de *conservación de la energía*. Establece que hay una cierta magnitud que llamamos energía que no cambia en los múltiples cambios que sufre la naturaleza. Esta es una idea muy abstracta, porque es un principio matemático; dice que hay una magnitud numérica que no cambia cuando algo *sucede*. No es una descripción de un mecanismo, o algo concreto; se trata sólo del extraño hecho de que podemos calcular cierto número y que si lo volvemos a calcular después de haber estado observando a la naturaleza haciendo sus trucos, este número es el mismo. (Algo parecido al alfil en una casilla blanca que, después de varias jugadas -cuyos detalles se desconocen-, sigue estando en una casilla blanca. Es una ley de este tipo.) Puesto que es una idea abstracta ilustraremos su significado con una analogía.

Imaginemos a un niño, quizás “Daniel el travieso”, que tiene unos bloques que son absolutamente indestructibles y no pueden dividirse en piezas. Cada uno de ellos es igual que los otros. Supongamos que tiene 28 bloques. Su madre le ha dejado por la mañana con 28 bloques en una habitación. Al caer la tarde sintiendo curiosidad ella cuenta los bloques con mucho cuidado y descubre una ley fenoménica; haga él lo que haga con los bloques. ¡Siempre siguen siendo 28!. Esto continua durante varios días, hasta que un día solo hay 27 bloques; pero tras una pequeña búsqueda la madre encuentra que hay uno bajo de la alfombra; ella debe mirar por todas partes para estar segura de que el número de bloque no ha variado. Un día, sin embargo, el número parece haber cambiado: hay sólo 26 bloques. Una investigación cuidadosa pone de manifiesto que la ventana estaba abierta, y al buscar fuera aparecen los otros dos bloques. Otro día, un recuento cuidadoso indica que ¡hay 30 bloques!. Esto provoca una consternación considerable, hasta que la madre cae en la cuenta de que Bruce vino de

visita trayendo sus propios bloques y dejo algunos en casa de Daniel. Una vez que ella se ha deshecho de los bloques extra, cierra la ventana, no deja que entre Bruce, y entonces todo sigue correcto...Hasta que en cierto momento cuenta y solo encuentra 25 bloques. Sin embargo, hay una caja en la habitación, una caja de juguetes; la madre va a abrir la caja de juguetes pero el niño dice: “No, no abras mi caja de juguetes” y chilla. La madre tiene prohibido abrir la caja de juguetes. Cómo es extraordinariamente curiosa y algo ingeniosa, ¡ella inventa una treta!. Sabe que cada bloque pesa 100 gramos, así que pesa la caja en un instante en que ve 28 bloques y el peso de la caja sola es de 600 gramos. Cada nueva ocasión en que quiere hacer la comprobación, pesa de nuevo la caja con los bloques, resta 600 gramos y lo divide por 100. Descubre lo siguiente:

$$\left( \begin{array}{l} \text{numero} \\ \text{de} \\ \text{bloques} \end{array} \right) + \frac{\text{peso de la caja} \approx 600 \text{ gramos}}{100 \text{ gramos}} = \text{CONSTANTE}. \quad (4.1)$$

En otras ocasiones parece que hay algunas nuevas desviaciones, pero un cuidadoso estudio indica que el nivel de agua sucia de la bañera esta cambiando. El niño está arrojando bloques al agua y la madre no puede verlos porque el agua está muy sucia, pero puede descubrir cuántos bloques hay en el agua añadiendo otro término a su fórmula. Puesto que la altura original del agua era de 15 centímetros y cada bloque eleva el agua medio centímetro, esta nueva fórmula sería:

$$\left( \begin{array}{l} \text{numero} \\ \text{de} \\ \text{bloques} \end{array} \right) + \frac{\text{altura del agua} \approx 15 \text{ centímetros}}{\frac{1}{2} \text{ centímetro}} = \text{CONSTANTE}. \quad (4.2)$$

A medida que aumenta la complejidad de su mundo, la madre encuentra toda una serie de términos que representen formas de calcular cuántos bloques hay en los lugares donde ella no puede mirar. Como resultado, encuentra una fórmula compleja, una magnitud que debe ser calculada, que siempre tiene el mismo valor.

¿Qué analogía hay entre esta historia y la conservación de la energía?. El aspecto más notable que debe abstraerse de esta imagen es que no hay bloques. Quidemos los primeros términos en las ecuaciones 4.1 y 4.2 y nos encontramos calculando cosas más o menos abstractas. La analogía abarca los puntos siguientes. En primer lugar, cuando estamos calculando la energía, a veces parte de ella sale del sistema y se pierde, o a veces algo de ella entra. Para verificar la conservación de la energía debemos tener cuidado en no introducir ni quitar nada.

En segundo lugar la energía tiene formas diferentes, y hay una formula para cada una. Estas son: Energía gravitatoria, energía cinética, energía térmica, energía elástica, energía eléctrica, energía química, energía radiante, energía nuclear, energía de masa. Si sumamos las formulas para cada una de estas contribuciones, la suma no cambiará, salvo que entre o salga energía del sistema.

Es importante darse cuenta de que en la física actual no tenemos conocimiento de lo que es la energía. No tenemos una imagen en la que la energía aparezca en pequeñas gotas de un tamaño definido. No es así. Sin embargo, existen fórmulas para calcular cierta magnitud numérica, y cuando la sumamos dan “28”: siempre el mismo número. Es algo abstracto en cuanto que no nos dice el mecanismo o las razones para las diversas fórmulas.

