

ANÁLISIS HISTÓRICO DEL PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DESDE
LAS PERSPECTIVAS DE JOULE Y MAYER: LA ENERGÍA, CONCEPTO
ESTRUCTURANTE DEL CONOCIMIENTO EN FÍSICA

CRISTHIAN GIOVANNY CASTRO ARANZALES

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE FISICA
Bogotá D.C
2020

ANÁLISIS HISTÓRICO DEL PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DESDE
LAS PERSPECTIVAS DE JOULE Y MAYER: LA ENERGÍA, CONCEPTO
ESTRUCTURANTE DEL CONOCIMIENTO EN FÍSICA

CRISTHIAN GIOVANNY CASTRO ARANZALES
CODIGO:2014246012

ASESOR
JUAN CARLOS CASTILLO AYALA

LINEA
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DESDE UNA PERSPECTIVA CULTURAL

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE FISICA
Bogotá D.C
2020

AGRADECIMIENTOS

La construcción de la investigación fue asesorada por Juan Carlos Castillo Ayala que gracias al compromiso, entrega, tiempo y paciencia que tuvo en este proceso fue de valiosa ayuda en cada uno de los objetivos alcanzados, así como los consejos en general que se daban en cada una de las conversaciones que se dieron.

De igual forma agradecer a mi familia, compañero y amigos por sus críticas en cada uno de los pasos dados en el desarrollo de mis estudios fueron grandes consejos en cada uno de los momentos que se necesitaba

Contenido

INTRODUCCIÓN	5
1) CONTEXTO	6
1.1) PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.1.1) Carácter histórico en la enseñanza de la física.....	7
1.2) PREGUNTA PROBLEMA.....	8
1.3) OBJETIVOS.....	9
1.3.1) OBJETIVO GENERAL.....	9
1.3.2) OBJETIVO ESPECIFICO	9
1.4) METODOLOGIA	9
1.5) FASES	12
1.5.1) Fase 1- Documentación.....	12
1.5.2) Fase 2- Análisis	12
1.5.3) Fase 3- Caracterización.....	12
1.6) MARCO TEÓRICO.....	12
1.6.1) Tradiciones matemáticas y experimentales de las ciencias	12
2) REFLEXIONES FILOSÓFICAS	17
2.1) Sobre los trabajos históricos	17
3) REFLEXIONES FÍSICAS	29
3.1) Contexto de la época- Siglo XIX.....	29
3.2) Controversia.....	32
3.3) Análisis de Mayer	35
3.4) Análisis de Joule.....	42
4) REFLEXIONES PEDAGÓGICAS	51
5) CONCLUSIONES	56
ANTECEDENTES	62
BIBLIOGRAFÍA	65
ANEXO	66

INTRODUCCIÓN

Dentro del estudio de los fenómenos en la ciencias la energía se ha vuelto un concepto transversal por el cual se han desarrollado diferentes formas de estructurar el conocimiento dentro de las mismas, también este concepto en el aprendizaje de la física ha sido importante dentro de las metodologías y enfoques de enseñanza, lo cual lleva a preguntarse sobre las dificultades y cuestionamientos que se presentan en la enseñanza de este concepto, tanto en la enseñanza de los maestros, estudiantes, como en los diferentes textos en los cuales se presenta este concepto. Entendiendo así el salto que muchas veces no se presenta de manera concisa entre el concepto de energía por medio del trabajo en mecánica pasando al principio de conservación de energía en termodinámica, siendo este de donde parte la concepción de este.

A partir de lo anterior se propone un trabajo de orden histórico-crítico como una posible herramienta para solventar la problemática en la enseñanza de la energía dentro de la física, para este se generan dos momentos de reflexión, el primero donde se expone la importancia de la historia y filosofía de la ciencias en el estudio de las mismas, como ente organizador del conocimiento de esta a partir de trabajos propuestos por Gadamer y Kuhn, en donde se exponen una herramienta importante en el estudio de la misma como la hermenéutica y la importancia de las tradiciones dentro de las diferentes ciencias.

En un segundo momento se genera una reflexión al trabajo realizado por Robert Mayer y James P. Joule y como a partir de reflexiones metafísicas estos llevan a considerar este principio, estas se hacen a partir de la organización propuesta por Kuhn en la cual se destaca como eje principal la metafísica como uno de los problema filosófico de la época, ya que es a partir de estos pensamientos que se estructura la base del principio de conservación de la energía, así como las tradiciones que se manejaban en la época como marco de referencia para entender la importancia de cada una de los trabajos hechos en la misma.

Finalmente se presenta las diferentes concepciones entre Mayer y Joule, ubicando puntos de convergencia y divergencia entre estos pensamientos y cómo estos pueden solventar el problema de orden epistemológico en la enseñanza del principio en la física como lo describe María Mercedes Ayala, dejando este como base en las reflexiones de orden filosófico y recontextualizando tanto el entorno de la época como la organización del principio para la enseñanza en los cursos introductorios de física.

CAPÍTULO I

1) CONTEXTO

1.1) PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el estudio de la mecánica, comúnmente, el concepto energía se define desde el punto de vista newtoniano, haciendo uso del trabajo mecánico, el cual a su vez se define en términos de la fuerza; esta manera de presentar la energía hace entender que el concepto emerge de posturas newtonianas y no de un pensamiento y contexto diferente, esto genera dificultades en el uso del concepto de energía, ya que a partir de esta postura no se tienen diferentes factores en cuenta, como la disipación de calor y el concepto de sistemas conservativos, esto puede generar algunas dificultades definiendo fenómenos diferentes a los mecánicos, por ejemplo los fenómenos termodinámicos.

Por otra parte, se suele presentar la energía ligada a un principio de conservación, en el cual se refleja cómo la energía se va transformando, transportando y conservando, estableciendo una relación entre distintos fenómenos como los mecánicos y termodinámico. Se puede mirar entonces el desarrollo histórico que se llevó a cabo en la fase inicial de este principio a partir de estos como una herramienta la cual permita pensar este principio desde un punto de vista metafísico y no solo de una manera axiomática o como un teorema.

Al establecer la conservación de la energía mecánica, esta nace del estudio de movimiento por parte de Leibniz, *vis viva* y *vis mortua*, definiendo la energía cinética y potencial del sistema (Solbes & Tarín, 2008) y obteniendo un principio de conservación, esta manera de presentar este principio, en la mayoría de casos, no se relaciona a los fenómenos en el cual el sistema experimenta una transformación de su energía mecánica a la termodinámica, disipación de calor, como se presenta en la primera y segunda ley de la termodinámica.

En el caso de la estructuración de la energía en termodinámica, se establece esta con base a los conceptos de calor, la energía interna y el trabajo; la ayuda experimental en este tipo de fenómenos, mecánicos y termodinámicos permite entender un poco más el carácter conservativo de la energía y como la acción del calor puede convertirse en trabajo o viceversa. Relacionando el trabajo y el fenómeno termodinámico se solventa de cierta manera lo descrito anteriormente, encontrar una relación entre la energía mecánica y la energía en la termodinámica, carácter que se ve descrito en los principios termodinámicos y sirve de sustento para el estudio de los mismos. (Solbes & Tarín, 1998).

Uno de los factores que genera confusión al momento de trabajar el concepto de energía, está en lo poco que se suele explicitar si los sistemas descritos a través de la energía son conservativos, ya que esto permite entender cuando la energía mecánica se conserva; por

otro lado, aunque sirva como una guía introductoria para trabajar el concepto de conservación de energía, carece, en muchos casos, de una explicación generalizada de este. *“En la expresión de la conservación de la energía mecánica no se especifica, en muchos casos, si el trabajo que aparece es conservativo, no conservativo, interno o externo. El trabajo de rozamiento se define operativamente pero no se relaciona con aspectos de calor o de energía interna”* (Solbes & Tarín, 1998).

Lo anterior permite evidenciar uno de los posibles problemas que se presenta en la enseñanza de la energía y es en la organización del fenómeno, como se conecta la noción de la conservación por parte de la energía mecánica con otros fenómenos de estudio como los termodinámicos y su principio de conservación a partir del equivalente mecánico del calor, entendiendo que la idea de conservación en los procesos físicos y la importancia de encontrar un equivalente entre los diferentes procesos que se dan, nacen de pensamientos causalistas, los cuales son trabajados en el pensamiento filosófico del siglo XIX y son base en la estructura de las leyes de la física, por este motivo unas de las situaciones de estudio que se debe plantear como una posible herramienta en la enseñanza de la energía es lo que respecta al pensamiento que llevó a los físicos a considerar la energía y el desarrollo del mismo para entender situaciones de estudio como la conservación de los procesos y las maquinas térmicas.

De igual forma los trabajos histórico-críticos permiten una reflexión con respecto a la época en la que se indaga la construcción de conocimiento, permitiendo así destacar problemáticas y soluciones que se iban dando en el ambiente científico, este tipo de reflexiones aunque permiten el desarrollo de un estudio de caso y recontextualización de saberes, también se puede plantear un estudio de situaciones de orden tanto filosófico como físico que permita de igual manera la recontextualización del mismo, en los cuales se lleve al aula las ideas, preguntas y conceptos que llevaron a dar solución en la época a diferentes cuestionamientos, acercando así al estudiante al lenguaje técnico, problemática y desarrollo de la ciencia.

1.1.1) Carácter histórico en la enseñanza de la física

La relevancia de la historia dentro de las ciencias se centra, en indagar y entender bajo qué contexto social, culturales, políticos y problemas de conocimiento y pensamiento nacieron las diferentes teorías, leyes y principios que rigen las ciencias; nos permite así, entender las ciencias como un proceso dinámico y como evidencia del desarrollo que ha tenido el ser humano para indagarse aún más sobre la base de un contexto.

En las clases de física se presenta, en algunos casos, dos maneras de percibir la enseñanza de la física, las cuales pueden ser factores en la interpretación por parte del alumno de los temas que se presenta; primero un formalismo matemático, que carece, en ocasiones, de sentido o de dirección; y como segunda factor, una brecha entre el conocimiento científico y el conocimiento cotidiano, estos factores hacen pensar al estudiante que las ciencias es tanto un estudio que merece una rigurosidad matemática alejada del carácter social en

cual emergió el concepto físico y también del contexto actual del estudiante, ya que no se brindan los espacios suficientes para cuestionar de donde surge el conocimiento y de su desarrollo histórico y social.

Partiendo de lo anterior y entendiendo la energía y su principio de conservación como uno de los ejes transversales en el estudio fenomenológico de la física, y como un concepto que se ha desarrollado durante siglos, tiene el carácter de estudiarse en el aula de clase por múltiples herramientas una de estas podría ser un componente histórico ya que permite aproximar al estudiante al contexto social que llevó a desarrollar el concepto y como este fue evolucionando de igual manera a medida que el contexto social cambiaba y generando así un cambio conceptual en el estudiante necesario para poder seguir abordando en el nuevos conocimientos relacionados con el estudio fenomenológico de este concepto.

Teniendo en consideración lo anterior y presentando el concepto de energía y su principio de conservación como *“concepto estructurante...podemos introducir aquí la noción de <<conceptos estructurantes>> (Gagliardi 1983), es decir aquellos conceptos que al ser construidos por el alumno determinan una transformación de su sistema cognitivo que le permite incorporar nuevos conocimientos. Otra forma de decir esto es señalar que los conceptos estructurantes permiten la superación de obstáculos epistemológicos.”*. (Gagliardi & Giordan, 1986). Se pretende hacer un estudio histórico, como consecuencia de un gran proceso del desarrollo del mismo, y plantear la idea del principio como eje en la enseñanza de la física en el aula. Se hace oportuno el pensarse un proceso de recontextualización histórica de la energía, partiendo así de qué problemáticas llevaron a considerar una cantidad que permaneciera constante en la configuración de fenómenos mecánicos y termodinámicos, así como su principio de conservación y que consecuencias y avances trajo consigo.

Se plantea de esta manera una investigación que tenga como base el desarrollo histórico del concepto de energía y su principio de conservación, a partir del trabajo que desarrolla Joule y Mayer sobre la energía y como se postula como principio universal, se plantean unas preguntas a partir de la idea de re-contextualización histórica tales como ¿Qué quiere decir que la energía se conserve?, ¿Por qué surge la necesidad de una cantidad que se conserve y se transforme?, ¿bajo qué criterios se da esta conservación? Y ¿bajo qué fenómenos se llegó a formular el principio de conservación de energía?, preguntas que llevan a indagar situaciones de estudios enfocados a los problemas epistemológicos, metafísicos y de pensamiento, entendiendo que son estas consideraciones las que en muchas ocasiones pueden ayudar a entender los diferentes fenómenos físicos, como los mecánicos y termodinámicos.

1.2) PREGUNTA PROBLEMA

¿Qué aportes hacen los trabajos de Joule y Mayer, con relación a la conceptualización de la energía y su principio de conservación, a la configuración de situaciones de estudios y

fenómenos que posibiliten una herramienta conceptual y epistemológica en la enseñanza de la física para los cursos introductorios de la Licenciatura de física?

1.3) OBJETIVOS

1.3.1) OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un estudio de corte histórico de los trabajos de Joule y Mayer, con relación a la conceptualización de la energía y su principio de conservación, estableciendo situaciones de estudios y fenómenos que posibiliten una herramienta conceptual en la enseñanza de la física para los cursos introductorios de la licenciatura.

1.3.2) OBJETIVO ESPECIFICO

- Identificar el papel de la filosofía en los estudios científicos y su enseñanza desde los aportes de la hermenéutica de Gadamer y los trabajos histórico-críticos.
- Abordar algunos textos de Mayer y Joule como: “on the forces of organic nature”, “on the existence of an equivalent relation between heat and the ordinary forms of mechanical power”, “on matter, living force, and heat” con el fin de identificar las problemáticas, fenómenos y controversias que dieron origen al concepto de energía y su principio de conservación
- Contrastar los aportes y fenómenos de estudio de los autores, con el fin de evidenciar su importancia, para la re-contextualización del concepto de energía en la enseñanza de la física.
- Establecer, a partir del análisis de los textos originales, problemáticas y situaciones de estudio, que puedan ser llevadas al aula para la enseñanza del concepto de energía y su conservación

1.4) METODOLOGIA

La investigación se basa en un estudio histórico el cual, a su vez, permite un desarrollo en la estructura del concepto que se entrelaza con un trabajo de re-contextualización de saberes, en torno a las nociones que llevaron a Joule y Mayer a considerar el principio de conservación y como estos permiten una herramienta conceptual que permita configurar de mejor forma la idea de energía y su principio en la enseñanza de la física.

En la enseñanza de las ciencias los estudios de la historia representan una herramienta conceptual la cual permite evidenciar esta de una manera dinámica, que tiene una configuración social y que no tiene un carácter de estudio solo de expresiones matemáticas, también, es un estudio sobre el conocimiento como lo resalta María Mercedes Ayala. “ *Pero también la historia se ha planteado como un recurso para el trabajo del maestro de ciencias, en cuyo uso debe ser formado, y a la que se puede acudir con diferentes propósitos y, por ende, examinar desde diferentes planos: desde el plano*

de la motivación y de la caracterización de la “naturaleza” del conocimiento científico; pasando por el plano del rescate de argumentos para mostrar la ciencia como una actividad donde juega la razón...” (Ayala M. M., 2006).

Como lo justifica en su trabajo María Mercedes Ayala, ya citado en el párrafo anterior, la investigación que se lleva a cabo con los originales permite:

- Identificar mediante el análisis de los textos originales y las problemáticas que originalmente motivaron la elaboración de un conocimiento particular y en muchas ocasiones, las contradicciones y los debates entre posiciones contrapuestas; problemáticas y debates que, en general, no aparecen en los libros de texto.
- Entender que los conceptos que finalmente fueron decantados en un paradigma, y que son presentados de manera acabada y precisa en los libros de texto, tuvieron una génesis y un proceso de desarrollo; esto permite enriquecer el concepto, flexibilizándolo y sugiriendo nuevos significados y relaciones.
- Responder adecuadamente a preguntas que se suelen hacer los estudiantes sobre el origen y fundamentación de los principios básicos de la física.
- Entender, por comparación, los procesos de re-contextualización que se operan en los libros de texto. Es decir, resulta posible tomar conciencia de los cambios en el significado de los conceptos y en su articulación respectiva, de las transformaciones en la formulación de los problemas, en el lenguaje, en las formas de argumentación y en los criterios de coherencia y de rigor.

Lo anterior sirve como base en el método de investigación y como fundamentación de la misma, caracterizando así los propósitos y objetivos que en esta se encierran.

Por otra parte, estos trabajos permiten una reflexión en el papel que juega la historia y la filosofía en las ciencias, entendiendo que estas dos disciplinas permiten estructurar las componentes de conocimiento de las ciencias, teorías, principios y leyes que rigen la evolución de ciencias como la física, permite entender entonces los contextos en los cuales se desarrollaron y los problemas de carácter filosófico planteados para este. Estas reflexiones permiten entonces evidenciar que el conocimiento o la estructura del mismo es una malla que entrelaza diferentes disciplinas, lo cual lleva a cuestionar a estudiantes y profesores en las herramientas que también puede brindar la historia y la filosofía que se han utilizado no solo en el contexto de las ciencias, sino también son una posible guía en la enseñanza de la misma, como lo es la hermenéutica y el círculo hermenéutico que lleva a pensar en cómo el sujeto comprende/interpreta y genera así conocimiento

En el carácter pedagógico permite responder preguntas de manera oportuna, para el desarrollo en el aula en la clase de física, lo que lleva a cuestionarnos como se ha formulado el papel del docente, del estudiante y los conceptos que se encuentran en la dinámica de las relaciones en el aprendizaje. Kuhn por su parte resalta que la historia de las ciencias comienza como un producto derivado de la pedagogía, como un medio donde

se aclaran los conceptos de las ciencias permitiendo establecer y entender el papel de las tradiciones y evidentemente permite ganar el interés de los estudiantes.