## ACCION DIDÁCTICA 4.

Taller de situaciones problemas: Transformaciones y transferencias de energía

### Objetivo:

Identificar sistemas y analizar los procesos que ocurren en diferentes situaciones físicas teniendo en cuenta las transformaciones y transferencias de energía.

Esta actividad esta diseñada con el fin de que el estudiante aplique las ideas y conceptos que ha construido a partir de las lecturas (Actividades 1 y 2) haciendo explícita la forma como estas se han incorporado en su estructura cognitiva al interactuar con sus ideas previas. En la medida en que el estudiante va analizando los procesos que se le presentan en la actividad se espera que los conceptos presentados en la lectura vayan alcanzando niveles de generalidad y diferenciación cada vez mayores. Dicha actividad pretende dar sentido a las lecturas al obligar al estudiante a hacer uso de los conceptos que en ella se trabajan poniendo a prueba el nivel de comprensión alcanzado y el tipo de aprendizaje que tuvo lugar. Tal vez sea necesario propiciar otras actividades para lograr un aprendizaje significativo y en esta dirección están dirigidas las actividades que siguen.

# TRANSFORMACIÓN Y TRANSFERENCIA DE ENERGÍA

## TALLER DE SITUACIONES PROBLEMA

1. La “nave espacial TIERRA”, es un *Sistema aislado y cerrado*. Justifica esta afirmación.

\_\_\_\_\_

2. Cite ejemplos de sistemas con energía y sistemas sin energía.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. Explica detalladamente el *Proceso* que tiene lugar cuando introducimos un huevo caliente en un vaso con agua fría., identificando los *Estados* inicial y final.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. Explica cómo funciona un invernadero.

\_\_\_\_\_

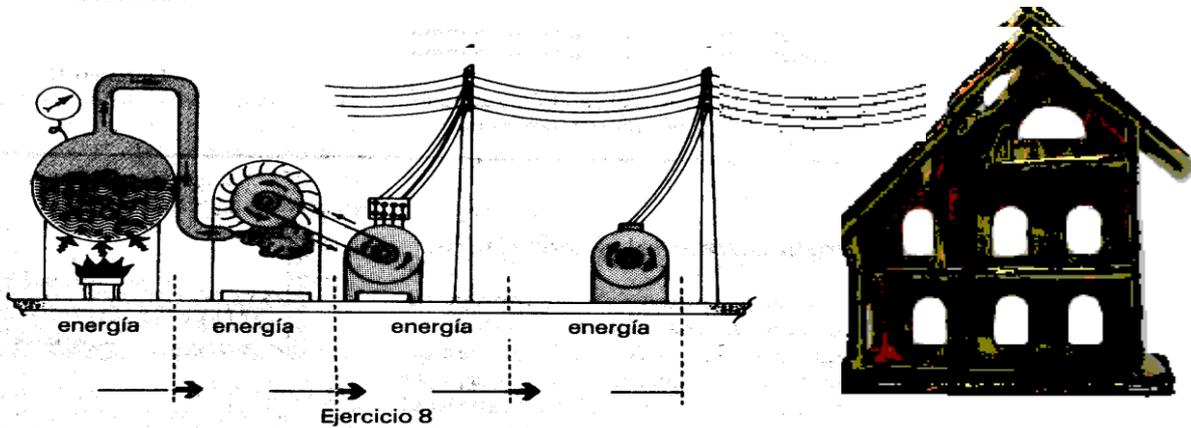
\_\_\_\_\_

5. Enumera las transformaciones de energía que tienen lugar en el sistema Sol-Tierra.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6. En esta fotografía hay un gran número de transformaciones y transferencias de energía. Cuáles sistemas e interacciones puedes identificar. Cuáles transformaciones y transferencias de energía puedes identificar.



7. Un niño salta de un trampolín: Identifica el sistema.

\_\_\_\_\_

¿Cuáles son las transformaciones de energía que se pueden dar:

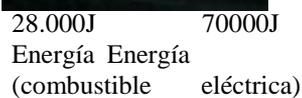
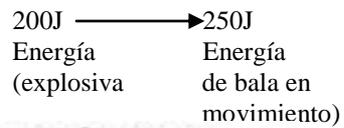
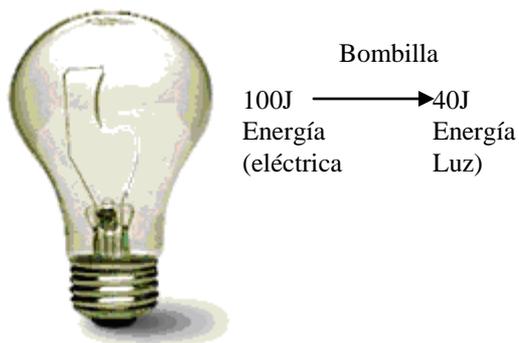
a. El niño alcanza su máxima altura al saltar.

b. Los pies del niño tocan el trampolín.

c. El niño está momentáneamente en reposo sobre el trampolín.

\_\_\_\_\_

8. Describe las transformaciones de energía que ocurren cuando un atleta realiza un salto con garrocha.
- 
- 
9. ¿El salto con garrocha se transforma cuando la garrocha de madera se cambia por una de fibra de vidrio?.
- 
- 
10. ¿Qué clase de energía tiene el resorte de un reloj?
- 
- 
11. ¿Qué clase de energía utiliza un reloj mecánico de cuerda?
- 
- 
12. ¿Qué pasa con la energía de un reloj cuando se atrasa?
- 
- 
13. Un trozo de hierro se calienta al rojo vivo y se deja enfriar. ¿Se conserva la energía en el sistema formado por el aire y el trozo de hierro?
- 
- 
14. Indica los mecanismos por los que se transfiere la energía que tiene el trozo de hierro.
- 
- 
15. Cuáles de los cambios de energía A, B y C no podrán ocurrir nunca? Justifica.
- 
- 



## **ACCIÓN DIDÁCTICA 5.**

### **INDAGACIÓN DE IDEAS: La casa de Juan**

#### **Objetivo:**

Identificar sistemas, estados, variables, interacciones y energías en una situación de contexto cotidiano: La casa de Juan.

Esta actividad consiste en una corta lectura donde se describe el ambiente cotidiano de un niño que incluye un cuestionario de indagación que pretende que el estudiante establezca relaciones y jerarquías expresando las razones de ellas de acuerdo con los significados que ha construido de los conceptos de Sistemas e Interacciones.

## La Casa de Juan

¡La Casa de Juan es muy grande! Tiene dos patios, tres cuartos, dos baños, un garaje, una biblioteca y una sala. En la casa de Juan viven su madre, su padre y su hermana menor. Juan se va desde temprano a la escuela, su padre lo lleva en el auto, mientras tanto su madre se queda preparando el almuerzo en una estufa que funciona una parte con luz eléctrica y la otra con gas que ayuda a ahorrar energía. Cuando hace sol, la madre de Juan extiende la ropa en el patio de atrás para que se seque, pero cuando llueve, recoge todo el agua que puede en un gran tanque, la cual utilizará para lavar los pisos y para regar las plantas que se encuentran en el patio de adelante. Ella también plancha el uniforme de Juan para que pueda ir impecable al colegio. En la casa de Juan sólo se enciende la bombilla de luz, si es de noche y si la habitación está ocupada. Poseen un gran televisor en la sala para que todos se puedan reunir en las noches a ver los programas que más les gustan. ¡Ah! Y se me olvidaba: ¡En la época del apagón, el papá de Juan compró una planta de luz que enciende durante algunas noches y que funciona con Gasolina!

Juan tiene un perrito que cuando él llega de la escuela se pasa mucho rato boleándole la cola. Casi todos los días en la noche la mamá de Juan se acuesta temprano porque termina “sin energías” de tanto realizar oficios, a ella le gustaría que Juan estudiará mucho y que fuera un gran inventor para que creara aparatos que hicieran algunas labores por ella.

### **PREGUNTAS:**

1. De acuerdo con la anterior lectura sobre la casa de Juan. Con cuáles situaciones o cosas de la casa asociarías las siguientes palabras:

Sistema, interacción, estado, proceso, variables, temperatura, presión, velocidad y energía.

2. Elabora un esquema en el que se muestre la manera de relacionar los conceptos anteriores.

3. ¿Cuáles fueron los criterios que utilizaste en el establecimiento de estas relaciones?

4. ¿Qué significan para ti cada una de las palabras que relacionaste?

## ACCIÓN DIDÁCTICA 6.

### INDAGACIÓN DE IDEAS: Energía, Sistemas e Interacciones

#### Objetivo:

Identificar las relaciones del concepto de Energía con conceptos tales como movimiento, interacción y fuerza.

Con esta actividad se pretende hacer evidente la forma como pudieron haber cambiado las relaciones que establece el estudiante del concepto de Energía con otros conceptos. Identificar, después de todo el trabajo que se ha hecho hasta ahora, con cuales conceptos asocia el estudiante la energía, es decir ver si aquella concepción de energía asociada únicamente al movimiento ha sido modificada y en que medida.

## ENERGIA, SISTEMAS E INTERACCIONES

### Actividad 1:

1. Elabore un mapa conceptual donde se relaciones los conceptos:

Velocidad	Estado
Sol	Sistema
Energía	Interacción
Fuerza	Agua
Quietud	Vida
Trabajo	Cambio

2. Separe de la lista anterior los conceptos que encuentre menos relacionados con el tema de la Energía, agregue los que hagan falta y realice un nuevo mapa conceptual.

### Actividad 2:

Elija un sistema y realice un ensayo donde involucre los conceptos desarrollados en la lectura: *La Energía, transformaciones y transferencias*.

### Actividad 3:

*Preguntas con opciones de respuesta* (Selección múltiple con múltiple respuesta)

Analice las opciones dadas. Escoja la o las que mejor se acomodan en cada situación. En caso de que ninguna sea adecuada proponga otra. En cualquier caso sea explícito en la razón de su elección.

1. Energía implica:
  - a. Movimiento
  - b. Fuerza
  - c. Interacción
  - d. Transformación
2. Un sistema interactúa con otro. Entonces:
  - a. Hay movimiento
  - b. Ocurren cambios de estado
  - c. La energía se transforma.
  - d. Cambia el sistema
3. Si analizamos lo que sucede con la Luna y la Tierra podemos decir que:
  - a. Ocurre una interacción
  - b. Seleccionamos el sistema
  - c. Hay energía potencial
  - d. Es un proceso estático

ACCIÓN DIDÁCTICA 7.  
INDAGACIÓN DE IDEAS: Clases y fuentes de Energía

**Objetivos:**

1. Identificar los distintos tipos de energía que están presentes en diferentes procesos físicos.
2. Asociar las clases de energía con las posibles fuentes de las que provienen.