La filosofía, por otro parte, permite indagar en cada uno de los conceptos de orden, epistemológico, ontológicos y metafísicos que llevan a considerar los conocimientos que dan los cimientos de las ciencias, en el caso pedagógico estos conceptos se vuelven estructurantes en el conocimiento del sujeto, por ende la historia y filosofía de las ciencias se pregunta en como este lenguaje científico se ve involucrado con un lenguaje cotidiano, como se dan las relaciones entre el lenguaje técnico y común y permite ver un desarrollo en las ciencias a partir de los diferentes entornos que componen a la misma.

La reflexión que proporciona la metodología en los estudios histórico-críticos también nos lleva a pensar el papel pedagógico de la historia en las ciencias, por su parte María Mercedes Ayala encuentran tres dimensiones dentro del estudio de la historia y la pedagogía que están ligadas entre sí, la primera con respecto a la física pensando en esta como disciplina y en el conocimiento que proporciona la misma, la segunda nos permite traer esas herramientas que nos aporta la historia y la filosofía en el estudio de la misma y la última presenta herramientas en las componentes pedagógicas.

Lo anterior permite pensarnos en el papel del docente como un sujeto que reconoce las diferentes tradiciones en su disciplina y las relaciones de estas con su entorno generando un dialogo entre estas y los conceptos que el estudiante tiene establecido en cada uno de sus contextos, generando así un aprendizaje significativo en él y solventando el problema de orden epistemológico que recalca este tipo de estudio de corte histórico-critico, proponiendo de esta manera estructuras conceptuales que faciliten los aprendizajes del estudiante y también generen nexos con la cotidianidad en donde el conocimiento proporcionado sea de ayuda en sus procesos cognitivos o en situaciones practicas reales.

Por ende los estudios históricos nos permiten sumergirnos en discusiones con respecto a consideraciones conceptuales y estructurales dentro de las ciencias y como estos pueden ser abordados en la enseñanza de la disciplina consideraciones como, el papel que juegan cada una de las tradiciones en el contexto científico, la importancia de entender que la forma matemática dentro de la física está ligada a pensamientos filosóficos y el entrelazamiento entre el lenguaje científico y el común se vuelven componentes importantes dentro del estudio y enseñanza de la física.

Esto lleva a englobar la metodología del trabajo de orden histórico, partiendo así de reflexiones a la importancia de la historia y filosofía de las ciencias en el carácter pedagógico, partiendo de entender de donde surge la necesidad y prioridad de enfatizar en la historia no solo de las ciencias sino de la humanidad como punto central en la consolidación del conocimiento, pasando por tomar un concepto de suma importancia dentro de estas tradiciones que se han dado en las ciencias como es la energía y concluyendo con un análisis pedagógico de la importancia de las reflexiones filosóficas del mismo.

1.5) FASES

1.5.1) Fase 1- Documentación

Abordar algunos textos de Gadamer y Kuhn, con la finalidad de caracterizar la importancia histórica y filosófica en la ciencias y como se basaba la estructura de conocimiento en la época en la cual se encuentran Mayer y Joule que llevaron a estos a considerar el principio de conservación, por medio del estudio de los originales de Mayer y Joule, con el fin de entender el contexto metafísico y epistemológico en el cual se encontraban los fenómenos de estudios y los conceptos, para así aproximarse al concepto de energía que manejaban y la fundamentación que se da al principio de conservación.

1.5.2) Fase 2- Análisis

Análisis crítico de los aportes, fenómenos y conceptos, destacando su importancia y desarrollo, para re-contextualizar el concepto de energía y su principio de conservación a partir del planteado de Mayer y Joule.

Así como una reflexión en la importancia de entender la filosofía y la historia en las ciencias y como las consideraciones propuestas en la controversia de Mayer y Joule se veían fundamentadas en cuanto se estructuraba el pensamiento que llevaron a considerar cada uno de sus aportes

1.5.3) Fase 3- Caracterización

Establecer, a partir del análisis anterior, los aportes, fenómenos y conceptos que permiten un trabajo en el aula, con el fin de re-contextualizar al estudiante sobre el concepto de energía y su principio de conservación, como una herramienta que permita solventar preguntas en torno a estos conceptos.

1.6) MARCO TEÓRICO

1.6.1) Tradiciones matemáticas y experimentales de las ciencias

Como ya se ha expuesto, se debe conocer el contexto en el cual se desarrolló el concepto de energía dentro de las ciencias, para esto se utiliza como guía el texto de Thomas Kuhn con respecto a las tradiciones dentro de las ciencias¹, es importante distinguir este tipo de tradiciones ya que estas brindan un debate en el cual se permite ver la evolución de las ciencias y de los trabajos con respecto al desarrollo de la misma

¹ Las consideraciones giran en torno al capítulo de la tradición matemática y la tradición experimental en el desarrollo de la ciencia, capítulo tercero del libro la tensión esencial de Thomas Kuhn.

Aunque anteriormente ya se habló de la pertinencia y uso de los trabajos históricos, en la siguiente parte se hace una organización por Kuhn con respecto a las tradiciones dentro de este tipo de estudios, los cuales permiten evidenciar no solo el tipo de trabajo a realizar también evidencia como este tipo de consideraciones permite representar la ciencia más dinámica y distingue los agentes sociales entorno a esta, logrando caracterizar así dos tendencias con respecto al trabajo histórico, una que parte de ver la ciencia como una sola y otra permitiendo hacer una distinción entre las ciencias (física, química, biología, entre otras).

Con respecto a los estudios en los cuales se evidencia la ciencia como una sola, Kuhn resalta que en este tipo de estudio el objeto trasciende en el conocimiento con respecto a la naturaleza y como estas consideraciones que se hacen entorno a esta son afectados por los cambios sociales que lo rodean, *“está obligado(el historiador), a considerar conjuntamente todos los campos de la ciencia, a examinar lo que los hombres supieron sobre la naturaleza en cada época, y a descubrir la forma en que los cambios de método, el clima filosófico o de la sociedad en su conjunto afectaron el cuerpo del conocimiento científico concebido como uno solo”*. (Kuhn, 1996). Al hacer un estudio histórico, considerando la ciencia por cada una de sus distinciones permite ver el contenido técnico de estas, desde lo experimental y teórico², *“los historiadores que se dedican a escribir la historia de una especialidad técnica le confieren de ordinario a su tema las fronteras prescritas en los libros de texto más recientes del campo que corresponde”* (Kuhn, 1996).

También dentro de esta distinción en las tradiciones históricas de la ciencia, se resalta la importancia de distinguir las instituciones científicas, los métodos o formas y las consideraciones filosóficas que ayudan a interpretar las maneras en que se concebía el mundo en las épocas y como estas se relacionaban en cada contexto y permite evidenciar como se ha dado la relación entre estas instituciones con el desarrollo de las teorías dentro de la ciencia.

Aunque cada una de las tradiciones anteriormente mencionadas permite un punto de partida diferente para comenzar a hacer un estudio histórico, se recalca consideraciones importantes dentro de cada uno de ellos, ya que permite destacar características de la ciencia que en muchas ocasiones se obvian en un ambiente de enseñanza, características entorno al desarrollo de la ciencia sea a partir de sus técnicas o del estudio de la naturaleza, así como la participación de agentes externos a el ámbito científico que influye en cierta manera en la investigación científica.

² en el transcurso del trabajo aunque la palabra ciencias y ciencia se tienden a tomar bajo el mismo concepto, se entiende que el trabajo del historiador (como lo expresa Kuhn) se diferencia a partir de este tipo de consideraciones, por ende se deja claro que el termino ciencia se emplea mas cuando se ve la energía como un eje transversal de la misma y ciencias a partir de como la física se apodera del concepto de energía para el estudio de los fenómenos mecánicos, térmicos, electromagnéticos entre otros y genera técnicas de estudio a partir del concepto, también permite ver como otra ciencia, sea la biología o la química, puede manejar este concepto a partir de otros fenómenos de estudio.

Se presenta ahora lo relacionado a las tradiciones dentro de la física, en este punto se encuentra la matemática, la astronomía, la geometría, la estática, la óptica y los armónicos en lo que Kuhn denomina las ciencias físicas clásicas, por otra parte, la tendencia experimental en lo que es considerado el surgimiento de las ciencias Baconianas.

Con respecto a las ciencias físicas clásicas, estas se encuentra relacionadas más a la tradición matemática desde el estudio de la astronomía, geometría, armónicos, estática y óptica, acá se resaltan aspecto importantes con respecto a los armónicos y las matemáticas ya que están no se consideran dentro del estudio de la física actual, en un recuento histórico estas pertenecían en la época a los estudios que desarrollaban las ciencias, las matemáticas eran vista como el estudio de las cantidades de la física, que representaban un ámbito espacial, también se observa como los partícipes dentro del estudio de esta ciencia relacionaron cada uno de los objetos de estudio a partir de la elaboración matemática, así se encuentran relacionados la astronomía y armónicos, en proporciones y la estática y la óptica en conceptos geométricos.

Aunque dentro del estudio de esta ciencia se hacían experimentos, estos no se hacían de manera exhaustiva, aparte los experimentos eran en muchas ocasiones abstracciones de eventos cotidianos en los cuales no se necesitaba precisar de una manera más profunda, el papel del experimento se relacionaba más en eventos cotidianos o como uso demostrativo de la teoría que proporcionaba la matemática.

Las ciencias baconianas nos hablan de una tradición que se desarrolla y toma fuerza en el siglo XVII y XVIII aunque, como lo menciona Kuhn el desarrollo de las matemáticas antiguas fueron empíricas y es por este mismo desarrollo que están presentaban lo que llevan a realizarse pocas observaciones cuidadosas y se generó una presencia menor de los experimentos, es con el estudio a profundidad de los fenómenos térmicos y electromagnéticos que las ciencias baconianas ayudan a organizar y permiten que estos asuntos sean los últimos en incorporarse a las ciencias físicas, los cuales también se encuentra en otras ciencias como la biología y la química.

Antes de hablar con respecto a la importancia de las tradiciones dentro del estudio de la ciencia a más profundidad, se presenta una distinción que plantea Kuhn con respecto a los experimentos los cuales son, los experimentos pensados y los experimentos reales, determinando así que los experimentos pensados están relacionados a construcciones mentales cuyos resultados se prevén a partir de lo cotidiano, esta característica ya se había relacionado en las ciencias clásicas ya que el experimento ya tenía un papel dentro de la investigación científica, la diferencia entonces se encuentra dentro de los experimentos reales, los cuales se pueden caracterizar a partir de objetivos dentro del experimento real, el primero en el cual se presenta el experimento como evidencia de la teoría, objetivo que también se había tratado en las ciencias clásicas. Otros presentaban el experimento como solución a problemáticas, permitiendo así adquirir información a través de los sentidos.

Partiendo del último objetivo de los experimentos se presenta un ejemplo con respecto a los procesos térmicos, bajo el principio de conservación de energía, caso que también se encuentra en el libro ya mencionado de Thomas Kuhn, ya que el estudio dentro de los experimentos permitió dar los primeros conceptos y estudios con respecto a este tipo de problemática que se presentaba.

En el siglo XIX se presenta situaciones de estudio que permitieron la caracterización de la energía y su conservación, los cuales son: disponibilidad de los procesos de conversión, interés por las máquinas y la filosofía natural (Kuhn, 1996), de los primeros se resalta que aunque este tipo de factores ya se distinguían en épocas anteriores no se habían realizado estudios al respecto, ya se conocía entonces que el movimiento se relacionaba con fenómenos térmicos y electromagnéticos pero con respecto a este tipo de procesos no se habían hecho consideraciones de tipo matemático ya que estas cualidades se denotaban más en la estructura del experimento, con respecto al interés de la máquina se resalta el hecho de poseer una herramienta tecnológica como lo era la máquina de vapor y el no contar con una explicación o principio que fundamentara el fenómeno que se está viendo, aunque esta parte se encuentra más enfocada a la producción e investigación en ingeniería se resalta el hecho de no contar con una teoría que permitiera una comprensión a fondo de la máquina, problema que en la época fue estudiado por personajes como Carnot, Joule, Holtzmann, Hirn entre otros.

Como se presenta los fenómenos comienzan a situarse importantes dentro de los estudios de personajes de gran relevancia para la física en la época, aunque lo que muestra la historia era que aunque este estudios se vuelven importantes en la actualidad muchos de estos como se estaban comenzando a indagar no se les había prestado la suficiente atención, lo cual se refleja en el contexto social dentro de las instituciones, donde el papel protagónico de estos era de un carácter menor, a los que si realizaban estudios e investigaciones dentro de las ciencias clásicas. Aunque el estudio dentro de los aspectos anterior mencionados están relacionados no eran considerados de gran importancia para la tradición científica de la época permitieron el avance en estudios de lo térmico y electromagnético destacando personajes como Faraday, Mayer, Grove. Mohr, Liebig, los cuales resaltaron la importancia del mundo de los fenómenos.

Lo anterior presenta como la ciencia se ve envuelta en diferentes debates con respecto a su estudio y como las tradiciones se presentan en un ambiente dinámico, el cual permite que estas sean reestructuradas o se pongan en tela de juicio con respecto a una nueva visión, como el caso de la clásica y la tradición experimental permitieron avances dentro del campo de estudio y fueron formando y determinando interacciones sociales que permitieron consolidar lo que hoy denominamos ciencia.

Dentro de lo anterior dicho, es importante distinguir el debate que se da en la época con respecto al papel de los experimentos, si este se presenta con el objetivo de demostrar o si este es la base del conocimiento científico, ya que esto permite pensarse que tipo de experimentos se están presentando en el aula y como se presentan, ya que muchas veces

se presentan estos sin sentido y como si fueran parte de una receta a replicar, o en cambio estos permiten un punto de partida para la comprensión del contenido por parte de los estudiantes.

Este debate ha tenido gran importancia dentro de la visión de la enseñanza de la ciencia y se refleja en el tipo de propuestas que nacen a partir de pensarse el experimento, propuestas en las cuales el papel del experimento permite una visión de la realidad, así como un estudio de lo histórico, como es el caso de Ismo Koponen y Terhi Mäntyläen, que resalta objetivos de orden epistemológico y de enseñanza con respecto a los experimentos en el aula de clase de la siguiente manera:

1. El estudiante participe en la adquisición y construcción del conocimiento.
2. Por medio de esa participación ver como se llega a ese conocimiento y se justifica.
3. Entender cómo el significado de los conceptos y las leyes de la física es generado.
4. Concebir los experimentos como una fuente de conocimiento.
5. Reconocer los experimentos como una forma de razonamiento que conceptualmente es comparable a la teorización. (Koponen & Mäntylä)

Caracterizar de esta manera las tradiciones que se tenían en la época, permite preguntarse no solo como se daba cada una de las organizaciones con respecto al pensamiento, también nos permite ver como la ciencia se había organizado en su desarrollo y como esta problemática que en cierta medida recalca Kuhn en las tradiciones matemáticas y experimentales son también un dialogo que se presenta en la enseñanza de la disciplina al momento en que se estructura el conocimiento y la interpretación de las leyes y principios que rigen los mismos.

CAPÍTULO II

2) REFLEXIONES FILOSÓFICAS

2.1) Sobre los trabajos históricos.

Uno de los principales problemas con respecto a la enseñanza de las ciencias se centra en las temáticas o contenidos que son trascendentales e importantes en su divulgación, como ya se ha hablado, dentro de las posibles herramientas que podrían ayudar a solucionar lo anterior dicho la historia de las ciencias ha tomado un papel fundamental al respecto, al estudiar esta permite ver la ciencia de una manera más dinámica, bajo procesos sociales, culturales, económicos y políticos, así como entablar la relación entre un contexto cultural y científico.

Una de las problemáticas que es reiterativa en la enseñanza de la física, como lo recalca María Mercedes Ayala radica en que los principios y leyes aunque trascienden en su importancia matemática no se desarrolla en el concepto que se está elaborando y se presenta una ciencia atemporal y en muchas ocasiones como si esta fuera generada de manera espontánea por grandes mentes de la humanidad, esto se aleja de la construcción histórica y epistemológica, la cual ha sido uno de las bases en la que se genera la estructura de lo que hoy conocemos como ciencia y su evolución.

La histórico ha tomado un carácter importante al momento de abordar la enseñanza de las ciencias lo cual a permitido debatir con respecto a cómo se da la formación del profesor y papel del mismo como investigador y como la historia permite una herramienta con la cual guiar los conceptos en clase permitiendo una mejor articulación de los diferentes fenómenos a trabajar, como lo expresa María Mercedes en su trabajo con respecto a los trabajos histórico-críticos y la re contextualización de saberes científicos: *“Pero también la historia se ha planteado como un recurso para el trabajo del maestro de ciencias, en cuyo uso debe ser formado, y a la que se puede acudir con diferentes propósitos y, por ende, examinar desde diferentes planos: desde el plano de la motivación y de la caracterización de la “naturaleza” del conocimiento científico; pasando por el plano del rescate de argumentos para mostrar la ciencia como una actividad donde juega la razón; al plano de estrategia didáctica, en la medida en que el establecimiento de paralelos entre el desarrollo científico y el desarrollo del conocimiento individual permite derivar elementos para el diseño de actividades en el aula, tendientes ya sea a posibilitar la implementación del enfoque constructivista o a facilitar la comprensión y uso de un concepto, de una ley o de una teoría”*. (Ayala M. M., 2006)

La historia de la ciencia también se articula dentro de las políticas que plantea el Ministerio de Educación, en la cual habla de las componentes de saberes específicos y disciplinares: *“El educador debe consolidar un dominio de los saberes y conocimientos actualizados de los fundamentos conceptuales y disciplinares del campo o el área en que se desempeñará como licenciado. Adicionalmente, debe estar en capacidad de investigar,*

innovar y profundizar de forma autónoma en el conocimiento de dichos fundamentos, lo cual involucra: a) Apropiar la trayectoria histórica y los fundamentos epistemológicos del campo disciplinar y/o de los saberes específicos que estructuran el programa de formación.” (NACIONAL, 2017), esto resalta la importancia de la historia dentro de los contenidos curriculares tanto de las instituciones educativas básicas- media, así como dentro de la enseñanza de los futuros docentes, también permite ver el papel investigativo por parte de los mismos donde este debe conocer el carácter histórico en el cual se generan los diferentes conceptos a trabajar en el aula.