Como se señaló anteriormente una de las características encontradas en el análisis de las ideas previas tiene que ver con el hecho de que los estudiantes asocian la energía con el movimiento. Según esta concepción un cuerpo en reposo no tiene energía. Con esta actividad pretendemos que el estudiante se vea enfrentado a analizar otros tipos de sistemas, además de los mecánicos, en los cuales están involucrados los diferentes tipos de energía, con el fin de que su concepción de la energía asociada solo a lo mecánico se pueda aplicar a un rango más amplio de procesos.

## CLASES Y FUENTES DE ENERGIA

1- Identificar en el siguiente diagrama, de acuerdo a la descripción, el tipo o tipos de energía que representa.

Fogata encendida:	Molino de viento en movimiento:
Foco o lámpara encendida:	Vaca pastando:
Bola saltando en el piso:	Descarga eléctrica
Cohete en movimiento:	Fuentes de gas o fumarolas:

2. Correlacione en el siguiente cuadro, diferentes tipos de energía con la fuente o fuentes de origen. Marque con una X en el recuadro.

<b>Fuentes de energía</b>							
<b>Tipos de energía</b>	Agua	Viento	Alimentos	Volcanes	Estrellas	Combustibles	Sustancias químicas
Solar							
Calórica							
Lumínica							
Térmica							
Química							
Atómica							
Eólica							
Hidráulica							
Eléctrica							
Radiante							

## ACTIVIDADES EXPERIMENTALES

Las actividades que siguen son de carácter experimental y busca fortalecer los mismos conceptos pero por medio de una estrategia diferente. Dichas actividades se diferencian de las actividades experimentales tradicionales por el hecho de que se presentan situaciones abiertas donde el estudiante debe diseñar por su cuenta los montajes que él considere necesarios para responder por los interrogantes y problemas que se le plantean:

## ACCIÓN DIDÁCTICA 8.

### ACTIVIDAD EXPERIMENTAL: Principios de conservación

Objetivo:

1. Comprender el significado de lo que es un principio de conservación.
2. Observar que existen ciertas magnitudes físicas que a pesar de sufrir cambios permanecen constantes.

En la actividad 3 se desarrollo la conservación de la energía por medio de una lectura tomada de Feynman. Aquí se trata de trabajar las ideas de esa lectura por medio de una actividad experimental a partir de la cual se busca que el estudiante construya una idea de lo que son los principios de conservación, principalmente el principio de conservación de la energía.

## PRINCIPIOS DE CONSERVACIÓN

### ACTIVIDAD EXPERIMENTAL

*Objetivos:*

- Comprender el significado de lo que es el principio de conservación.
- Observar que existen ciertas magnitudes físicas que a pesar de sufrir cambios se mantienen constantes.

*Materiales:* 20 cubos.



¿Qué hacer?

Es fácil, comienza a jugar pero, tendrás que tener ciertas condiciones en cuenta.

1. Cuidar los juguetes y realizar las actividades propuestas.
2. Responder las preguntas.

Actividad No 1. (Te vamos a presentar figuras planas, pero tu vas ha realizar la actividad con los cubos)

Si tenemos unidades cuadradas del mismo tamaño, y queremos hacer acoplamientos con la condición de que un cuadrado debe compartir con otro por los menos un solo lado. Veamos un ejemplo:

UNOMINÓ: Todos los arreglos que se puedan hacer con un cuadrado.

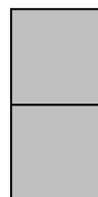


Solamente tenemos un arreglo ya que no se puede acoplar con ningún otro.

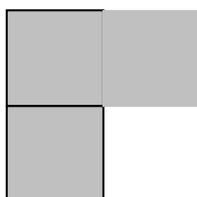
DOMINÓ: Todos los arreglos que se puedan hacer con dos cuadrados.



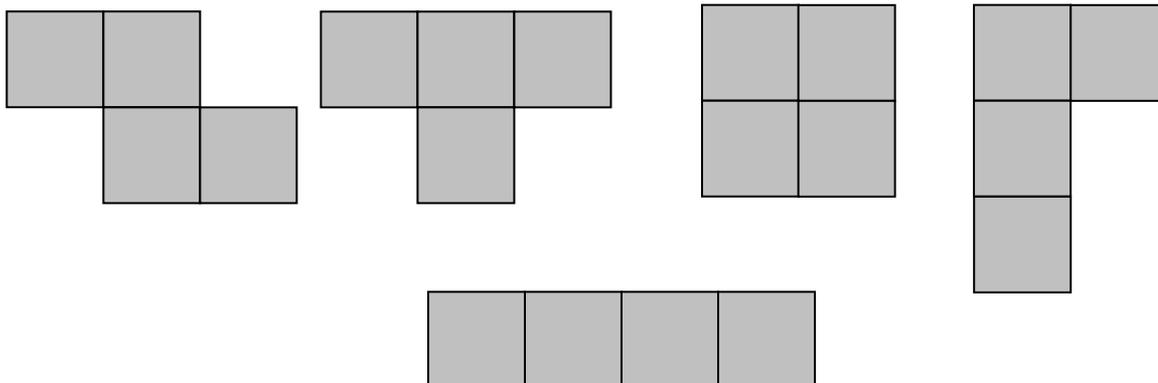
Este es el único arreglo posible, ya que este sería el mismo en otra posición



TRIDOMINÓ: Todos los arreglos que se puedan hacer con tres cuadrados.



TETRAMINÓ:



PENTOMINÓ: Todos los posibles arreglos que se pueden hacer con cinco cuadrados (encuétralos) al igual que con seis y siete.

¿Qué se está conservando en cada una de las fichas del pentominó en cada configuración? Analiza.

Actividad 2:

I. ¿Es posible que algún tipo de "acción", modifique el número de cubos? Describe entonces cuales serían esas acciones.

II. Cuenta, cuenta y siempre cuenta... Ya te cansaste. ..

Te propongo que realicemos figuras que sea difícil mantener en "equilibrio" y también otras en las que "conservar" el "equilibrio" es juego de niños. ..

Sobre las figuras que es complicado mantener en un "estado" de "equilibrio" efectuemos movimientos leves sobre un cubo que tu escojas, para ver si tal estructura se desbarata.

Si tu estructura se desbarata. Realiza ahora el mismo movimiento sobre el cubo que seleccionaste anteriormente. ..

¿Qué observas?

III. ¿Cambia apreciablemente la "configuración" de la arquitectura resultante después de la destrucción?

---

---

IV. ¿Cuál crees que sea la posición que más les gusta a los cubos?

---

---

---

Elabora una explicación de lo que sucedió anteriormente.

V. “A interactuar”. Reúnete con otro grupo, y arma nuevas estructuras, puedes utilizar los cubos que quieras, pero cada grupo debe armar su propia estructura. Cuenta los cubos que utilizaste, te faltan o te sobran cubos?

VI. Cuenta el número de cubos de tu grupo vecino, creo que por ahí puede ser la fuga...

VII. ¿Sé esta conservando el número de cubos?

Piensa: Si cada grupo tenía                    cubos. ¿Cuántos debería haber en el salón...?

Ahora que tu grupo ha perdido o ha ganado, te invito a que cuentes el número de cubos en el salón

VIII. ¿Permaneció constante? ¿Cómo explicas lo ocurrido?.

Finalmente llegamos al punto crucial, con la experiencia y con lo que entiendes de ENERGIA, elabora una interpretación de este concepto. Debes hacerlo a manera de ensayo, tratando de ser explícitos, claros y argumentativos.

## ACCION DIDÁCTICA 9.

### ACTIVIDAD EXPERIMENTAL: Aprovechando la Energía

#### Objetivo:

Utilizar la energía para la realización de una actividad.

Se le propone al estudiante diseñar diferentes montajes para impulsar un objeto lo mas alto posible hacia arriba de un plano, con el fin de vivenciar el papel que juega la energía para la realización de cualquier actividad, la forma como esta se transforma y las fuentes a partir de las cuales se obtiene esta energía.

## APROVECHANDO LA ENERGÍA

**Objetivo:** Utilizar la energía para la realización de una actividad

Te proponemos un juego:

Impulsar un objeto desde la parte baja de una rampa y lograr que llegue lo más alto posible sobre ella utilizando diferentes herramientas.

¿Qué te deben proporcionar estas herramientas para que puedas lograrlo? Explica.

---

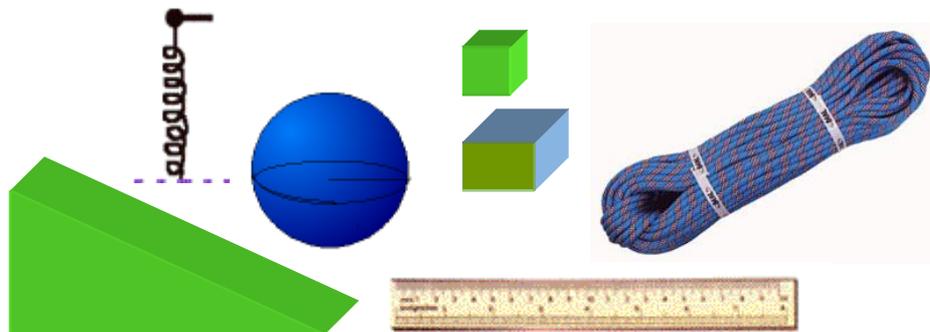
---

---

---

### Materiales:

Superficies para la  
rampa  
Regla grande  
Cubos  
Resortes  
Papeles  
Bolas  
Nylon  
Lijas  
Velas  
Pita  
Tubo de metal



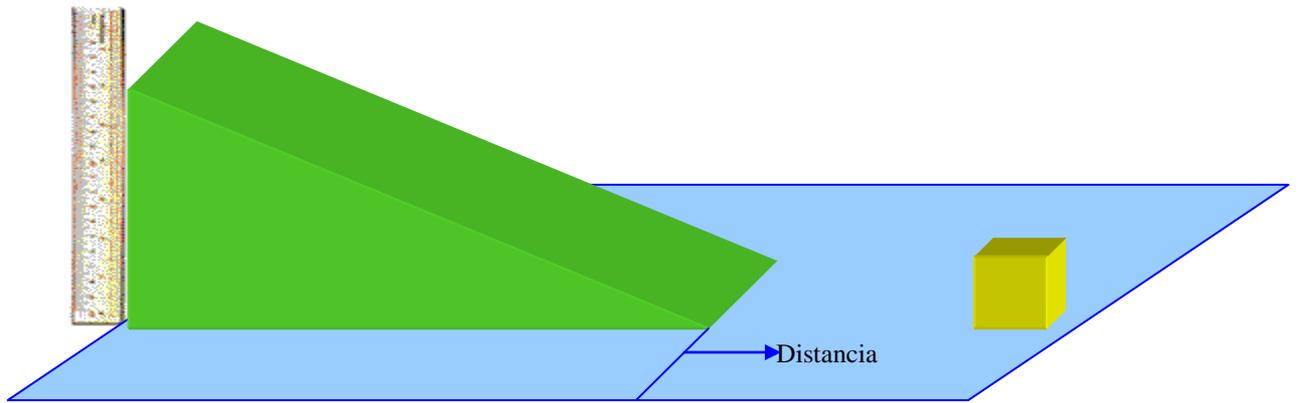
Para que el cubo alcance la mayor altura sobre la rampa utiliza las herramientas que desees, pero no lo podrás hacer directamente. La idea es que diseñes una especie de máquina que te permita hacerlo.