La importancia de estudiar la historia del surgimiento del pensamiento y la situaciones que llevan a estructurar el mismo, teniendo en cuenta que este tipo de metodología para desarrollar los estudios históricos no es propia de la ciencia naturales, representan la posibilidad de indagar el contexto en el cual se desarrollaron conceptos de gran importancia dentro de las ciencias naturales y como este mismo desarrollo se vio involucrado dentro de un contexto social y económico, acá se hace importante indagar entonces, ¿Cómo se desarrolló la importancia del estudio de la historia en las ciencias? Y ¿Cómo a partir de este estudio el mismo se articula en la enseñanza de la disciplina?

Aunque el propósito no está en desarrollar propiamente una historia de la historia de las ciencias, se expone a partir de autores como Gadamer, T. Kuhn, Gagliardi y Gordan y finalmente María Mercedes Ayala el papel de este tipo de estudios a un nivel disciplinar y pedagógico, cabe resaltar que el eje central está en el desarrollo que elabora Kuhn en el libro *La Tensión Esencial* en el cual elabora una introducción de la importancia de los estudios históricos de la ciencia, enmarcando a partir de esto un contexto de la época en que se desarrolla lo que él denomina como “*descubrimiento simultaneo*” con respecto a el concepto de energía y como a partir de este libro se pueden ir incorporando o articulando los otros autores mencionados.

En *La Tensión Esencial* como ya se mencionó, Kuhn presenta dos registros, el primero con respecto a los trabajos históricos y como estos ayudaron en su proceso como profesor y un segundo registro donde presenta un ejemplo de la importancia de este tipo de estudios a partir del concepto de energía. En el primero se resaltan factores importantes los cuales llevan a indagar la estructura o proceso que se lleva a cabo en estudios de esta clase, partiendo de entender que es primero la historia de las ciencias y la filosofía de las ciencias y como estas se pueden articular dentro de su enseñanza siendo disciplinas diferentes.

En este primer momento se resalta entonces la importancia de preguntarse cómo se desarrollaron conceptos dentro de la ciencia que son de gran importancia en el estudio en la aulas, este tipo de estudios surge en la necesidad de presentar la ciencia como un lenguaje próximo a cualquier persona, partiendo de que este se desarrolla en un contexto dado y no surge esporádicamente sin ninguna necesidad o pregunta de interés entendiendo así que estudiar el desarrollo histórico de los conceptos trabajados es de suma importancia para solventar los problemas ya mencionados

Ahora bien, ¿Cuándo la historia de la ciencia se comienza a considerar importante dentro del desarrollo de la misma?, la historia toma importancia en el estudio de las ciencias con trabajos filosóficos hechos por Gadamer, Heidegger, Habermas entre otros, en los cuales la red de conocimiento puede estar ligada a estructuras temporales e históricas y aunque propiamente el círculo de Viena en 1921 lleva este tipo de pensamientos a las ciencias naturales, se presenta el desarrollo de la historia en las ciencias a partir del estudio sobre la hermenéutica que elabora Gadamer teniendo en cuenta que es una herramienta muy nombrada y utilizada por Kuhn en su texto, aunque el orden del estudio que elabora es de corte más filosófico brinda dos factores importantes para entender lo que se desarrolla posteriormente en la historia de las ciencias, el primero con respecto a la estructura de la hermenéutica y su problema de universalidad y el otro enfocado propiamente en la historia.

El primero se vuelve importante ya que permite una herramienta en la cual se puede desarrollar un proceso de interpretación de textos y como lo menciona Kuhn: *“lo que yo, como físico, descubrí por mí mismo, la mayoría de los historiadores lo aprenden por ejemplo en el curso de su formación profesional. Conscientemente, o no, todos ellos practican el método hermenéutico. En mi caso, sin embargo, el descubrimiento de la hermenéutica hizo algo más que infundirle sentido a la historia. Su efecto más decisivo e inmediato fue el ejercido sobre mi concepción de la ciencia”* (Kuhn, 1996).

Gadamer en el libro *Verdad y método I*, habla con respecto al problema y estudio de la hermenéutica a partir de la consideración de dejar a un lado cualquier concepto ontológico, los cuales presentan una concepción científica de la verdad, esto se entiende como la posibilidad que tendríamos por ende de generar una comprensión de los textos más amplia, en el sentido en que no se estudiarían estos con base en una “verdad”, sino a comprender por medio de nuestros propios medios lo que el texto nos estaría representando o hablando, dentro de esta se resalta el primer concepto que es importante y que se va a manejar en el texto, el círculo hermenéutico el cual trae al momento en que este habla de Heidegger, círculo que cumple la función de generar una estructura de la comprensión *“qué consecuencias tiene para la hermenéutica espiritual- científica que Heidegger derive la estructura circular de la comprensión a partir de la temporalidad de estar ahí”* (Gadamer, 1960) la hermenéutica entonces se presenta como una estructura circular de la comprensión a partir de la temporalidad de estar ahí, dar sentido o significado a la realidad representa el hecho de comprender e interpretar, lo cual incorporan formas de conocer y es la metodología de lo que el ser humano siempre hace.

Por otro lado se tiene un problema que para Gadamer era de suma importancia, la reconciliación de la historia dentro del desarrollo y estudio de las ciencias como estructura de la organización de conocimiento dentro de las mismas, para esto el parte de la idea de los prejuicios *“en sí mismo prejuicio quiere decir un juicio que se forma antes de la convalidación definitiva de todos los momentos que son objetivamente determinantes... prejuicio no significa pues en modo alguno juicio falso, sino que está en su concepto el*

que pueda ser valorado positivamente o negativamente” (Gadamer, 1960), este se vuelve importante en la medida en que el prejuicio se forma con base en lo que nuestra experiencia mediada hasta el momento permite representar y en como a partir de experiencias pasadas y tradiciones se puede llegar también a un tipo de representación. Aunque el ejercicio de comprender e interpretar no se basa en la idea de solo el prejuicio, si permite ver la importancia de la historia en el conocer del hombre, ya que a partir de toda la temporalidad en el desarrollo de este y de cómo él se ve involucrado en una malla de situaciones se plantea como se puede llegar a interpretar.

Se resalta que la idea de este ejercicio para Gadamer consiste más en encontrar el sentido indefinido de las situaciones, definición de interpretación, a partir de un sentido manifiesto, definición de comprensión, y como estas se articulan para dar sentido a la malla de situación en la cual se encuentra situado, lo cual es una descripción a grandes rasgos del círculo hermenéutico, el propósito de este es generar una estructura del comprender y dentro de esto se encuentra también el interpretar, aunque estos conceptos están relacionados no representa que uno se encuentre dentro del otro, esto es de mejor manera visto como una relación en la cual la persona puede pasar de la comprensión a la interpretación y devolverse de igual manera, por ende el interpretar consiste en distinguir los prejuicios verdaderos bajo los cuales comprendemos, de los prejuicios falsos que producen los malos entendidos y así dar un significado a la realidad. Los prejuicios con respecto a lo que se quiere comprender juegan un papel importante en el sentido que son estos los que están enmarcadas de manera dinámica al cambio y a medida que uno desarrolla el proceso de comprender/interpretar, el propósito radica en legitimar o no las opiniones propias, esto resalta de igual forma el objetivo principal de comprender/interpretar.

Gadamer también trae el concepto de tradición, el cual se vuelve importante para entender cómo se encuentra el individuo ya que estas son parte del mundo en el cual el hombre se encuentra y razona y por medio de estas se hace que la razón sea legítima, aunque las tradiciones en muchos casos se han criticado, como lo hace Kuhn, hacen parte de un factor diferenciador e importante dentro del contexto en el cual se desarrolla y caracteriza el conocimiento, también es importante entender que si se estudia la historia de las ciencias se entiende entonces que el hombre esta mediado siempre por un carácter social que lo identifica, tradiciones, carácter que se ha venido desarrollando con el tiempo a partir de experiencias que permitieron así mismo estructurar conocimiento.

Lo anterior dicho con respecto a la hermenéutica y la historia a partir del pensamiento de Gadamer se ve relacionado con Kuhn en los aspectos anteriormente mencionados, la hermenéutica ya queda definida, a grandes rasgos, entonces como el comprender/interpretar a partir de un carácter histórico en el cual Gadamer también resalta factores de importancia en el ejercicio de comprender/interpretar que ligam la tarea hermenéutica realizada por Kuhn:

- Frente a todo texto nuestra tarea es no introducir directa o indirectamente nuestros propios hábitos lingüísticos, ganar comprensión del texto solo desde el hábito lingüístico de su época o de su autor
- La tarea hermenéutica se convierte por sí misma en un planteamiento objetivo. El que quiere comprender un texto tiene que estar, en principio dispuesto a dejarse decir algo por él.

Es claro que la idea de la hermenéutica para Gadamer y desde el carácter filosófico del romanticismo no representa una metodología propia de las ciencias naturales ya que la hermenéutica fue pensada más para las ciencias del espíritu con la finalidad de entender las estructuras en la red de conocimiento del sujeto, esta se refleja en las ciencias naturales en cómo se aproxima el lenguaje científico a un contexto social, aproximación necesaria para abstraer información con un carácter más pedagógico y aunque los anteriores puntos mencionados reflejan de una manera cercana a la metodología realizada por la hermenéutica es solo un reflejo de la cercanía que se tiene con los trabajos históricos realizados en la ciencia y los trabajos histórico-críticos en la enseñanza de la misma.

Con respecto a las tradiciones, aunque estas ya se han trabajado, se vuelven importante mencionarla por las perspectivas que tienen cada uno de los autores, aunque el pensamiento tanto de Gadamer como de Kuhn en algunos casos diverge en este sentido, se pueden encontrar puntos de convergencia que ayudan en la tarea a realizar.

Para Gadamer las tradiciones son parte esencial en la hermenéutica, como ya se mencionó, a partir de estas tradiciones es que el sujeto se ve sumergido en la malla interpretativa que lleva a la razón, como lo expresa el individuo está en medio de tradiciones y estas hacen que la razón sea legítima, ya que el mundo y su evolución comprendido desde la historia, se vuelve perceptible a partir de las tradiciones y estas mismas hacen parte del mundo donde se encuentra y razona.

Aunque la tradición recibe críticas en su carácter autoritario y dejando ver estas como estructuras cerradas, presentándolas, así como un elemento que aleja al sujeto del conocimiento, Gadamer reivindica el concepto que se tiene de estas partiendo de la idea de que las tradiciones en sí no son infructíferas y no frenan el ejercicio interpretativo, en cambio los prejuicios que no son percibidos en el desarrollo histórico tienden a nublar lo que la tradición nos quiere decir. Por otro lado, Kuhn, aunque retoma las tradiciones tanto en la física como en la historia, es enfático en decir que es importante no ser partidario de ninguna de estas, aunque se evidencia la importancia de caracterizar estas para entender el contexto en el cual se desarrolla la física.

Se podría denotar que los dos pensamientos divergen en la idea de la importancia de las tradiciones, pero convergen en la necesidad de que a partir de estas se ve el carácter evolutivo de las ideas, conceptos o prejuicios, no se puede interpretar o entender un concepto sin entender como este evoluciono en cada una de las épocas, que motivo a los

sujetos a pensarse en esto y bajo que contexto a margen de las tradiciones se ven involucrados.

El análisis anterior presenta la importancia de entender la historia como un estudio el cual permite la comprensión/interpretación del conocimiento en los sujetos solucionando problemas de orden epistemológico en la estructura de conocimiento, se presenta de esta forma a la hermenéutica como herramienta fundamental para entender el contexto de la época y hacer una lectura adecuada del mismo relacionando el pasado con el presente, este análisis se realiza por el rol que Kuhn da al filósofo, al historiador y al físico dentro del desarrollo de las ciencias.

En el capítulo sobre las relaciones entre la historia y la filosofía en la ciencia, resalta las características de cada una de estas disciplinas y como se ven integradas en un planteamiento en un sentido crítico a los conceptos científicos que se desarrollaron a lo largo de la historia, aunque propiamente en el texto Kuhn no propone, desde el aspecto pedagógico, una herramienta puntual para el aula, gran parte de la primera sección del libro se fija en las exigencias y problemáticas que él tuvo alrededor de su profesión como profesor en curso de historia y filosofía de las cuales se pueden abstraer factores importantes tanto para entender en que consiste cada una de estas disciplinas con la ciencia como en componentes pedagógicas que se pueden desarrollar en el trabajo con estudiantes.

En esta primera parte, Kuhn, hace una distinción con respecto al trabajo de cada una de las disciplinas a partir de un interés que lo lleva a preguntarse por la historia y por la filosofía en las ciencias, mismo interés que motiva y motiva a diferentes investigadores que realizan historia de la ciencia, *“la ciencia, leída en sus fuentes, parecía una empresa muy distinta de la que se halla implícita en la pedagogía de las ciencias y explícita en los escritos filosóficos comunes y corrientes sobre el método científico”* (Kuhn, 1996), el interés radica en cómo se presenta la ciencia en diferentes momentos y como a pesar de diferentes perspectivas que exhiben la ciencia desde diferentes componentes, histórico, pedagógico y filosófico, se está hablando de la misma ciencia.

Lo anterior se puede representar en preguntas como, ¿Qué se concibe como ciencia?, ¿Qué es saber ciencia?, ¿Cómo se desarrolló la ciencia y qué pensamientos influyeron en el desarrollo de esta?

En un primer momento se sobresalta la distinción de la historia y la filosofía en la ciencia, aunque ya se ha presentado una estructura metodológica por parte de la filosofía que reivindica la importancia histórica en los procesos de conocimiento, el papel de cada una de las disciplinas dentro de la ciencia es necesario entenderlo para poder aproximarlos a como este influye en procesos pedagógicos. Es importante resaltar, como lo expresa Kuhn, que la historia no va a ser tomada en su carácter social, instituciones científicas o factores económicos, esta se presenta en la evolución de las ideas, métodos y técnicas que desarrollaron el carácter científico de la época y por parte de la filosofía se toman factores

en torno a la estructura de teorías científicas, el carácter teórico y las características que garantizan la consolidación del conocimiento científico³, esto no representa que los factores que se quedan sin nombrar no sean menos importantes que lo ya mencionados, solo se estudia estos por la pertinencia y limitación de problemas que estos factores pueden traer para entender cada una de las problemáticas presentadas por cada una de las disciplinas.

La historia de la ciencia se ha presentado en la mayoría de los casos como una ciencia encargada de un orden cronológico de narraciones entorno a problemas del pasado y caracterizada porque esta no es una ciencia explicativa, se tiene que entender que el propósito investigativo de la historia no consiste en cómo se entiende el producto final.

Para entender un poco como es la producción de la investigación histórica, así como el interés detrás de esta, es importante caracterizar el orden organizativo de estos procesos, aunque la historia en su proceso requiere recolectar información de libros, documentos, entre otros de la época de estudio, la narración de esta se ve involucrada por el interés u objetivo de desarrollo de un proceso en cierta o ciertas épocas.

Por otra parte la filosofía aunque tiene un carácter histórico como parte de la investigación, su objetivo no se centra en desarrollar una cronología del pensamiento o estructura de conocimiento, la motivación de esta se ve reflejada en aspectos del establecimiento de lo que se considera como verdad, que se entiende por razón y que problemas se desarrollaron para validar esta, aunque se reconoce la importancia de la historia, el propósito de este se fija en cuanto se entiende como validez universal en cada época o como ciertos desarrollos de ideas o reflexiones siguen desarrollándose como eje transversal en el tiempo.

Kuhn centra las reflexiones de la historia y la filosofía a partir de describir el desarrollo de los trabajos y objetos de estudio en cada de ellas, para la historia se tienen dos factores importantes, el primero se centra en localizar y examinar libros, tomar nota, organizar y reorganizar la información, teniendo en cuenta que este no es el fin último del historiador ya que no basta con seleccionar y condensar esta información para hacer una narración histórica, como segundo factor se encuentra el interés en un pensamiento o actuar de la época, interés que demarca la narración y que es eje central en el desarrollo narrativo de la investigación, aunque en muchas ocasiones este proceso se interrumpe por la relectura, la cual lleva al historiador a reorganizar la información y seguir estructurando la investigación, como lo recalca Kuhn este último proceso se comparte con los trabajos investigativos en filosofía, no haciendo que este tipo de trabajos sean iguales.

³ Aunque propiamente la filosofía abarca estudios en diferentes disciplinas, como la ética, epistemología, ontología, metafísica, entre otras, Kuhn describe el interés de la filosofía en la ciencia enfocada más a la estructura del conocimiento científico, lo que se encuentra a la base del mismo y los conceptos e ideas que propiamente ayudan al desarrollo de la ciencia, lo que Kuhn llama en la Tensión Esencial como metafísica está ligada entonces al fundamento filosófico y estructura de ideas de las leyes que son base de las ciencias, las cuales sirven para justificar de manera racional la realidad y justifican así los paradigmas.

En lo que respecta a los trabajos filosóficos se desenvuelven bajo el papel principal de un problema de investigación de orden epistemológico, ontológico entre otros, con el propósito de generar una crítica a partir del desarrollo temporal de la problemática, aunque no se demarca una época de importancia en la estructura del problema, determinar cómo se trabajó la solución en cada época permite establecer que pensamientos y conceptos de manejaban para entender el problema, como lo resalta Kuhn los trabajos de orden filosófico tienen un sentido crítico ya que garantiza de esta forma un dialogo directo con el autor. Aunque se investiga con respecto al desarrollo de las ideas el propósito de los trabajos en filosofía es brinda un espacio de crítica⁴ por parte de quien desarrolla el trabajo generando un puente de esta manera entre pensamientos.

Aunque en muchas ocasiones el historiador puede encontrar un caso de controversia en su estudio y puede narrar de esta forma como se desarrolló está a partir de consideraciones de pensamiento, describiendo de esta manera un vacío con respecto al mismo o una problemática y generar una crítica, no es de manera alguna la motivación o el objetivo de su investigación.