### Procedimiento

Coloca el cubo a una distancia de \_\_\_\_\_ de la rampa

Crea un montaje que te permita impulsarlo para que suba por la rampa

Diseña por lo menos tres montajes diferentes



Has un bosquejo de los montajes que diseñaste y anota la altura que alcanza en cada caso.

Montaje 1	Montaje 2	Montaje 3

¿Qué tiene que ver la energía con los montajes para que puedas obtener diferentes alturas?

---



---

¿Podrías impulsar el cubo sin utilizar ninguna clase de Energía? Explica

---



---

En cada montaje ¿Qué energía interviene, o de que energía haces uso para lograr que el cubo alcance la máxima altura?

Montaje 1  
Energía

Montaje 2  
Energía

Montaje 3  
Energía

Las clases de energía con las que hemos estado trabajando hasta ahora son “cosas” que la física define para explicar lo que sucede en el mundo en el que vivimos. Para cada cosa que haces diariamente necesitas disponer de cierta cantidad de Energía. Por ejemplo para caminar, para estudiar, para transportarse en autobús, encender la luz e incluso para dormir. ¿Cómo te imaginas un mundo donde no haya energía?

---

---

---

---

---

---

¿Cómo debería ser un mundo donde no se necesite energía para hacer las cosas?

---

---

---

---

---

## 8. CONCLUSIONES Y CAMINOS ABIERTOS

Las conclusiones constituyen un intento de responder a las preguntas centrales formuladas en la problemática. Muchos de los detalles específicos relativos a ellas se o respondieron en los capítulos que enfocan las ideas básicas y que se señalaran en cada caso.

Aquí se tratara, como al comienzo, de responder a ellas de forma global tratando de seguir el ordenamiento en que fueron planteadas, sin embargo no se quiere seguir estrictamente el mismo orden, sino que por el contrario se pretende que cada parte de este trabajo ilumine cada aspecto particular desde el momento mismo en que fueron formuladas las cuestiones.

Teniendo presente las dificultades personales a la que se enfrentan los profesores de educación media para concebir la enseñanza de la física de forma diferente a como se presenta en los libros de texto se propone implementar una propuesta didáctico-alternativa que desde el aprendizaje significativo permita mejorar la enseñanza.

Los logros y aportes obtenidos en la elaboración del marco teórico desde la fundamentación didáctica, epistemológica e histórica, hizo posible construir una nueva visión de la mecánica y aprender mucho más acerca de la ciencia que se llama física. Al mismo tiempo ha mostrado con claridad, que no existe una única esquematización posible a la hora de acercarse a un área en particular, es decir a la hora de enseñar los conceptos físicos. En todo caso ha dejado la gran preocupación, como docentes, de saber elegir entre las muchas imágenes de la mecánica aquella que desde la lógica misma, sea la más fructífera para ser enseñada.

Lo anterior permite reflexionar acerca de la forma como los profesores de secundaria enseñan la mecánica y muestra otras connotaciones, teñidas tanto por urgencias y objetivos diferentes, cuanto por un grado dispar de formación. Dependiendo de su formación inicial, la mayoría de los profesores, transponen hacia las aulas un conocimiento poco actualizado o mediatizado por los textos actuales. Se reconoce que se tienen pocos elementos para hacer una

estructuración didáctica de la ciencia que se enseña de manera diferente a la tradicional, adaptada a los tiempos que corren, con lo cual se afirma la necesidad de acceder a una nueva formación.

Los primeros indicios de modificación en la forma de enseñar la mecánica, comienzan desde la fundamentación teórica del trabajo al abordar el estudio del enfoque de sistemas e interacciones. En la condición de docentes, modificar los significados de ciertos fenómenos mecánicos en términos de sistemas e interacciones hace posible concebir nuevas relaciones que anteriormente eran pasadas por alto. Por ejemplo, el comprender el papel de la noción de sistemas e interacciones, sin los cuales no es posible definir o empezar a conceptualizar el concepto de energía. Otro ejemplo es el papel que juegan dichos conceptos en el reconocimiento de la energía que es intercambiada por procesos mecánicos de aquella que lo hace mediante interacciones termodinámicas. Y así se podría seguir: por ejemplo con la diferenciación de parámetros de estado Vs parámetros de interacción, entre otros.

En este trabajo se hacen explícitas ciertas modificaciones en el carácter ontológico de conceptos como el concepto de trabajo, velocidad, etc. Además de que se ha logrado una conceptualización más acabada de la idea de energía.