Ya expresado, en cierta medida la diferencia entre el carácter de estudio de la historia y la filosofía se tiene que entender bajo que consideraciones estas dos disciplinas se pueden conectar en un contexto de estudio, por parte de la filosofía se resalta: *“la historia de la ciencia necesita la filosofía por razones evidentes y bien conocidas. Para ellos es una herramienta básica igual al conocimiento de la ciencia hasta finales del siglo XVII, gran parte de la ciencia era filosofía”* (Kuhn, 1996), también se entiende que las teorías, conceptos y principios que se manejan en física en muchas ocasiones dependen de un carácter filosófico de orden metafísico⁵, donde se indaga sobre la esencia de un fundamento sobre una finalidad existencial, siendo de esta forma la estructura de las teorías científicas.

Por parte de la historia se resalta *“la historia de la ciencia puede contribuir a salvar la brecha que hay entre filósofos de la ciencia y la propia ciencia”* (Kuhn, 1996), aunque Kuhn se centra en la conexión de la historia y la filosofía, esta también se puede interpretar en un carácter pedagógico, ya que por medio de la historia se evidencia que la ciencia no es un producto que surge sin contexto, este está delimitado y formado a partir de un interés de carácter filosófico y social y se demarca de esta forma la manera dinámica

⁴ La crítica en este caso se centra en cómo un proceso racional encargado de distinguir y analizar los fundamentos del conocimiento, con la finalidad de dar adecuadamente una respuesta a los interrogantes en los cuales se centra el trabajo filosófico.

⁵ En física se evidencian ejemplos de metafísica como el concepto de fuerza, vis viva y vis morta, campo, entre otros y es gracias a este tipo de conceptos que van mas allá de los objetos de estudio tangibles de la física que se consolida y da base a las teorías, principio y leyes y también son estos los que muchas veces permiten seguir cuestionando los fenómenos, como ejemplo la energía que comienza como un problema del movimiento a entenderse con interacciones termodinámicas y electromagnéticas llegando así a ver este concepto en la mecánica cuántica y relativista como lo ejemplifica J. Solbes y F. Tarín en el texto Generalizando el concepto de energía y su conservación.

en que se estructura el conocimiento físico y como este en algunos aspectos se vuelve transversal.

Lo anterior permite evidenciar la importancia y pertinencia de la historia y la filosofía dentro de diferentes estudios permitiendo generar una estructura de conocimiento y una metodología, permitiendo entrelazar el conocimiento científico en cada época, es importante resaltar como los procesos y enfoques ya mencionados se acoplan a la enseñanza de las ciencias, estos pueden trabajarse en el aula como una posible herramienta que ayude a solventar los problemas en los cuales se encuentra sumergida la enseñanza de las ciencias.

Dentro del contenido disciplinar docente, María Mercedes presenta dos factores que están relacionados y los cuales permiten una discusión con respecto al papel del docente y el contenido dentro del aula: *“Uno de ellos está definido por la doble exigencia que se le hace al profesor de ciencias de tener una buena formación tanto en la disciplina que va a enseñar, en física, por ejemplo, como en pedagogía. El otro, se enmarca en ese espacio definido por los múltiples significados que se le puede dar a esa exigencia obvia de tener “un buen conocimiento o una buena formación en física”, o en la ciencia que ha de enseñar”* (Ayala M. M., 2006)

El primer factor está enfocado a las componentes disciplinares dentro de la formación de docentes y aún más enfocado al papel del mismo, ya que este es el debate que se tiene al respecto de la importancia tanto en los contenidos de la disciplina así como en el carácter pedagógico que tiene que poseer el docente, debate que se presenta en nuestro caso en la facultad de Ciencia y Tecnología con respecto a la reestructuración dentro de programas como el de física, de esta manera, se entiende que el orden disciplinar es importante en medida que este es el que rige los contenidos de aula, así como parámetros de enseñanza como los propuestos por el Ministerio de Educación, aparte de esto la componente disciplinar permite la obtención y uso de herramientas teóricas y prácticas que se pueden utilizar en el aula con el fin de esclarecer problemas con respecto a la enseñanza de la componente disciplinar.

El segundo factor centra un debate con respecto al conocimiento que se estructura en lo que hoy denominamos ciencias, ¿qué se concibe como ciencia? y ¿qué es saber ciencia? Son preguntas que se presentan no solo en el proceso de formación docente, estas también se presentan en la labor de este.

Esto implica el pensar que se está entendiendo por física, un aspecto que ya se recalco es el uso de matemáticas en la enseñanza sin una estructura conceptual de fondo, en el caso del principio de conservación de energía, este se presenta desde su manera axiomática, pero en muchos de los casos se muestra una deficiencia con respecto de entender desde que es un principio, hasta la importancia que tuvo este en el cambio de pensamiento y estructura dentro de la física y como este también se puede ver como un eje transversal dentro del estudio de otras ciencias, entonces, se tiende a presentar y a centrar la física y

su enseñanza como un uso de matemáticas que en muchos casos es exhausto para los estudiantes, en cuanto carece de contexto y aplicabilidad⁶. Con esto se busca fomentar el estudio de teorías de manera más profunda, conocer el contexto en el cual se generó, que problemáticas existían con respecto al pensamiento en la época, cuál era la importancia de estudio de estos, así como el desarrollo de las posibles soluciones que después configuraron una respuesta estructural permitiendo una evolución como ya se dijo del pensamiento no solo científico sino cultural, abarcando el desarrollo de un concepto, ley o principio que permite evidenciar una dinámica dentro de la ciencia, así como una estructura cultural o grupal que permea los diferentes campos en los cuales esta se ve involucrada.

“Conocer una teoría significa, entonces, conocer la concepción de mundo físico que involucra y la forma como se puede, a partir de ella, derivar los diferentes conceptos y leyes de la teoría con los que se da cuenta de los fenómenos inscritos en el dominio de ésta y establecer los nexos con la experiencia sensible. Se comienza, así, a hacer énfasis en una lógica conceptual (se espera que la teoría además de constituir un sistema formal sea conceptualmente coherente) y el concepto mismo de fenómeno sufre una gran transformación en la medida en que éste es visto indisolublemente ligado a la teoría (es pensado y descrito en términos de ella). Es desde esta perspectiva de análisis que el experimento se constituye, como dice Kuhn, en una forma de concreción de la teoría”. (Ayala M. M., 2006)

Ahora bien, el distinguir los diferentes contextos en los cuales se desarrolla y se desarrolló las ciencias, permite no solo conocer los diferentes efectos de este estudio, también permite conocer que agrupaciones de personas elaboraron este tipo de pensamiento, en qué contexto social se encontraban situados, desde academias, universidades, grupos de investigación entre otros, así como los resultados de este tipo de investigación en un ambiente social, se presenta la ciencia entonces no como un producto, esta se ve más como una actividad. Estos también permiten reconocer no solo instituciones y personas o grupos de personas que influyeron en un ámbito histórico también permite ver cómo estas perduran en la historia y se ven reflejadas en centros de investigación o en las mismas instituciones en la actualidad, rescatando de esta manera como estas no solo influenciaron en la historia sino también en la actualidad.

En este orden de ideas se recalca la importancia al respecto de un dominio axiomático de los conceptos que se abarcan en la clase de física, pero también se tiene que tener en cuenta que el docente hace de interlocutor entre un mundo científico, que no es ajeno a la realidad, a un mundo cultural y social, por ende este tipo de leyes, principios y conceptos que se manejen en el aula se deben asociar a la actualidad del estudiante partiendo de cómo estos influyeron en el pensamiento de la humanidad desde un contexto histórico, dentro de esto también se destaca la labor que debe tener el estudiante como agente de la

⁶ Esta problemática se ejemplifica en el trabajo propuesto por G. Valverde y E. Näslund-Hadley para el banco interamericano de desarrollo, donde resaltan la importancia de la debida alfabetización en matemáticas y ciencias naturales, donde no se adquiera solo una habilidad en el desarrollo básico de las matemáticas, sino se interprete este desarrollo en el ámbito cultural científico.

construcción de su conocimiento entendiendo que la historia no es solo contar una anécdota, consiste en que el estudiante pueda reconstruir el concepto trabajado y pueda acoplarlo a su realidad.

Dentro de los estudios históricos elaborados por la parte docente se debe tener en cuenta, que estos se realizan desde el dominio que se debe tener del tema a trabajar, es indispensable que el docente tenga un dominio de estos ya que él tiene que trabajarlos desde su contexto histórico haciendo una translación a su contexto actual.

Gracias a los estudios históricos se pueden determinar factores que han influenciado la concepción respecto a las ciencias, caracterizando factores de discusión que permitieron debates para fortalecer el pensamiento y estructura de esta, como se evidencia al respecto con las tendencias en el cual se genera un cambio respecto a la forma en que se estudiaban los fenómenos y por ende a como se estructura y organiza este conocimiento. Distinguiendo los factores históricos en los cuales la ciencia se ha desarrollado se conoce el contexto que permitieron el surgir de teorías o leyes, y como se puede transportar ese tipo de estudios a los contextos actuales.

Aunque esta primera parte consiste en entender la importancia de la historia y la filosofía de la ciencia dentro del estudio de la misma a partir de consideraciones del pensamiento de Kuhn, se hizo importante entrelazar a otros autores como Gadamer a partir de conceptos como la hermenéutica que es una herramienta importante en la actividad histórica y filosófica de las ciencias, entendiendo así el ejercicio de comprender/interpretar como estructura del pensamiento. Con la finalidad de entrelazar ciencias como la historia y la filosofía que en muchas ocasiones en un ámbito educativo se ven un poco distantes y como en la malla que estructura el conocimiento se encuentran puntos de convergencia tales como: la hermenéutica, la importancia del pensamiento en cada una de las épocas y el carácter que tiene cada uno de los contextos sociales, políticos y culturales en el conocimiento y construcción del mismo.

Lo anterior dicho entonces nos permite dos cosas, primero, entender que relaciona no solo Kuhn sino muchos historiadores de la ciencia como un estudio histórico y filosófico de las ciencias y cuáles son las herramientas que se tienen que usar para llevar a cabo estudios de este tipo (como la hermenéutica), también nos permite distinguir cambios en los procesos de desarrollo de los conceptos y segundo como Kuhn a partir de estas herramientas caracteriza el problema de pensamiento a partir de un ente que se conserva en el movimiento y que se transforma y como este se asocia con el concepto de causa de la época que son también de importancia para el desarrollo de este trabajo.

Lo anterior permite una reflexión del desarrollo de los conceptos que consolidan la ciencia a partir de las tradiciones, que se asemejan a la postura de Gagliardi y Gordan en cómo los conceptos estructurantes transversales en todas las ciencias son permeados por los contextos en los cuales fueron desarrollados, aunque para estos últimos autores la importancia de los conceptos no solo trascienden en un ámbito científico sino también en

el escolar, podemos encontrar entre los cuatro autores que permitieron la reflexión un punto de concordancia en la medida que estos conceptos importantes en la ciencia y en la enseñanza de la misma, son conceptos que permitieron el desarrollo de la sociedad y que por ende son de suma importancia distinguir su desarrollo.

De esta forma nace entonces la importancia de los estudios históricos y filosóficos de la ciencia, entendiendo que estos también son un eje importante dentro del desarrollo de la misma y permite consolidar herramientas que no solo sirven para los sujetos especializados en este conocimiento, también como un apoyo pedagógico y de divulgación de la ciencia volviendo el lenguaje científico próximo al cotidiano, lo que entendemos en Gadamer que el conocimiento está ligado a nuestras tradiciones y contexto, ya que el arte en sí mismo tiene que ser comprendido por los sujetos que componen la sociedad, este lenguaje no tiene que ser ajeno sino lo más cercano posible para todos, pensamiento que se ve reflejado en Kuhn en cuanto la ciencia se tiene que ver de manera dinámica y como él lo resalta en un momento con un lenguaje que se entienda en sus dimensiones por medio del estudio del desarrollo histórico del mismo y también está reflejado en consideraciones que hace María Mercedes Ayala en como aproximar este lenguaje por medio de modelos pedagógicos a los estudiantes y como una herramienta para poder solventar esto que es llamado problemas epistemológicos de los conceptos.

Los conceptos entonces se vuelven un eje central dentro de la historia de la ciencia ya que son estos permeados por un contexto por una historia y por tradiciones lo que estructuran el conocimiento técnico y son los mismos los que son llevados a aulas para ser trabajados entendiendo así que los mismos estudiantes se encuentran en ese entrelazamiento de conocimiento como lo denota Gadamer con el sujeto cuando comprender en él está ahí y sus prejuicios y como lo hacen otros autores como María Mercedes Ayala y Gagliardi y Gordan entendiendo que los conceptos que traen los estudiantes que están estructurados en una malla cotidiana se pueden relacionar con un lenguaje técnico como el de la ciencia y se genera entonces la herramienta de estudio en la ciencia con base en historia que ayuda a aproximar el lenguaje técnico científico al cotidiano.

CAPÍTULO III

3) REFLEXIONES FÍSICAS

3.1) Contexto de la época- Siglo XIX

Kuhn organiza la época a partir de tres factores de importancia que guiaron el trabajo de diferentes científicos en el estudio del movimiento, termodinámica y electromagnetismo, así como consideraciones metafísicas que ayudan a dar forma a los diferentes estudios realizados y el surgimiento de la infraestructura teórica y matemática del principio de conservación, cabe recalcar que propiamente en esta época no se estipula de manera matemática este principio, por otro lado lo que se planteó en esta época es en cuanto a la estructura de pensamiento de los procesos de transformación y un equivalente mecánico del calor que en tanto nos habla de transformación y de conservación de una cantidad que se llamaba en la época “fuerza” de movimiento, concepto que se trajo por los trabajos realizados por Leibniz y que permeo el pensamiento de Mayer y Joule que son los precursores de la energía, como los llama Kuhn, los cuales son los autores ejes en el desarrollo de este trabajo.

También es importante aclarar que no se presentan consideraciones con respecto a Galileo o Leibniz en relación a lo que ellos hablan de conservación de sus conceptos sea bien ímpetu o vis viva por dos consideraciones, la primera los bastos trabajos que ya se han desarrollado con respecto a estos dos pensamientos y autores en los cuales se habla tanto del desarrollo de pensamiento y la estructura de experimentos que permiten entender la conservación que describen y segundo a partir de las consideraciones que da Kuhn con respecto a que la estructura de pensamiento que se da del principio de conservación de energía se encuentran ligados a los avances en fenómenos termodinámicos en la época y las explicaciones que derivan de este problema con respecto a los fenómenos de conversión que aunque ya se conocían no se tenía una estructura dentro de la física de la época para estos, es en sí propiamente con el equivalente mecánico de calor que se comienza a establecer los proceso de conversión y su principio.

Por otro lado se plantea que el propósito no trasciende en escribir una definición puntual del concepto de energía, el presente trabajo se plantea a partir del pensamiento y conceptos transcendentales que llevaron a Mayer y Joule a considerar un principio de conservación (sea bien a lo que llamaban fuerza o causa que en termino actuales conocemos como energía) y evidenciar así como a partir de estos conceptos de orden metafísico para Kuhn⁷ la energía se vuelve un concepto estructurante dentro de la física y su divulgación.

⁷ Revisar pie de página 2.

Como base para entender un poco lo que trasciende en la época Kuhn organiza los factores tres componentes importantes que ya se han nombrado, la disponibilidad de los procesos de conversión, el interés de las máquinas térmicas y la filosofía de la naturaleza, aunque para Kuhn estos dos son importantes para entender cómo se desarrolló el concepto de energía, el trabajo se centra un poco más en los pensamientos que llevaron a considerar la conservación, se entiende entonces que el interés principal está en entender la filosofía de la naturaleza y como a partir de estas consideraciones tanto Mayer como Joule crearon estrategias un poco más enfocadas a la parte experimental que como ya se vio juega un papel importante no solo para la época también es un debate con respecto al papel de la experimentación en la física así como su importancia que fue tratada en el capítulo anterior.

Es bastante claro para muchos, que en la época grandes personajes estaban interesados en el estudio de los fenómenos de conservación, se habían vuelto de gran importancia para la explicación de fenómenos que se están obteniendo en laboratorios y en herramienta que se estaban consolidando de importancia para la sociedad como la máquina térmica que lleva a un desarrollo importante en ingeniería, Kuhn sitúa esta problemática entre 1837-1844 donde grandes precursores de la conservación estaban estudiando el mundo de los fenómenos considerando que las observaciones eran la manifestación de una sola fuerza que se presenta en diferentes formas, dentro de estos precursores tenemos a Mohr, Grove, Faraday y Leibig, un planteamiento que ayuda a entender como estas cuatro personas pensaban está en palabras de Faraday *“no podemos decir que una sola de las fuerzas sea la causa de las otras, sino tan solo que estas se hallan relacionado entre sí y obedecen una causa”* (Kuhn, 1996).

Aunque este pensamiento surge más en lo que Kuhn denota la disponibilidad de los procesos, que se desarrolla en los estudios de electromagnetismo, como los efectos magnéticos de la corriente, calor producido por estas y corrientes inducidas y su consolidación como estudio aproximadamente en 1830 y estructura en la conexión en diferentes disciplinas en 1837-1844 a partir del pensamiento ya mencionado, carecían un poco en una estructura matemática fuerte con respecto a la conservación de estos procesos pero dieron la pauta en ideas metafísicas que llevaron a considerar la conservación de energía, como consideraciones que ya se nombraron del propio Faraday o una propuesta por Mohr donde justifica que *“hay en la naturaleza de las cosas, no más que otro agente, y este es lo que llamamos fuerza, puede transformarse en varias ocasiones y a partir de cualquier transformación se llega a otro”*. Estos pensamientos reflejan el pensamiento que también tenían Mayer y Joule en cuanto ellos dotan de propiedades a la materia y su interacción a partir de una causa o fuerza que es transformable y que se encuentra en todo el movimiento.