Por otro lado, desde una perspectiva didáctica se han diseñado con base en la teoría de aprendizaje significativo algunas estrategias de enseñanza que tienen el propósito de permitir a los estudiantes alcanzar aprendizajes significativos. Es necesario decir que la intención en este trabajo es resaltar la idea de que cualquier intento por mejorar la eficiencia del proceso de enseñanza aprendizaje deberá basarse en una teoría de aprendizaje. Siendo conscientes que muchas de las dificultades que presentan los estudiantes en física pueden ser debidas al modelo de instrucción. Estos problemas surgen cuando los mencionados modelos no tienen en cuenta los principios de aprendizaje o bien cuando no son basados en lo que los estudiantes ya saben. La teoría, en la que se basa este trabajo, pone énfasis en el papel que juegan los conceptos e interrelaciones en el proceso de aprendizaje significativo.

Como en todo trabajo monográfico, quedan muchos caminos abiertos y se vislumbran algunas dificultades, y en el mejor de los casos, algunos de ellos configuran ideas fructíferas para futuras exploraciones. La intención de los párrafos que siguen es presentar aquellas que fueron surgiendo sobre la marcha y que deseamos compartir a manera de hipótesis de trabajo.

Visto desde un ángulo epistemológico, tomar conciencia sobre la existencia de varias estructuraciones de la mecánica científicamente válidas, pone a los profesores frente a la alternativa de producir una elección conceptual (claro está, inscrita en intereses pedagógicos) antes de “transponer” el conocimiento científico.

Desde el punto de vista de la enseñanza de la Física, la actual propuesta permite indagar sobre el conocimiento previo de los estudiantes y generar los materiales potencialmente significativos, con el fin de que la nueva información sea anclada dentro la estructura cognitiva del que aprende, además la reestructuración de los contenidos de enseñanza como los contenidos mismos permiten desarrollar dos dimensiones interesantes en el nivel donde la física hace parte del ciclo básico de asignaturas dedicadas a crear competencias sobre las que se asentarán otros conocimientos propios de su formación.

Si bien es cierto que a veces lleva mucho tiempo desempaquetar aquellas ideas construidas por los estudiantes durante sus aprendizajes escolares y experiencias cotidianas anteriores, es altamente provechosa cuando se logra que el alumno la reconstruya con una base más cercana a la aceptada científicamente. En este caso es necesario indagar sobre su persistencia en el tiempo, por su grado de aprovechamiento en otras asignaturas y la posibilidad de que puedan ser trabajadas, como totalidades en forma simultánea, con relativa facilidad.

Desde el punto de vista ontológico, considerar la energía como variable de estado o como una propiedad del sistema que puede transformarse y transferirse, son afirmaciones que desencadenan un conflicto, pues aunque la energía puede ser considerada como variable de estado, no tendría sentido decir que esa variable pueda transferirse.

Otra dificultad tiene que ver con la forma como puede asumirse el tiempo dentro de la propuesta, pues hasta el momento, el tiempo absoluto newtoniano es considerado como escenario natural de los fenómenos físicos y no como parte de la acción.

Para finalizar, es preciso aludir a las limitaciones y alcances del presente trabajo. Está claro que el tema de física abordado es digamos, casi un cuerpo puntual en el universo de conceptos de esta ciencia. También es cierto que el carácter monográfico del trabajo solo permite hacer análisis cualitativos del tema, luego el modelo generado para dar significado a la mecánica, deja afuera una gran cantidad de hechos que deben cuantificarse también cuando son referidos con respecto a los fenómenos mecánicos y porque no también a los fenómenos térmicos.

Sin embargo, el enfoque de sistemas e interacciones que se ha asumido, posibilita vías de acceso a fenómenos como los termodinámicos y electromagnéticos necesarios en el aprendizaje, además de favorecer formas de análisis más cercanas a los desarrollos contemporáneos de la física.

Este trabajo en ningún momento busca ser incuestionable ni definitivo, y por supuesto, muchas mejoras y modificaciones podrán ser propuestas más adelante por nosotros mismos o por los profesores que se interesen en él, sin embargo se resalta que esta basado en una teoría de aprendizaje plausible y dentro de un enfoque pertinente, lo que amerita que sea considerado por una gran parte de profesores como una propuesta que puede ser desarrollada y calificada en la clase de física.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

ALONSO, M. y FINN E. Física. México: Fondo educativo Interamericano, 1970. 451 p.

ARONS, A. B. Teaching Introductory Physics. New York: Sohn Wiley and Sons, 1997. p 45-86.

AYALA, M., MALAGÓN, F. y GUERRERO, G. Elementos para introducir el concepto de energía mecánica sin recurrir al concepto de trabajo. En: Física y cultura: Cuadernos sobre historia y cultura. Vol. 1, N° 4. 1998. p 1-8.

BERTALANFFY, L Von. et.al. Tendencias en la Teoría General de Sistemas. México: Alianza Editorial, 1978. 323 p.

BERTOGLIO, O. Introducción a la teoría general de sistemas. México: Limusa, 1996. 167 p.

BOULDING, K. "General Systems Theory –the Skeleton of Science", management Sciences 2, 1956. Citado por: Bertoglio, O.J. Introducción a la teoría general de sistemas. México: Limusa Editores, 1996. 167 p.

CASTRO, C; LOZANO, M. y GARZON, A. Historia y Status de la teoría General de sistemas (Ludwig Von Bertalanffy) Mimeógrafo. P.1.

CAMPBELL, N. La medición. En Newman, J., Sigma el mundo de las matemáticas, vol 5, Ed. Grijalbo, Barcelona. p. 186-201

CENTRO PANAMERICANO DE PLANIFICACIÓN DE LA SALUD. Sistemas: algunos conceptos de la teoría programa de adiestramiento. 1974.