También se genera otra categoría que era de interés en la época y es con respecto a las máquinas térmicas y a los que hoy conocemos como ingenieros del vapor, estudio que se puede caracterizar con los trabajos de Carnot, Seguin, Holtzmann, Hirn, entre otros, de estos se pueden extraer cosas importantes como la aproximación también a la

conservación y el trabajo y el estudio de un caso especial de la conservación de energía, como lo plantean Kuhn y de manera análoga a la conservación de la vis viva, aunque de estos trabajos se pueden extraer mucha información, estos solo representan un caso de los muchos por los cuales se puede trabajar la conservación de energía.

De igual forma el propósito de estos ingenieros era dar una descripción clara de las máquinas y como se podría evidenciar el “rendimiento” de las mismas, tanto un motor eléctrico como una máquina de vapor, de este tipo de estudios se puede evidenciar también un concepto primitivo del trabajo, del cual ya se sabía un poco desde la vis viva no se había formalizado como medida y es gracias también a este tipo de desarrollo que se establece lo que hoy conocemos como energía potencial y la vis viva pasa a ser lo que hoy es la energía cinética.

Si bien estos dos factores no son los que se desarrollan en el trabajo con respecto a Mayer y a Joule, permite evidenciar que muchos de los conceptos que ellos desarrollaron en los procesos y en el estudio de las maquinas eran conocidos por la mayoría de los científicos de la época y que gran parte de las consideraciones metafísicas que tuvieron en cuenta era un pensamiento que en la época era común, aunque la historia nos dice que en gran medida la mayoría de los estudios que se hicieron en la época no estaban conectados entre sí y más bien este es uno de los casos de los descubrimientos simultáneos más grande de la humanidad, se evidencia ciertos conceptos ya se conocían y son base para cada uno de los científicos de la época, como la conservación de la vis viva.

También es claro que aunque se puede hacer una distinción de los factores más relevantes de la época, no es precisamente que uno de estos estuviera desligado del otro, más bien estos se encuentran relacionados en una red de conocimientos bien estructurados, en el caso de Mayer y Helmholtz que se pueden categorizar en la filosofía de la naturaleza también tenían un interés en la disponibilidad de los procesos y de manera casi excéntrica Mayer plantea un proceso en el cual cuantifica los procesos de conversión y calcula un coeficiente del mismo sin tener alguna formación en ingeniería así como el uso de la vis viva en sus cálculos y un término que es asociado tanto al trabajo como a la energía potencial del sistema.

Joule también se puede integrar en los ingenieros de vapor y el interés de la maquina térmica, con la finalidad de desarrolla un pensamiento metafísico para explicar que está a la base de los procesos de conversión a partir de propiedades que da a la materia cercanos al concepto de causa el cual permite entender la conversión de la energía como un ente que genera una causa y efecto propios de estos procesos, donde a una causa mecánica se puede tener un efecto térmico o en sentido contrario, evidenciando también por medio de sus estudios en máquinas terminas la importancia de los procesos de conversión y como a partir de estos se puede solucionar el problema de eficiencia en máquinas que estaba trabajando.

A partir de esto Kuhn organiza a cuatro físicos que en la época logran estructurar las bases para el principio de conservación de energía y la infraestructura cuantitativa del mismo, Mayer, Joule, Coulding y Helmholtz. Siguiendo el planteamiento propuesto por Kuhn para la época y los cuatro autores que son los precursores en la infraestructura cuantitativa y en los factores de orden teórico para el desarrollo del principio de conservación de energía, se centra este trabajo en dos de estos que presentan un gran interés, teniendo en cuenta no solo la controversia que se generó debido a las posturas de cada uno de estos y el reconocimiento o no del trabajo del otro por parte de cada uno, sino como ejemplos claros de lo que Kuhn caracteriza como descubrimiento simultáneo y como a partir de diferentes formas de entender los fenómenos comunes que eran de interés en el desarrollo científico de la época llegaron por caminos totalmente diferentes a este principio. Aquí se presentarán de manera estructurada no solo los planteamientos de orden metafísico que llevo a considerar a Julius Roger von Mayer y James Prescott Joule la importancia en la caracterización de lo que en la actualidad se llama energía, sino diferentes factores de orden fenomenológico que ayudaron a nutrir el pensamiento de cada uno de estos para el desarrollo del principio de conservación de energía.

3.2) Controversia⁸

James Prescott Joule (1818 – 1888)⁹ físico inglés reconocido por su gran trabajo en electromagnetismo y termodinámica y uno de los precursores de la conservación de la energía, proveniente de una familia adinerada inicia sus estudios en casa con su hermano, comenzando con matemática primaria, filosofía natural y algunas clases de química, impartidas por John Dalton, que entonces tenía unos setenta años. Posteriormente concluye sus estudios en la universidad de Manchester.

Julius Roger von Mayer (1814-1878)¹⁰ médico alemán por su parte educado en las ciencias humanas y de la salud recibió su título en medicina en 1858, aunque este presentaba gran interés en problemas y planteamientos dedicados a la filosofía natural, el hecho de pensar que un médico se encuentre interesado por este tipo de problemáticas no es algo extraño ya que fueron estos mismos estudios en medicina que llevaron a Mayer a entender la conservación y transformación en ciertos procesos metabólicos que después pudo configurar en fenómenos físicos de interés. *“Eso puede parecer extraño, pero Helmholtz, otro médico que ayudó a desarrollar la ley de la conservación de la energía, aclara este punto: “A primera vista, parece muy notable y curioso que incluso los*

⁸ Aunque no hay un consenso en si es una controversia o no, ya que también se puede tomar como una discusión histórica, se plantea como controversia siguiendo lo planteado por Roberto De A. Martins, teniendo en cuenta que se genera una discusión entre Mayer y Joule lo cual lleva a argumentar cada uno de los trabajos realizados, así como a un grupo de científicos a tomar partida en la discusión como lo fueron Helmholtz, Calding, Kelvin entre otros, aunque tampoco se encuentra un consenso en quien desarrollo primero la idea del principio de conservación, la controversia es una categoría histórica que permite dar cuenta del proceso de producción del conocimiento en la ciencia

⁹ Parte de la bibliografía de Joule es tomada de revista de Ciência Elementar vol. 2. N 4. 2014

¹⁰ Aunque gran parte de la bibliografía de la biografía de Mayer es tomada de Cadernos de História e Filosofia da Ciência escrita por Roberto De A. Martins, se permite hacer una traducción libre de este texto, así como una interpretación y comentarios por parte del autor de este trabajo

fisiólogos pudieran llegar a tal ley natural. Parece más natural que ella fuera detecta por filósofos naturales o ingenieros como lo fue en Inglaterra: pero existe, realmente, una íntima conexión entre las cuestiones fundamentales de la ingeniería y las cuestiones fundamentales de la fisiología con la conservación de la energía” (Martins, 2018)

Aunque el principio de conservación de energía es un eje transversal en el estudio de diversas ciencias y su fenomenología puede ser abarcada no solo desde el campo de la física, no se puede desligar la problemática que sufrió Mayer en la época, así como la controversia que se vivió con Joule. Mayer después de realizar sus estudios en la sangre de la población en su viaje por Europa y parte de Asia, los cuales permitieron que llegara a considerar el principio de conservación e interesado por publicar las conclusiones obtenidas a partir de este, decide el 16 de junio de 1841 enviar a la editorial de la revista *Annalen der Physik und Chemie*, su primer trabajo "Über quantitative und qualitative Bestimmung der Kräfte" ("Sobre la determinación cuantitativa y cualitativa "fuerzas"). Aunque este trabajo no fue recibido debido a que el editor consideraba que Mayer tenía graves problemas conceptuales, Mayer decide mejorar en estos conceptos y decide enviar el artículo esta vez a la revista *Annalen der Chemie und Pharmacie*, donde deciden publicarlo un año después en 1842.

Este trabajo no tuvo gran repercusión en el mundo científico y tiempo después hace unas mejoras al mismo, el cual no fue publicado por ninguna revista científica de la época, así Mayer toma la decisión de imprimirlo por su cuenta, así como dos trabajos más en 1848 sobre la producción de calor solar y otro en 1851.

El contexto en el que Mayer realiza su trabajo evidencia la poca importancia que se le presta a este por parte de la comunidad científica mediada por los físicos, dentro de lo dicho anteriormente un suceso en esta época abarca gran importancia y es el caso de controversia que se evidencia entre Joule y Mayer, debido a que el trabajo donde Joule habla con respecto al principio de conservación de energía es publicado en 1843, año siguiente al publicado por Mayer.

Cabe resaltar que los objetos de estudio de cada uno tenían un contexto diferente, ya que Mayer hace presuntos un poco más filosóficos o lo que Kuhn denomina metafísicos¹¹ con los cuales pretende dar explicación a la energía de manera causal y Joule por su parte con un interés más enfocado al problema de la máquina de vapor o el interés por las maquinas como lo describe Kuhn, llegan a un punto de convergencia al momento de caracterizar los procesos de conversión. Tenemos en cuenta que, aunque estos dos personajes hablen de la conversión en procesos también llegan por caminos diferentes, Mayer un poco más interesado por la transformación del calor en trabajo y Joule interesado por lo inverso, la transformación del trabajo en calor.

¹¹ Revisar pie de página 2.

El mismo año en que Mayer se encuentra realizando su segunda publicación, Joule por su cuenta publica un artículo donde estudia las variaciones de temperatura y publica su primera descripción del famoso experimento de agitación de agua a través de palas, aunque es hasta 1847 que obtiene valores que son consistentes y decide publicar sus resultados y conclusiones en ese mismo año describe el principio general de conservación, es en este cuando Oxford le pide a Joule presentar una versión verbal de sus experimentos para la reunión de British Association for the Advancement of Science en la cual se encontraba Willian Thomson (lord Kelvin) quien apoyo la investigación realizada por Joule.

Mayer al conocer lo publicado por Joule dirige una carta de indignación a la editorial en donde objeta que él había llegado primero a establecer la transformación del movimiento en calor y calculado así el equivalente mecánico del calor, a lo cual Joule responde con otra carta objetando con los trabajos realizados en 1841. *“Pero en los trabajos, en que Joule estudiaba ciertas propiedades de las reacciones químicas, no había ningún enunciado de la ley de conservación de energía, en toda su generalidad, ni cualquier evaluación equivalente mecánico del calor*¹², esto llevo a una serie de cartas en las cuales cada uno exponía de manera clara que factores fueron importantes para sus consideraciones del principio de conservación, así como la rigurosidad de sus cálculos.

La controversia, aunque propiamente se centraba en Joule y Mayer, gran parte de la comunidad científica tomo partida dentro de la misma, caso tal en Inglaterra Tait y Kelvin tomaron la defensa de Joule y Tyndall la de Mayer. La controversia vuelve a tomar importancia cuando una carta de Mayer dirigida a Tyndall se publica en parte y expone que Joule no había contestado a su última carta dando a entender que el trabajo realizado por él no tenía base ni concordancia, a lo cual Joule responde que Mayer mintió al decir que se basó en trabajos propuestos por Gay-Lussac: *“No fui capaz de consultar el primer volumen de las memorias d’Arcueil, que contiene la descripción de la experiencia de Gay-Lussac; pero es seguro que su resultado, según lo descrito por el Sr. Mayer, no fue acogido o recordado por el mundo científico, de tal forma que Regnault y yo mismo fuimos considerados por los demás. Y nos consideramos. Los investigadores originales de este asunto. Además, se puede percibir a partir de los trabajos del sr. Mayer que él no sabía nada de esta experiencia de Gay-Lussac al escribir su famosa memoria de 1842.”*¹³

Mayer con una depresión por el poco reconocimiento al trabajo de su vida se intenta suicidar y posteriormente es internado en un asilo, muriendo en 1878 sin reconocimiento alguno por la comunidad científica.

Esta controversia entre Joule y Mayer, aunque con un desenlace no muy bueno para Mayer, permite un estudio en cuanto a el contexto en el cual se desarrollaron las ideas de

¹² Esta aclaración la hace el autor del artículo, Roberto de A. Martins, evidenciando que, aunque Joule utiliza estos estudios como base para su principio en ninguno de ellos se encuentra alguna consideración del mismo.

¹³ Traducción libre de Cadernos de História e Filosofia da Ciência escrita por Roberto De A. Martins

cada uno, como ya se dijo Mayer un poco más interesado por la metafísica y los procesos de conversión ayuda a la infraestructura cuantitativa de la misma.

3.3) Análisis de Mayer

Para Mayer se proponer el estudio de dos de sus artículos “on the forces of inorganic nature” y “the motions of organisms and their relation to metabolism”, por su parte el primero es el artículo donde caracteriza las “fuerzas”¹⁴, un artículo dedicado un poco más al fenómeno y a la metafísica, y el segundo el cual está enfocado un poco más a el equivalente mecánico del calor a partir de su experiencia en el estudio ya enunciado de la sangre en su viaje.

El primer artículo se caracteriza en algo que Kuhn pone como un factor de orden teórico para el concepto de conservación de energía y es el estudio como tal de la filosofía natural y el planteamiento metafísico de la misma a partir de ese concepto “fuerza metafísica” que para la época es fundamental e indestructible, en esta categoría Kuhn pone a físicos como Colding, helmholtz, Liebig, Mohr, Seguin y al mismo Mayer.

Como lo recalca Kuhn, aunque el problema de la conservación de energía nace a partir de un problema de ingeniería, como lo es las maquinas terminas, existe una consideración de pensamiento que está a la base y es ¿Dónde surge la idea de los fenómenos de conversión y su trasfondo causal?, dentro de la reflexión que propone Kuhn y que sirve como guía para entender el trabajo desarrollado por Mayer se resaltan las siguientes:

- Existe una fuerza en la naturaleza que es inalterable en términos cualitativos, pensamiento propuesto por Mohr
- Una sola e indestructible fuerza es la raíz de todos los fenómenos naturales, consideración que ya se había postulado gracias a la conservación de la vis viva. “la vis nunca desaparece, cierto es que puede dar la impresión de haberse perdido, pero si uno sabe buscarla, puede descubrirla siempre de nuevo por sus efectos”
- La relación de los fenómenos de conversión, como los fenómenos eléctricos a mecánicos nacieron más de un carácter filosófico, con respecto a lo ya enunciado una fuerza general e indestructible, esto permite conectar dos factores que para Kuhn son importantes en el descubrimiento del principio de conservación y es la metafísica y la disponibilidad de los procesos de conversión

“On the force of inorganic nature” y “the motions of organisms and their relation to metabolism”, Mayer recalca la importancia de entender la causalidad existente en las fuerzas (energía) y su conservación, así como transformación, dejando una primera parte para explicar en términos generales lo que es la causa, entendiendo que la causa, aunque no es un término propiamente de la física es de gran importancia dentro de la misma, desde la descripción de las cuatro causas propuesta por Aristóteles se ha tenido en cuenta

¹⁴ El termino fuerza en los artículos es asociado al concepto moderno de energía, dada las descripciones expuestas tanto en el trabajo de Mayer como las consideraciones que se proponen en el análisis propuesto por R. Bruce Lindsay en ENERGY: Historical Development of the Concept.

estas categorías en el estudio de las ciencias y como la causa llamada material y formal son en cierta manera objeto de estudio en la física de la época. No toca dejar de lado que este término de causa, aunque es filosófico y se ha venido estudiando en el transcurso del desarrollo de la física es el que ha permitido el mismo desarrollo de las ciencias y sigue siendo un concepto de gran interés en la filosofía de la ciencia actual.

Mayer comienza a estructurar su artículo a partir del interrogante ¿Qué debemos entender por las fuerzas (energía) y como se relacionan entre sí?; Mayer caracteriza dos componentes importantes en los cuerpos para poder entender la pregunta, el primero le da el nombre de materia la cual se encuentra relacionada con el peso y volumen y que caracteriza como propiedades definidas, que pueden ser llamadas causas pero con propiedades que son ponderables como el peso e impenetrabilidad como la materia, por otro lado tenemos la fuerza que es lo desconocido e imponderable, indestructible y transformable, para Mayer es de vital importancia entender esta última causa que es la desconocida y con la cual el lleva a considerar la conservación de la misma para explicar los fenómenos de conversión.

Las fuerzas son causas, a partir de esta consideración Mayer aporta algo importante y es que siendo causas estas se estructuran a partir de un principio fundamental: la causa es igual a su efecto, esto lleva también a considerar que ningún efecto puede ser igual a 0 y que estos efectos pueden ser causas de otro efecto, ya que ningún efecto puede existir por sí solo, esto lleva a Mayer a caracterizar las causas de la siguiente manera:

- Si la causa **c** es igual al efecto **e**, entonces **c** se ha convertido en **e**.
- Si después de la producción de **e** una parte de **c** queda, esta es el efecto de otra causa **f**.
- El efecto total de **c** no puede sobrepasar a el efecto **e**, ya que **c** es la causa de **e** y **e** puede ser la causa de otro efecto **f**.

Las causas son constantes y como son causas de otras los efectos no pueden existir por sí solos, aparte estas tienen la capacidad de asumir diferentes formas, entendiendo así que el efecto total que produce una causa no podría entonces sobrepasar los efectos por separados de la misma, si el efecto total de **c** sobrepasa o bien solo un efecto como **e**, o sus efectos como **e** y **f**, o bien no se está midiendo otro efecto que produce **c** o alguno de los efectos **e** o **f** no corresponde a **c**.

A partir de las anteriores consideraciones Mayer proporciona a grandes rasgos una definición de lo que para él representa la energía o lo que él denomina como fuerza, entendida está a partir del concepto de causa y efecto, dejando claro que considera tanto la conservación de la misma y la transformación, ya que parte importante de la explicación entorno a estas deriva de que el efecto producto de una causa aunque en fenómeno podría o no ser el mismo, en cantidad tiene que ser equivalente y permite ver que para él es importante los fenómenos de convertibilidad que se presentan en la naturaleza, *“en este sentido fuerza para Mayer es una entidad que solo es posible de ser*

identificada y definida en relación a la convertibilidad de fenómenos” (Ayala, Malagón, García, Gómez, & Romero, 1999)

Mayer a partir de estas consideraciones de la energía entendida como causa se propone explicar cómo esta configura el movimiento de un objeto, específicamente un objeto en caída libre, proponiendo que *“una causa que provoca el aumento de peso¹⁵ es la fuerza”* (Lindsay, 1975) y el efecto es el mismo peso elevado, que también es una fuerza.

Es importante aclarar acá, que para Mayer la configuración espacial de un objeto con respecto a otro es de suma importancia para poder entender cómo actúa una causa o como se evidencia el efecto, consideración importante para entender cómo actúa la energía potencial que es la que configura la caída del objeto, aunque propiamente Mayer en el artículo no presenta una ecuación para la fuerza de caída (energía potencial en términos modernos) , la interpretación de la misma se puede presentar si uno reconoce que no hace ninguna distinción entre el termino peso o masa.

La separación espacial de los objetos entonces, representa una energía y es gracias a el desgaste o transformación de esta que el movimiento puede existir, entonces existe una relación entre la fuerza de caída y el movimiento, esto quiere decir que el efecto de la fuerza en si es el movimiento, también se puede interpretar en el caso contrario donde un objeto que se encuentra en reposo en el suelo no posee en si una energía establecida, pero este adquiere energía a medida que se eleva del suelo, entendiendo así que el desplazamiento pasa a ser una causa y el efecto el movimiento que se produce, aunque la energía se presente en diferentes formas es una representación del mismo ente.

Para Mayer parte importante de la mecánica de la época es encontrar las relaciones entre las causas, estableciendo así las ecuaciones que conecten la fuerza de caída con el movimiento y así entre los movimientos en general, Mayer decide entonces escribir e interpretar esta relación a partir de lo expresado como causa y como estas afectan al objeto, para él la configuración espacial se vuelve importante en cuanto gracias a esta es que el objeto adquiere una energía, caracterizando así que la fuerza de caída (u) es directamente proporcional a la masa (m) y el desplazamiento (d) del mismo, $u = md$, R. Bruce Lindsay hace una aclaración con respecto a la ecuación que establece Mayer, como ya se ha dicho (para él la masa y el peso son términos similares) por ende Lindsay hace una aproximación de la ecuación $u = md$ donde $m = mg \rightarrow u = mgd$, la cual es la utilizada actualmente y describe la energía potencial (Lindsay, 1975), la ecuación para la fuerza de caída muestra como Mayer establece así la relación entre la causa que es la fuerza y el movimiento que es el efecto, consideración que más adelante usa para encontrar el equivalente térmico.

Así mismo caracteriza lo que para él es la mecánica y cuál es el problema con respecto al estudio de esta, para Mayer *“La mecánica, por así decirlo, anatomiza o diseña los objetos*

¹⁵ Mayer no hace una distinción propia entre peso y masa

naturales con los que trata mediante abstracciones empujadas lo más posible hasta que correspondan a los números en su análisis matemático y se contenta con poder responder a las preguntas que plantea con agudezas y precisión matemática admirables” (Lindsay, 1975), aunque para Mayer es admirable como se genera un estudio de los fenómenos por medio de abstracciones de la misma, encuentra dentro de esto un problema y es como estas a pesar de encontrarse relacionadas con la realidad se pueden considerar tan cercanas a la misma, o sea, como ese modelo planteado es tan conciso que nos da cuenta de la realidad y como esta no sobrepasa el límite del dominio de la ciencia, así como los conceptos y objetos que muchos casos se utilizan dentro de la mecánica son impulsados por otras ciencias.

El problema del estudio de la mecánica en la física radica en la poca importancia que esta maneja en abstracciones que en muchos casos, aunque ayudan a explicar ciertos tipos de fenómenos, se encuentran lejos de la realidad, lo que lleva los problemas que se viven con respecto a los conceptos y objetos entre la física y la vida real, esto ayuda a entender la importancia que le da Mayer al concepto de causa de una manera metafísica, sino también, a como este concepto que es abstracto se puede entender a partir de fenómenos.

A partir de estas consideraciones se comienza a hacer una exposición de los problemas mecánicos y físicos relevantes dejando claro primero de manera sintética lo ya expuesto, como la causas y la “fuerza” o energía en el caso moderno se asocian:

- Un movimiento nunca surge por sí mismo “ex nihilo nil fit”
- “fuerza” es una entidad que a través de su gasto produce movimiento, la cual es indestructible ya que es una causa “ex nihilo nil fit. Nil fit as nihilum”
- El efecto es igual a la causa, la “fuerza” es y sigue siendo “fuerza”, esto demarca una inmutabilidad cuántica (invariancia)

Ahora bien, Mayer expresa como la fuerza de caída se transforma o es causa de un efecto que es el movimiento, pero ahora la consideración de ¿Qué pasa en esos sistemas donde el movimiento se detiene sin producir otro diferente?, entendiendo que ninguna causa puede dejar de existir sin producir un efecto donde el efecto c no puede ser igual a 0, en ese orden de ideas surgen dos preguntas ¿es el movimiento la causa del calor?, ¿el movimiento no tuvo otro efecto que la aparición del calor y no tiene el calor otra causa que el cese del movimiento?¹⁶, estas preguntas permiten evidenciar dos cosas importantes en el pensamiento de Mayer y el trasfondo de la época, la importancia que él encuentra en caracterizar una entidad la cual sea constante y caracterice el movimiento a partir de un concepto ya mencionado como la causa que a su vez es transformable en diferentes efectos, pensamiento que destaca la cercanía del pensamiento de Mayer a el trabajo realizado por Leibniz y la conservación de la vis viva, con respecto a las causas y en el tratamiento que da a las ecuaciones en lo anterior mostrado, y como a partir de esto se puede entender y relacionar los fenómenos de conversión, que aunque ya eran conocidos en la época poco fue el estudio que se les había dado antes de esta.

¹⁶ Traducción textual de las preguntas en el texto de R. Bruce Lindsay en ENERGY: Historical Development of the Concept.

Kuhn caracteriza que los fenómenos de conversión se comienzan a estudiar aproximadamente en 1830 donde se comienzan a considerar de la misma categoría que los procesos de conversión, *“esto llevo a considerar en la época unir diferentes disciplinas de la ciencia para poder caracterizar los fenómenos observados en laboratorios... generando una red de conexión de los fenómenos de la misma”* (Kuhn, 1996), esto nos permite entender como a pesar de que Mayer tenía de profesión base la medicina se interesaba por la caracterización de los fenómenos dentro de la física ya que en la época estos eran de gran interés por diferentes ramas de la ciencia, como también ya se enuncio es el caso de Helmholtz, aunque esto demuestra la importancia de una red de conexión como lo describe Kuhn también en gran medida fue uno de los problemas dentro de la controversia de Mayer y Joule que como ya se mostró al primero de estos no se le reconoció en cuanto se consideraba que no tenía los suficientes conocimientos para llegar al principio de conservación por ser médico.

Mayer, aunque con pocos estudios en física e ingeniería comienza indagarse sobre cómo se da la transformación de la fuerza de caída o el movimiento en calor o del calor en movimiento, representado por dos experiencias que dan cuenta de la conexión que el denota natural entre estas, la primera asociada más a partículas pequeñas donde el calor aparece si estas partículas se acercan, la compresión produce calor; la segunda asociada más a cuerpos grandes donde la caída de un cuerpo está relacionada con el calor producido y este debe ser exactamente proporcional a la magnitud del peso y su distancia de la superficie.

La primera experiencia presenta el calor como un resultado del movimiento en la medida que este se da por la disminución del volumen de un fluido y de esta misma manera desaparece en cuanto sucede el caso contrario, expansión del volumen; así mismo asocia la segunda experiencia con respecto al cese del movimiento que causa del calor de igual forma el calor desaparece si comienza a aparecer efectos del movimiento. La segunda experiencia también se puede incorporar al significado moderno que se maneja para el trabajo y la consideración de peso, aunque en la época el concepto de trabajo no se había establecido y como en el caso de Mayer la diferencia entre el concepto de peso y masa se daba para el mismo uso, es de gran importancia como se asocia una magnitud que es proporcional al peso y a su distancia ya que a partir de esta Mayer encuentra la relación mecánica del calor y también presenta este pensamiento como uno de los precursores del concepto del trabajo. Como lo enuncia Kuhn, aunque el concepto de trabajo no estaba formalmente establecido se puede rastrear las ideas de este desde la vis viva, llegando al rendimiento mecánico de las maquinas los cuales son factores de importancia conceptual y se presenta de gran importancia para el principio de conservación de energía.

De esta manera Mayer expone como a partir de entender el movimiento de la caída de los cuerpos estos se pueden asociar a un calor y permite ver la relación entre energías, así como el equivalente mecánico del calor ejemplificando esto en tres puntos.

1. EL MOVIMIENTO ES ENERGÍA - Cuando una masa en movimiento se encuentra con una en reposo, esta última se pone en movimiento, mientras que la primera pierde algo en su movimiento.

Para Mayer la energía cinética del sistema o lo que llama la fuerza, es la vis viva y es la que define el sistema en sus colisiones evidenciando así el transporte de la energía de un cuerpo a otro, siendo la vis viva una magnitud que se conserva en el sistema, tanto al comienzo donde una masa se encuentra en movimiento como al final que las dos se pueden mover.

2. ENERGÍA EN LA CAÍDA DE UN CUERPO - Una masa en reposo a cualquier distancia arbitraria sobre una superficie de la tierra y luego liberada se pondrá inmediatamente en movimiento y alcanzará el suelo con una velocidad fácilmente calculable

La pregunta con respecto a este sistema se encuentra en la representación de la energía que pone en movimiento la masa y en la transformación de esta cuando llega al suelo, ¿Qué es esta última energía?

Mayer plantea el sistema en dos momentos el primero viendo que pasa cuando el cuerpo se suelta desde una altura determinada y el segundo a partir del lanzamiento del mismo cuerpo de manera vertical a la misma altura, si la masa (m) del cuerpo es de 1 libra (lb) y se encuentra en reposo a 15 pies (ft) del suelo procede a calcular cual es la velocidad final del objeto.

$$m = 1 \text{ lb} = 500 \text{ g}$$

$1 \text{ ft} = 32,484 \text{ cm} = 0.324 \text{ m}$ en unidades de Mayer¹⁷, la altura y la gravedad se dejan en término de las unidades que usaba Mayer con el propósito de interpretar los resultados que obtuvo

$$h = 15 \text{ ft} \approx 4.86 \text{ m}$$

$$v_o = 0 \frac{m}{s}, \quad g = 9,8 \frac{m}{s^2} \approx 30,246 \frac{ft}{s^2}$$

$$v = \sqrt{2gh} \rightarrow v = \sqrt{2 \left(30,246 \frac{ft}{s^2} \right) (15 \text{ ft})} \rightarrow v = \sqrt{907,38 \frac{ft^2}{s^2}}$$

$$v = 30,122 \frac{ft}{s} \approx 9,759 \frac{m}{s}$$

Ahora Mayer determina que el comportamiento del cuerpo si este es lanzado de manera vertical con una velocidad inicial de 30 pies por segundo para que este alcance una altura de 15 pies

$$h = 15 \text{ ft} \approx 4.86 \text{ m}$$

$$v_o = 30 \frac{ft}{s} \approx 9,72 \frac{m}{s}, \quad g = 9,8 \frac{m}{s^2} \approx 30,246 \frac{ft}{s^2}$$

¹⁷ Esta unidad se encuentra en el texto de R. Bruce Lindsay en ENERGY: Historical Development of the Concept.

$$h = \frac{v_0^2}{2g} \rightarrow h = \frac{(30 \frac{ft}{s})^2}{2(30,246 \frac{ft}{s^2})} \rightarrow h = 14.878 ft \approx 4.82 m$$

Mayer deduce que si el cuerpo cae perdiendo altura existe una ganancia de velocidad por ende si la fuerza de caída está relacionada con la altura del cuerpo, como ya se propuso, y esta decrece la fuerza lo hará de igual manera garantizando así que su velocidad incremente y de igual manera su energía cinética o movimiento, esto se ve relacionado con las equivalencias de altura y velocidad los cuales están relacionados con la energía cinética y potencial del sistema que encuentra en los cálculos anteriores¹⁸ deduciendo así que el aumento en la altura de la masa es la misma causa de la caída.

3. ENERGÍA EN FORMA DE CALOR – el calor como forma de energía se puede transformar en movimiento

Suponiendo 1 pulgada cubica de aire a 0° y una presión de 27 pulgadas de mercurio (condiciones estándar) se calienta una cantidad de calor x a un volumen constante a 274°, cuando se permite que este gas se expanda a un espacio del mismo volumen, aun conservara la temperatura de 274°, esto se sabía en la época por el trabajo de Gay-Lussac donde un fluido elástico experimentaba un cambio de volumen pasándolo de un espacio a otro y no varía su temperatura. Ahora si se considera 1 pulgada cubica de aire que se calienta de 0° a 274° ahora a presión constante, a 27 pulgadas de mercurio, en este caso se requiere una mayor cantidad de calor expresada como $x + y$, ya que en este caso ahora hay un efecto por parte del proceso isobárico.

Entonces Mayer propone un experimento para determinar el equivalente mecánico del calor a partir de la expansión de un fluido y las variaciones de altura que se producen en el mismo a partir del trabajo propuesto por Gay-Lussac, así como del concepto de energía potencial actual¹⁹ para Mayer es igual a $y = Ph$, donde y es energía, P el peso del cuerpo y h la altura, actualmente es $U = mgh$. Entonces se tiene 1 cm^3 de aire a 0° y 0.76 metros de presión barométrica, la masa de este es de 0.0013 g , si se calienta a 1°, el aire se expande en $1/274$ partes de su volumen y eleva una columna de mercurio de 1 cm^2 de sección transversal y 76 cm de alto por $1/274$ m , el peso de la columna es de 1033 g

Mayer calcula la cantidad de calor que absorbe el aire cuando se eleva un grado la temperatura (0°- 1°) a presión constante: $0.0013 * 0.267 = 0.000347$ donde 0.267 es el calor específico del agua el cual fue tomado del trabajo de Delaroche y Berard, con esto Mayer utiliza el trabajo de Dulong donde la cantidad de calor absorbido para elevar la

¹⁸ Aunque la diferencia entre las alturas obtenidas al interpretar de manera matemática lo descrito por Mayer es de pocos decimales, altura y velocidad de 0.122, esto se debe a los decimales utilizados en cada uno de los cálculos y la velocidad de 30 pies por segundo tomado por Mayer como aproximado a la misma

¹⁹ En la época, aunque este concepto propiamente no estaba estructurado, se conocía como un esfuerzo o “fuerza” hecha por la gravedad

temperatura un grado en un proceso isocórico está relacionado con el del proceso isobárico en la razón 1: 1.421 , entonces $0.000347/1.421 = 0.000244$

Donde $x + y = 0.000347$ es el calor absorbido en el proceso isobárico, por ende x es la cantidad de calor para elevar la temperatura y y es el necesario para producir el trabajo, teniendo $x = 0.000244$ como el calor absorbido en el proceso isocórico, entonces:

$$(x + y) - x = y \rightarrow 0.000347 - 0.000244 = y$$

$y = 0.000103$ unidades de calor (cal), al gasto debido de este es que 1033 g de mercurio se elevan $1/274 \text{ cm} \approx 3.65 * 10^{-5} \text{ m}$, por lo tanto 1 unidad de calor es equivalente a elevar 367 m 1 g, Mayer toma un aproximado equivalente de 3.59 J a 1 caloría

$$u = 1.033 \text{ kg} (9.8 \text{ m/s}^2)(3.65 * 10^{-5} \text{ m}) = 3.7 * 10^{-4} \text{ J}$$

$$\frac{3.7 * 10^{-4} \text{ J}}{3.59 \text{ J}} = 1.03 * 10^{-4} \text{ cal}$$

$$y = 0.000103 = 1.03 * 10^{-4} \text{ cal}$$

De esta manera Mayer encuentra el equivalente entre la energía potencial o trabajo y la cantidad de calor y a partir de la expansión del gas, teniendo en cuenta que el propósito de Mayer era encontrar el equivalente de calor en consideraciones de movimiento, por ende, la cantidad y tanto para la expansión del gas como la energía potencial tiene que ser la misma como se obtuvo en los cálculos anteriores

3.4) Análisis de Joule

Joule, tuvo un acercamiento al principio de conservación de energía por medio de consideraciones totalmente diferentes a los de Mayer, como ya se ha visto enfocado un poco más a los trabajos con máquinas térmicas y a lo propuesto por ingenieros del vapor destaca en su gran desempeño en medidas realizadas en su trabajo expuesto en “on the calorific effects of Magneto-Electricity, and on the Mechanical Value of Heat”, donde plantea un equivalente mecánico del calor por medio de fenómenos tanto eléctricos como térmicos.

Aunque el trabajo realizado por Joule con respecto a las máquinas es de gran importancia, la reflexión que se dispone a continuación es con respecto al pensamiento y consideraciones que lleva a pensar una entidad que se conserva y se transforma, teniendo en cuenta que es a partir de estas consideraciones que se genera la defensa en la controversia que se desarrolla con Mayer y expuestas en revistas filosóficas como en diferentes debates que tiene con académicos en Cambridge.

En “on Matter, living Force, and Heat” un artículo presentado a la asociación literaria y filosófica de Manchester, Joule refleja las principales consideraciones metafísicas las cuales tienen como base el dotar de propiedades a la materia o los cuerpos donde se

encuentran dos de gran importancia, la impermeabilidad y la extensión de la materia, Joule aunque resalta estas como propiedades que ayudan a entender el comportamiento de los cuerpos es enfático en aclarar que no son el significado propio de la materia.

Por extensión se entiende como el espacio que ocupa ese cuerpo y por impermeabilidad a la propiedad de los cuerpos de no ocupar el espacio de otro, si los cuerpos están dotados de la primera propiedad es una característica importante de estos el espacio por ende la segunda propiedad se vuelve considerable, dos cuerpos por ende no pueden ocupar el mismo espacio.