CHURCHMAN, C. West. The Systems Approach. Dell Publishing Co. New York. 1968. Citado por: LATORRE, E. Teoría general de sistemas aplicada a la solución de problemas. Calí: Editorial universidad del valle, 1996. 217 p.

NOVAK, J. D. y GOWIN, D.B. Aprendiendo a aprender. Citado en: CHROBACK, R. Uso de estrategias facilitadoras del aprendizaje significativo en los cursos de física introductoria. Adaptación bibliográfica. Río Negro: Universidad Nacional de Comahue. Facultad de ingeniería. p 7- 21.

DESCARTES, R. Discurso del Método. Buenos Aires: Editorial Losada, 1974. p 48.

DUIT, R., In search of an energy concept, en Driver, R. y Millar, R. (Ledds), Energy matters. 1986. p 67-101

GUIDONI, P y ARCA, M. Sistemas y variables. Seminario didáctico de la facultad de ciencias. Nápoles. Traducción de: Ayala, M.M. y Castro P. Departamento de física. Universidad pedagógica nacional, Bogotá. 2001. p 2- 20.

HERTZ, H. R. Los Principios de la mecánica. Introducción. Tomado de: Heinrich Hertz, the principles of mechanics. Presented in a new form. Dover publications, Inc. New York. 1956. p 1-41. Traducción de: Gramajo, M.C. et. al. Universidad Pedagógica nacional, Bogotá. 2001. p. 91-115

HERNÁNDEZ, A. L., Tareas de planificación del módulo “La energía y los recursos energéticos” en el marco de la formación del profesorado. Enseñanza de las Ciencias, 8 (1), 1993. p. 23-30.

HOYOS, F. Sobre hombros de gigantes. La formación el concepto de inercia. Medellín: Hombre nuevo Editores, 2001. 207 p.

HIERREZUELO, J. Y MOLINA, E. Una propuesta para la introducción del concepto de energía en el bachillerato. En : Enseñanza de las Ciencias. Vol., 8 . N°1. 1990. p. 23-30.

KOYRÉ, A., 1966, From Études Galiléenes, Herman, París, Traducción de Mariano González Ambou, 1980, Estudios Galileanos, Siglo XXI, 331 p. México. Citado en: HOYOS P, F. Sobre hombros de gigantes. La formación el concepto de inercia. Medellín: Hombre nuevo Editores, 2001. 207 p.

LATORRE, E. Teoría general de sistemas. Aplicada a la solución de problemas. Cali: Universidad del Valle, 1996. 217 p.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. LINEAMIENTOS CURRÍCULARES EN CIENCIAS NATURALES. Ciencias Naturales y Educación Ambiental.. Santa fe de Bogotá: Cooperativa editorial. 1998. 180 p.

MARTÍNEZ, J. Rol, significados y construcción del concepto de energía interna en física. Córdoba, 1998. Trabajo de grado. (Doctor en física) Universidad nacional de Córdoba. Facultad de matemáticas, Astronomía y física.

MOREIRA, M. Aprendizaje Significativo: Fundamentación teórica y estrategias facilitadoras. Monografías para cursos, seminarios y talleres. Brasil, 1996. p 1-25.

NEWTON, I. Philosophiae naturalis principia mathematica, versión española de A. Escotado. Principios matemáticos de la filosofía natural, Madrid: Editora Nacional, 1982. Citado en: HOYOS, F. Sobre hombros de gigantes. La formación el concepto de inercia. Medellín: Hombre nuevo Editores, 2001. 207 p.

PÉREZ- LANDAZABAL, M.C. et.al. La Energía como núcleo en el diseño curricular de la física. Revista Enseñanza de las Ciencias. Investigación y Experiencias didácticas. 13 (I). 1995; p 55-65.

PESSOA, A. M. Y CASTRO, R.S., La historia de la ciencia como herramienta para la enseñanza de la física en secundaria: un ejemplo en calor y temperatura. Enseñanza de las ciencias, 10(3), 1992. p 289-294.

POZO, J y GÓMEZ M. Aprender y enseñar ciencias. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico Ediciones Morata, S.A. 1998. 326 p

RAVIOLO, A. Núcleos conceptuales y secuencia constructivista en la enseñanza de la energía. Revista de enseñanza de la Física, Vol. 9, N° 2. 1996, p 33-45.

RIOJA, A. Introducción, selección y traducción. En: Leonard Euler: Reflexiones sobre el espacio, la fuerza y la materia. Madrid: Alianza editorial, 1985. 185 p.

SÁNCHEZ, P. Et.al. Hacia un aprendizaje de la energía II. Burgos Encuentro Internacional sobre aprendizaje significativo.1997. p 293-301

SEPULVEDA, A. Historia de la física. Desde los griegos hasta nuestros días. Medellín: Fondo editorial cooperativo. 1995.

----- En: El tiempo, El espacio y Las cosas. Consideraciones heterodoxas. Inédito. Medellín: 2002. p 1- 17

SEGURA, D. La enseñanza de la física dificultades y perspectivas.. Fondo editorial. Universidad distrital francisco José de Caldas. Santa fe de Bogotá: 1993. p 189.

SOLOMON, J. Teaching the conservation of energy. Physics Education, 20. 1985. p 165-176

TURNER, J. Desarrollo Cognitivo. Barcelona: Editorial CEAC. 1981. p 14.

TRUESDELL, C. Ensayos de historia de la mecánica. Madrid: Editorial Tecnos, S.A. 1975. 337 p.