Estas propiedades de la materia no son las únicas que permiten caracterizar lo que es en sí la materia, ya que esta se encuentra dotada de más propiedades que ayudan a identificar los cuerpos entre sí, dentro de estas se encuentran la atracción gravitacional, las fuerzas eléctricas y la inercia. Con respecto a la primera Joule considera que esta fuerza gravitatoria o el peso de gravedad es directamente proporcional a la masa, esta consideración que Joule tiene en cuenta para formalizar sus experimentos también hace parte del pensamiento de la época, ya que es esta misma utilizada por Mayer y es a partir de este pensamiento que se comienza a establecer la idea de trabajo y energía potencial.

Con respecto a la última, la inercia, Joule la caracteriza como la perseverancia en cualquier condición, sea que se encuentre en reposo o en cualquier movimiento que se ha colocado esta va a tender a encontrarse en el mismo estado, la consecuencia entonces de esta propiedad es la pasividad o la incapacidad de cambiar su estado de manera esporádica, está dotando así al cambio de movimiento a una causa que no se puede perder, sino que se transforma en el movimiento en si en algún otro efecto y esta consideración no es solo la que genera el movimiento es esta entidad en sí misma la que genera que el movimiento cese, es necesario otra causa para que el efecto en si sea detener el movimiento.

Para Joule la fuerza expansiva o fuerza viva que es la causa de los movimientos se encuentra ligada entonces al movimiento como tal, es transportada por el cuerpo en cada uno de sus estados y puede ser transformada en algún efecto diferente como puede ser el movimiento producto de alzar un cuerpo a cierta altura, entonces esta fuerza viva puede tener un equivalente en fuerza gravitacional o en sentido contrario, dentro de esto hace dos consideraciones de que es la fuerza viva y cómo medirla, la primera con respecto al termino vivo ya que aclara que ninguna fuerza como tal se encuentran en virtud de vida, la distinción de este nombre se da más con lo ya dicho, una fuerza que permanece en el movimiento del cuerpo como tal, entendiendo que esta es una característica del cuerpo y propia característica ya descrita en la época a partir del pensamiento de Leibniz.

La segunda también abstraída del mismo Leibniz nos dice que está siendo fuerza y ligada al cuerpo está regulada tanto por su peso²⁰ como por la velocidad del mismo, aunque esta fuerza es proporcional al peso del cuerpo queriendo decir que si un cuerpo tiene el doble de masa que el primero su fuerza viva es del doble, no pasa exactamente lo mismo con la relación de la fuerza y la velocidad ya que si se tienen tres cuerpos con velocidades de 1, 2 y 3 millas por hora la fuerza viva es proporcional a la multiplicación de ellas mismas entonces la fuerza para cuerpos que tengan la misma masa y las velocidades correspondientes sería de 1, 4 y 9.

Ahora bien, ¿Cómo se puede dotar a un cuerpo de esta fuerza? y ¿Cómo se puede transportar de un cuerpo a otro esta fuerza? para Joule un cuerpo se puede dotar de fuerza viva mediante la acción de la gravedad, si este se aleja cierta distancia de la superficie terrestre cuando se suelta y este llega al suelo este ha ganado fuerza viva que es proporcional al peso y la distancia desde que fue lanzado. Esto quiere decir que hay un equivalente de la fuerza gravitacional a la fuerza viva, si elevamos un cuerpo a cierta altura y lo soltamos lo dotamos de fuerza viva, por ende, si el incremento de la altura es el doble entonces la fuerza viva del que fue dotado es del doble. Esto también es análogo a un sistema con un resorte donde dotamos de energía al resorte comprimiéndolo o expandiéndolo, Joule entiende esta energía como la distancia que se modifica en las partículas que componen al resorte haciendo esta análoga a la fuerza de atracción gravitacional.

Con respecto al transporte Joule plantea un sistema bastante claro y es partir de choques o impactos de otro cuerpo se puede adquirir parte de su fuerza viva, existe entonces un transporte de la misma en la medida que su inercia se ve alterada, ya que para sacar a un cuerpo de sus estados o alterar la propiedad importante del cual el dota al cuerpo se necesita una causa, esa entidad que permite entonces sacar a un cuerpo de su inercia es la fuerza viva transmitida por contacto entre otro cuerpo.

Si esta fuerza viva es una cualidad de la materia o del cuerpo y es propia del mismo, no sería lógico pensar que esta puede desaparecer, destruir o gastar sin una acción equivalente, Joule plantea que si conocemos propiedades de la materia como la inercia o la fuerza gravitacional, entendemos entonces que a la disminución de una o aumento de una debe existir una relación con otra, por ende si la fuerza viva es consumida en cierto punto debe existir un equivalente en acción gravitacional que nos hable de como esta se transformó y no desapareció por acción de la fricción o la colisión con otro cuerpo.

Joule permite ver que los fenómenos naturales están conectados a este principio de conservación, considerando que nuestro planeta es un sujeto dinámico, por ende, las interacciones que se dan en movimientos que son muy conocidos como las corrientes de aire y agua son tanto producto de alguna causa como, así mismo, son una causa de algún

²⁰ Joule tampoco hace una distinción propia del peso y la masa del cuerpo lo que lleva a considerar que tanto el cómo Mayer y en la época como tal estos conceptos eran utilizados de igual forma.

efecto, entiende igual que aunque existe fricción con otros objetos que producen la disipación del movimiento, una idea cercana al concepto actual de trabajo, esta fuerza viva se debe estar transformando en algo, y concluye con una idea que puede ser obvia pero trasciende en entender porque se debe conservar y transformar y es que si esta no lo hiciera cualquier acción dinámica de la tierra se hubiera detenido hace bastante tiempo, lo que la experiencia dice que no sucede.

No obstante, aunque las interacciones dinámicas de nuestro entorno también nos pueden dar la sensación de que esta fuerza viva en los movimientos es destruida se tienen dos consideraciones, la primera es que el efecto de la disipación de la misma se puede dar tiempo después en forma de movimiento y la segunda es con respecto a preguntas que se hace Joule para entender un poco lo que pasa ¿Cuál, entonces, podemos preguntarnos, es la causa de esta aparente anomalía? ¿cómo viene a pasar eso, aunque en casi todos los fenómenos naturales testigos de la disipación del movimiento y la aparente destrucción de la fuerza viva, encontramos que no se ha producido pérdida de fuerza viva?, estas preguntas se pueden reescribir como ¿Cómo se ve reflejado el efecto producto de la causa del cese del movimiento y cuál es la causa del mismo?, teniendo en cuenta que en muchas ocasiones lo que nos brinda la experiencia es que no siempre el movimiento sigue siendo movimiento.

La experiencia entonces es la encargada de darnos la solución a estas preguntas, esta nos muestra que donde la fuerza viva parece destruirse o absorberse se está produciendo un equivalente en calor y que estas transformaciones de las propiedades se dan debido a la fricción, por ende cualquier cuerpo en un estado donde se pueda generar fricción, se está transformando su movimiento en calor y a partir de esta consideración que está a la base se puede decir que para cada cantidad de calor que se produce debe existir un equivalente a la fuerza viva representado por el esfuerzo empleado en el frotamiento de los cuerpos y este principio entonces se vuelve una regla general para cualquier sistema, si el movimiento deja de existir no es que este sea destruido, en cambio, este se ha transformado en un equivalente exacto de calor y tiene que ser equivalente en sentido contrario y estos cambios se dan a través del espacio, la causa entonces del cese del movimiento es la transformación de la energía en otro efecto, esta se produce para el caso de Joule gracias a la fricción del cuerpo con otro.

Joule, aunque explica a partir de esta consideración como funciona la máquina de vapor, entendiéndolo que el calor obtenido a partir de la combustión del carbón es lo que pasa a ser el movimiento del mismo encuentra un posible problema con respecto a la eficiencia de la máquina, ya que el calor absorbido para generar movimiento no es en su totalidad el calor producto por la combustión, este propone entonces un experimento análogo a la máquina térmica y es el motor electromagnético donde la fuerza con la que funciona la máquina es equivalente al calor que se extrae de la batería.

Joule plantea que la atracción de 817 lb que son elevados un espacio de un pie es equivalente y convertible a la fuerza viva que posee un cuerpo del mismo peso que se

mueve con una velocidad de ocho pies por segundos y esta a su vez es la cantidad de calor que puede aumentar la temperatura de una libra de agua a un grado Fahrenheit.

Con estas consideraciones Joule concluye que, así como en una máquina de vapor nosotros podemos calcular la cantidad de calor producida por la combustión del carbón y averiguando de esta forma cuanto de esta se convierte en energía mecánica y casi como es el funcionamiento de la maquina como tal, podemos entender entonces de manera análoga como se dan las corrientes de viento producto por las diferencias de calor en zonas tórridas a las que se dan en zonas templadas y frías y estas corrientes a su vez son las encargadas en gran medida del oleaje en el mar.

También hace referencia en consideraciones importantes de su época, dejando claro que el calor no es como se había postulado, ya que en esta época lo que se entendía por calor era propio de una sustancia, la cual tenía las propiedades enunciadas al comienzo, impenetrabilidad y extensión, pero a partir de las abstracciones del pensamiento de Joule, el calor se puede convertir tanto en fuerza viva como en atracción, se toma entonces que el transporte de calor a nivel microscópico es el mismo transporte en las partículas del cuerpo de la fuerza viva.

A partir de estas consideraciones Joule explica que lo llevó a plantear un experimento donde se pueda tomar el equivalente mecánico del calor que sería la base matemática que daría respuesta al pensamiento expuesto, en palabras de Joule el aparato utilizado para este fin consiste en una rueda de paletas de latón que trabajaba horizontalmente en una lata de agua. El movimiento se podrá comunicar a esta paleta por medio de pesas o poleas.

El experimento consiste entonces en mover las paletas dentro del agua a partir de la caída de los pesos de cuatro libras cada un descendiendo a una velocidad aproximada de un pie por segundo, la altura de estas con respecto al suelo era de doce yardas teniendo en cuenta que este procedimiento de dejar caer los pesos se repitió dieciséis veces seguidas para determinar entonces el equivalente mecánico del calor que produjo el aumento de temperatura en el agua que fue calculado con un termómetro de las más alta precisión para la época, este experimento se repitió nueve veces y otras nueve a partir de otras consideraciones pero con el mismo propósito, concluyendo que la capacidad de calor para una libra de agua que es elevado cada grado por la fricción de las paletas en el agua, es igual a la potencia mecánica necesaria para elevar 890 lb a la altura de un pie. *“Entonces la vis viva en las partículas de una libra de agua a 51° es igual a la vis viva que posee una libra análoga a 50° más la vis viva que se obtendrá de un peso de 815 lb que se deja caer a la altura de un pie”* (Lindsay, 1975)

Teniendo claro un poco más las consideraciones en el pensamiento metafísico que caracteriza tanto a Joule y a Mayer y que son importantes en la época se pueden encontrar puntos de convergencia entre estos dos precursores caracterizados por, las consideraciones que los dos manejaban con respecto al trabajo realizado por Leibniz y la conservación de la vis viva, la idea primitiva del trabajo y la energía potencial para

entender al conservación de la fuerza viva, el principio de conservación que rige a los cuerpos aunque son dotados de la propiedades de los cuerpos no son como tal la definición de los cuerpos y estos se presentan más por consideraciones que Kuhn llama de orden metafísico que presentados de manera tangible en la realidad.

De las dos primeras consideraciones se puede recalcar que éstas, aunque son manejadas tanto por Joule como por Mayer son propias de la época, esto quiere decir que muchos físicos que se encontraban interesados por los mismos fenómenos tenían como base el concepto de conservación de la vis viva o fuerza viva que en los dos precursores es manejada como fuerza viva o de movimiento y un concepto cercano a el trabajo o esfuerzo y energía potencial, cuando caracterizan la causa o efecto del cese o ganancia de la vis viva y la ponen en términos de su peso y la altura a la cual se separa el cuerpo de la superficie, aunque como ya se ha resaltado no se hace una distinción propia en las lecturas de masa y peso la consideran un factor importante en la interacción que produce la gravedad.

De las consideraciones metafísicas, aunque se puede considerar un punto de encuentro entre Mayer y Joule, no representa que los planteamientos sean de maneras exactas, la consideración se enfoca más en el carácter de los dos al considerar un ente que es transformable y conservativo, aunque este también es propio de la época como lo demuestra pensamientos ya expuesto de Faraday y Mohr, y la aproximación de más científicos de la época que expone Kuhn como lo son Helmholtz, Colding.

Estas se vuelven importantes entonces, en cuanto sirvieron de base para entender factores como la importancia de los fenómenos de conversión en el estudio de la mecánica y la explicación del funcionamiento del motor a vapor que era de gran inquietud para los ingenieros de vapor, de estas se resalta entonces una consideración de calor diferente al trabajo en estudios propuestos por Carnot, describiéndolo como una sustancia y como nace la necesidad de pensarse el calor como una forma de energía y propiedad que o bien puede ser considerada como causa del movimiento o como efecto del mismo. Esto hace que el estudio entonces de fenómenos tanto eléctricos como térmicos se vuelvan de suma importancia dentro de las ciencias y postula de esta manera un nuevo pensar en los mismos fenómenos que la mecánica trabajaba. También estas como base del nuevo pensamiento físico y filosófico de la época permiten una estructura más detallada de los axiomas formulados, se vuelve un principio estos cálculos que se realizaban a partir de una base metafísica que agrupa los fenómenos naturales en un mismo pensamiento por medio de una entidad que es común a todas las causas y efectos.

También estos permiten una defensa teórica entre Mayer y Joule en medio de la disputa que se genera entre ellos, ya que es en cuanto a la diferencia en que llegan a estructurar el diseño experimental por medio de estos pensamientos que se evidencia el trasfondo y manejo que da cada uno para llegar a este principio, por su parte Mayer estructura un pensamientos causalista que lo lleva a pensar el experimento del equivalente mecánico del calor a partir de la expansión del gas, como Joule dotando a la materia de

impermeabilidad y extensión para entender de esta manera como la fuerza en el movimiento se transforma así en calor por medio de la fracción y a partir de esto generar el experimentos de calentamiento del agua por medio de paletas que se mueven por acción de una caída libre.

Por su parte Mayer comienza el estudio de manera metafísica, aunque su interés en la física ya era evidente en cuanto relaciona sus trabajos de medicina con esta ciencia, él se da a la tarea de entender por medio de estructuras organizadas de pensamientos como es la organización del principio, tomando como eje central la causa y el efecto, conceptos propios de la filosofía, a partir de propiedades de los cuerpos. Por medio entonces de las consideraciones causalistas y su equivalencia en la estructura de los sistemas que rigen los cuerpos, Mayer pasa a las consideraciones de los problemas de la maquina térmica considerado que a un efecto del calor se da un equivalente de fuerza viva o trabajo (energía cinética y energía potencial).

Joule mientras tanto con un interés primordial en el estudio de las máquinas y unos cálculos aún más pulidos que Mayer por su formación como ingeniero y físico, llega a la equivalencia mecánica del calor por este camino, con un problema de base diferente al de Mayer, en cuanto Joule llega a la equivalencia por medio de encontrar el equivalente del movimiento al calor y Mayer plantea, como ya se dijo, su estudio a partir de encontrar el equivalente en movimiento del calor, ve la necesidad de estructurar una idea metafísica que lleve a entender cómo se dan estos procesos de conversión que evidencia en las diferentes máquinas, sea bien debido al problema de la época con su contraparte o bien por generar un fundamento filosófico de sus conclusiones, teniendo en cuenta que la filosofía natural en la época era de gran importancia.

De esta manera Joule dota a la materia de propiedades, en las cuales se encuentran las fuerzas y aunque el propiamente no habla de una causa y efecto en los distintos movimientos de los cuerpos, identifica la importancia de manejar estos por consideraciones espaciales de los mismos, en el caso de la fuerza gravitacional por medio de la distancia de separación de los cuerpos con la superficie y con respecto al calor entendiendo que este se aproxima a el movimiento y separación de las partículas que componen la materia.

Los dos pensamientos convergen en la importancia de entender que existe una entidad general que se conserva y se presenta en diferentes estados, sea de movimiento o calor y que esta entidad se encuentra durante el movimiento mismo.

Se presenta de esta manera un cuadro comparativo entre Mayer y Joule donde se muestra de manera sintética conceptos y situaciones que llevan a estructurar el principio de conservación de energía a partir de puntos de encuentro y diferencias de los mismos.

MAYER	JOULE
IDEA DE CONVERSIÓN Y TRANSFORMACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> • Existe una fuerza inalterable en términos cualitativos y es esta la base en la dinámica de todos los fenómenos. • El causalismo aun siendo un concepto filosófico, permite en la física explicar propiedades de la fuerza (energía) tales como su conservación y transformación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dota a la materia de propiedades como la impermeabilidad y la extensión, propiedades de los cuerpos de no ocupar el espacio de otro, por ende, dos cuerpos no pueden ocupar el mismo espacio. • Si existen diferentes fuerzas en los cuerpos como la fuerza de caída o acción gravitacional, la fuerza electromagnética y la fuerza viva; estas siendo propiedades de los cuerpos se pueden transformar una en la otra, las propiedades de los cuerpos entonces son comunes a todos.
¿QUÉ DEBEMOS ENTENDER POR LAS FUERZAS (ENERGÍA) Y COMO SE RELACIONAN ENTRE SÍ?	
<p>Existen dos tipos de propiedades de los cuerpos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Materia: como el peso y el volumen que son ponderables e impenetrables. 2. Las fuerzas: tienen características imponderables, indestructibles y transformables. <p>Las fuerzas son causas y se rigen bajo el principio fundamental:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La causa es igual a su efecto. • Ningún efecto puede ser igual a 0. • Los efectos son causas de otros efectos, ningún efecto puede surgir por sí solo. <p>Los efectos pueden asumir diferentes formas, pero estos no pueden sobrepasar a la causa.</p>	<p>Las propiedades variables permiten caracterizar los cuerpos en cada uno de sus estados y diferenciar los fenómenos a partir de estos.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La fuerza gravitatoria o de caída: directamente proporcional a la masa y a la distancia de la superficie terrestre 2. Inercia: perseverancia en cualquier condición. 3. Fuerza viva: causa del movimiento, la cual es transportada por el cuerpo en cada uno de sus estados y transformada en algún efecto diferente. <p>Para Joule cada una de las fuerzas puede transformarse en otra a partir del estado del cuerpo.</p>

Si la fuerza es propia de los cuerpos y es causa de los movimientos o estados del mismo, no sería lógico pensar que esta puede desaparecer o destruir sin una acción equivalente.

ESTUDIO DE LOS FENÓMENOS

- El movimiento de caída libre se vuelve importante para Mayer y Joule ya que existe una relación entre la fuerza de caída y el movimiento, esto quiere decir que el efecto de esta fuerza es el movimiento o en términos actuales a pérdida de altura y energía potencial obtenemos ganancias de velocidad o energía cinética y esta energía potencial se obtiene en el movimiento al levantar el objeto y separarlo de la superficie terrestre.
- La configuración espacial se vuelve importante para entender cómo actúan las causas y estas configuran la energía potencia, trabajo y vis viva.

¿QUÉ PASA EN ESOS SISTEMAS DONDE EL MOVIMIENTO SE DETIENE SIN PRODUCIR OTRO DIFERENTE?

<p>Se produce otro tipo de energía</p> <ul style="list-style-type: none"> • A partir de fluidos, la compresión produce calor. • A partir del movimiento donde la caída de los cuerpos está relacionada con el calor producido y es proporcional a la magnitud del peso y su distancia de la superficie. <p>A partir de estas consideraciones se llega a que el calor es el resultado del movimiento tanto en el trabajo que se realiza a un fluido en su expansión o compresión que es similar al trabajo que se produce para elevar un cuerpo por medio de fenómenos térmicos o el calor producido en el cese del movimiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aunque la fuerza viva parezca destruirse se está produciendo un equivalente en otro fenómeno que no es propiamente movimiento. • Las transformaciones que se dan de la fuerza viva al calor Joule las asocia a interacciones de los cuerpos que producen fricción. • Si existe un equivalente mecánico del calor, el movimiento en su cese por la fricción genera calor, como que el calor a nivel microscópico es el transporte en las partículas del cuerpo de la fuerza viva.
--	--

ENERGÍA EN FORMA DE CALOR

<p>Mayer llega al equivalente mecánico del calor a partir del estudio de fluidos, entendiendo como el movimiento de expansión o compresión de un fluido es equivalente al calor que se suministra al mismo</p>	<p>Joule llega al equivalente mecánico del calor por el estudio de máquinas térmicas y entender como un proceso mecánico o movimiento se transforma en calor</p>
--	--

tabla 1. Cuadro comparativo entre Mayer y Joule. Autoría propia

CAPÍTULO IV

4) REFLEXIONES PEDAGÓGICAS

Las reflexiones que se proponen con respecto al trabajo de Joule y Mayer nacen entonces de las consideraciones de los estudios histórico-críticos, como la importancia de la historia y la filosofía de las ciencias en la enseñanza de la misma y como estos se encuentran organizados bajo los conceptos que fundamentan las ciencias.

Los conceptos estructurantes se vuelven entonces importantes ya que en ellos radican el desarrollo de conceptos por parte del docente y del alumno, teniendo en cuenta el planteamiento que hace Gagliardi Y Giordan, estos ayudarían en la enseñanza de la ciencia organizando o estructurando un concepto previo que se tiene, en ese orden de ideas el concepto de energía tiene un significado en física, pero también, se ha estructurado un concepto en la vida cotidiana del alumno por medio de definiciones generales que se hacen en torno a este. Por ende, el papel del docente es vincular tanto el concepto previo que se tiene de energía, en este caso, y el concepto que se maneja en física, sin dejar a un lado las concepciones previas de los estudiantes ya que estos nacieron del razonamiento del alumno que hace entorno a su realidad y el propósito de la enseñanza no estaría dado por implementar un concepto “verdadero” al estudiante, sino, vincular el concepto desde el lenguaje cotidiano y el lenguaje científico.

La historia nos permite estudiar la física y entenderla como un proceso dinámico, las leyes y los principios que se encuentran a la base el pensamiento físico no se originaron fuera de un contexto social, cultural y político, la importancia que se da a estos conceptos o principios se rigen bajo las problemáticas que se dan en cada época y en la solución que se da a los mismos en cada momento histórico.

Se entiende así que hay conceptos que sirvieron de base para el desarrollo de ciertos pensamientos, que a su vez son bases a teorías, leyes o principios; si se entiende lo anterior la organización metodológica de la clase de física podría tomar otro trasfondo, la historia y todo el problema del pensamiento del desarrollo se puede ver como una herramienta en la cual se tornen los temas de una manera histórica, sugiriendo así como método de estudio el surgimiento de cada uno de los conceptos a tratar para una mejor comprensión de estos por parte del alumno, como ya lo han planteado Gagliardi y Giordan (Gagliardi & Giordan, 1986).

Los conceptos estructurantes permiten no solo una manera de organizar el posible carácter de la clase de física, también permite generar en el estudiante un cambio conceptual, en el caso de la energía, se presenta el concepto estructurante del principio de conservación universal, el cual, permite incorporar nuevos conocimientos en el alumno, como lo es un concepto más amplio sobre lo que ya se entiende por energía y la caracterización y asociación de distintos fenómenos de la física.

La historia de las ciencias permite conocer cuáles fueron los conceptos de gran importancia dentro del desarrollo del conocimiento científico, presentando también el desarrollo de las leyes, principios y teoremas como saberes que se caracterizan por un proceso social, no solo en su desarrollo, sino también en la forma en que se acepta esto como "verdades"; en el caso de la energía, este concepto se genera a partir de un cambio en el estudio de los fenómenos, pasando de una perspectiva newtoniana a centra el pensamiento de Leibnitz y como este da explicación a los problemas de la época, teniendo en cuenta que la energía se vuelve un concepto transversal en las ciencias, se ve como el estudio de este concepto se puede trabajar desde conceptos filosóficos, históricos y físicos y poder encontrar conexiones con otras ramas como la química, biología, entre otros

También, el estudio de la historia de la ciencia permite destacar los periodos en los que el pensamiento humano tuvo una revolución importante, entender así que consideraciones llevan a un grupo social a aceptar un razonamiento como "verdadero" y como los principios y leyes que rigen las ciencias y en este caso la física, son razonamientos aceptados bajo un contexto social, cultural y político en cada una de las épocas, *"la historia de la ciencia podría contribuir así a hacer ver al alumnado como se construye la ciencia. Nos muestra como las teorías científicas cambian a lo largo de la historia, sin que debamos decir que ninguna de ellas es falsa, sino que todas y cada una de ellas son buenas respuestas a las preguntas posibles en cada momento histórico"* (Martínez, Mato, & Repetto)

Con estas consideraciones se permite repensar algunas de las formas en que se tratan los conceptos en la clase de física, lo que lleva consigo, plantear una discusión sobre el conocimiento y sobre los propios conceptos que son base en la enseñanza. También pretende solventar alguna de las problemáticas con que se encuentra el estudiante al momento de su aprendizaje y posterior aplicación de conocimientos.



Gráfico 2. esquema historia de la ciencia. Autoría propia

En el gráfico anterior, se pretende abarcar la importancia de la historia de la ciencia desde cuatro aspectos fundamentales en los cuales se resume el papel de investigador del profesor, la importancia de los conceptos estructurantes y la pertinencia de la discusión de conocimientos, reflexión que se hace entorno a lo que se ha expuesto en los capítulos anteriores.

Los conceptos estructurantes se analizan en los dos siguientes factores: herramienta para definir contenidos y desarrollo de conceptos; ya que estos permiten como ya se citó en el planteamiento del problema y en el primer capítulos anteriores como parte del trabajo de Gagliardi y Giordan, un estudio de orden histórico y epistemológico sobre el desarrollo de la ciencia a partir de ejes transversales, como en este caso el concepto de energía, y llevar estos al contenido de la clase como una posible herramienta que permita solucionar algunas problemáticas que giran en torno a la enseñanza de la ciencia y en específico a el concepto de energía que permite un estudio a profundidad de los diferentes fenómenos de estudio de la física.

La energía entonces como concepto estructurante dentro de la ciencia y en la enseñanza de la física se vuelve importante en cuanto permite al desarrollo en la investigación docente, estructura la enseñanza del conocimiento científico y nos permite ver la transversalidad de conceptos en otras ciencias, partiendo de cuestionamientos filosóficos.

De esta manera se recalcan entonces componentes de orden pedagógico a trabajar en los cursos introductorios de física, para solventar la problemática ya propuesta como lo son:

- El termino de causalidad de gran importancia no solo en la formalización matemática de la física a partir de las simetrías, sino también como componente fundamental en los problemas filosóficos que llevan a considerar cada uno de los estudios que se han desarrollado desde el descubrimiento simultaneo ²¹ del principio de conservación hasta la actualidad.
- Las preguntas problemas que desarrollaron Mayer y Joule a partir de considerar un ente que se tiene que conservar, sirven de guía para el docente en la estructura del principio en el aula y evidencian como este fenómeno es cercano tanto a fenómenos naturales, como a problemas de orden conceptual.
- La controversia entre Joule y Mayer representa una manera de evidenciar la dinámica en la estructura del conocimiento en las ciencias y como esta se vuelve interdisciplinar, entendiendo que las disciplinas que tenían cada uno de los autores, tanto Mayer como Joule eran totalmente diferentes, pero convergen en un mismo concepto.
- Las reflexiones filosóficas permiten evidenciar dos factores de importantes en la enseñanza de la física, primero permite ver que las estructuras matemáticas que en cierta manera parecen tan ajenas a la realidad, se basan en estructuras de pensamiento complejas y presupuestos filosóficos que llevan a generar una base matemática sólida, así como se dan herramientas a los docentes en formación en cuanto se desarrolla un estudio de orden histórico y filosófico.
- Entender la organización que genera la filosofía en la estructura del conocimiento de las ciencias, permite debatir en torno a las diferentes tradiciones que se han dado en la evolución de la misma y el papel que ha jugado cada una de las tradiciones en los conceptos a trabajar en las clases y como este conocimiento se liga entonces a un contexto.

La filosofía de la ciencia, por su parte generaliza los conceptos y su desarrollo a partir de historia y tradiciones, como se desarrolló en las reflexiones del trabajo de Gadamer se evidencia un acercamiento entre factores como son los prejuicios y los conceptos, en donde estos son base importante dentro de la estructura del conocimiento que se desarrolla tanto en la estructura del conocimiento técnico de las ciencias como su enseñanza, de esta manera es importante distinguir que en tanto los prejuicios están marcados por tradiciones e historia los conceptos estructurantes vienen marcados por historia y el contexto en que se dan y estos se van desarrollando en la medida que esa historia va evolucionando .

También se puede presentar un paralelo entre el circulo hermenéutico y el pensarse el comprender/interpretar con el desarrollo que se da en los conceptos estructurantes en la pedagogía, al pensar como los conceptos estructurantes se desarrollan y como se da el dialogo entre el conocimiento técnico de la ciencia y el conocimiento común nos permite repensar la enseñanza de la energía a partir de un lenguaje cercano a los estudiantes y su

²¹ El termino descubrimiento simultaneo acuñado por Kuhn en la tensión esencial hace referencia al desarrollo que se llevó para fundamentar el principio de conservación.

contexto, con base en eso los conceptos que se dan en la enseñanza de la ciencia se interpreta con la finalidad de buscar un aprendizaje significativo para los estudiantes el cual le permita hacer una reflexión de estos conocimientos con su realidad.

La hermenéutica entonces se vuelve una herramienta importante en los procesos cognitivos que llevan tanto los docentes como los estudiantes, se vuelve necesario entonces conocer el contexto de las ideas que llevan a entender la hermenéutica, su círculo “comprender/interpretar” así como la asociación de los mismos a la recontextualización de saberes por medio de estos conceptos, aunque se sabe que la importancia de la historia y la filosofía de las ciencias se acredita al círculo de Viena, se presenta una reflexión en los trabajos de Gadamer entendiendo que fue uno de los precursores en el romanticismo ya que es gracias a esta época que se entiende el papel de la hermenéutica como la interpretación del conocimiento al darle importancia a la historia en las ciencias del espíritu y como a partir de tradiciones, prejuicios y una temporalidad de la historia se organiza tanto el conocimiento como la forma en que este se aprende. *“La concepción romántica de la obra de arte rompió con la tradición inveterada de la mimesis, en la que la obra de arte se entendía como el reflejo de algo fuera de la obra, y pasó a entender la obra de arte como una “expresión” de las emociones y pensamientos del autor. Esta concepción implicó, ahora sí, la revisión de un supuesto fundamental de la hermenéutica anterior, ya que implicaba que el significado de la obra debía buscarse más allá del texto”* (Karczmarczyk, 2006).

CAPÍTULO V

5) CONCLUSIONES

Del trabajo anterior se pueden determinar diferentes factores que nutren no solo a entender la fundamentación del principio de conservación de energía, sino a entender la importancia de la historia y filosofía de la ciencia en el desarrollo científico y como una herramienta pedagógica que puede posibilitar la enseñanza de la misma a partir del principio de conservación de energía, entendiendo entonces que este nace de implicaciones filosóficas.

La asociación entre la historia y la filosofía de la ciencia con la pedagogía se da en cuanto la filosofía se encuentra términos como los prejuicios y tradiciones²² y la pedagogía se encuentra con los conceptos y el contexto²³, de los prejuicios y los conceptos se llega a un paralelo cuando se entiende que los dos sirven como base en la estructura del conocimiento de las personas, son estos mediados por las tradiciones y los contextos en que se desarrollan, los que permiten indagarse si la red de conocimiento creada es pertinente con la realidad, en esta medida si un prejuicio o concepto se comprende y se interpreta y no se asocia a un contexto es reformulado nuevamente, esto se encuentra en lo que Gadamer llama círculo hermenéutico, en donde el sujeto está en un constante comprender/interpretar dando sentido al conocimiento bajo la historia del mismo, como en la recontextualización de saberes el estudiante hace un proceso cognitivo y metacognitivo que permite a este asociar estos conceptos a su contexto.

Por otro lado las tradiciones y los contextos se encuentran ligados en la forma en que son estos los que permiten la elaboración de cada uno de los conceptos, el sujeto conoce y se participe de este proceso por lo que Gadamer describe como la temporalidad del estar ahí, esto nos lleva a entender que el conocimiento es un red entrelazada no solo por un razonamiento dado, sino se encuentra vinculado por tradiciones que llevan a pensarse una problemática, aunque el sujeto se encuentre en un punto en el tiempo donde se está indagando sobre algo en específico él puede hacer uso de la historia y de las tradiciones para entender y reflexionar sobre lo cuestionado, para Gadamer el contexto en que se desarrolla el pensamiento y lo que lleva a considerar el mismo es importante, ya que es este mismo el que nos puede conectar con una respuesta, en la pedagogía estos contextos en el cual se desarrolla el estudiante se vuelven importantes ya que no podemos desligar el lenguaje común que se desarrolla en los contextos en que el sujeto habita con el

²² Aunque los conceptos de tradición y prejuicio se encuentran en diferentes disciplinas, se vuelve importante en la filosofía ya que son a partir de estos que Gadamer plantea la hermenéutica, los prejuicios se presentan como una realidad histórica del ser a partir de las tradiciones que se dan en cada época y son estos los que ayudan a estructurar la red de conocimiento en la cual se encuentra el sujeto.

²³ La historia de la ciencia como herramienta pedagógica utiliza los términos conceptos y contexto ya que se encuentra a la base de este tipo de estudios, a grandes rasgos el estudio del desarrollo de los conceptos en cada época atendiendo a los contextos en que fueron elaborados permite el desarrollo histórico y la comprensión e interpretación del mismo.

lenguaje científico, ya que el concepto estructurante es aquel que permite en dialogo entre lo común y lo técnico y permite en si su recontextualización constante.

Por otra parte la filosofía juega un papel importante en el desarrollo de la física, como plantea Kuhn, desconocer la filosofía que se hacía en esta época (siglo XIX) es desconocer los avances que llevaron a la física, ya que lo que hoy se conoce como física comenzó siendo filosofía natural, por otro lado se tiene que conocer planteamientos filosóficos como la causalidad para entender de donde proviene la energía, ya que se evidencia que el principio de energía está ligado a un principio causalista donde un efecto es generado por una causa, por ende no existe efecto sin causa, como se demuestra en el trabajo propuesto por Mayer y Joule.

El concepto de causa entonces es importante en entender las problemáticas que se generaron en el principio de conservación de energía ya que es gracias a este que se lleva a considerar la conservación y transformación de la energía, por otro lado, se entiende que el principio de causalidad y la causa en si se ha trabajado desde Aristóteles, es un principio que está a la base en el conocimiento del hombre, parece ser innato en el hombre pensar la causalidad y estructurar principios para esta.

Por otra parte Kuhn recalca la importancia de la hermenéutica y la historia en entender los problemas físicos de cada una de las épocas, la hermenéutica como herramienta que permite a los historiadores y filósofos hacer una lectura de los originales, en la cual se comprende el contexto en el cual se dio cada una de las posturas y se interpreta este para entender un contexto actual dentro de la ciencia, algo que es cercano al pensamiento de Gadamer en cuanto el propone que no es estudiar la historia solo por estudiarla, es en cuanto se interpreta los acontecimientos y se hace una lectura de estos que el conocimiento actual se estructura.

Aunque para Kuhn la historia se vuelve de suma importancia en las ciencias, diverge con Gadamer en cuanto las tradiciones no deberían ser la base del conocimiento, para Kuhn aunque son un factor en la organización del conocimiento no se debería guiar el mismo en estas ya que es gracias a dejar las tradiciones que se da un cambio de paradigma, para Gadamer en cambio son las tradiciones y la historia que se encuentran en la red de conocimiento la encargadas de desarrollarse y evolucionar para nutrir la red. De igual forma Kuhn hace un trabajo entendiendo las tradiciones de la época ya que son estas guía para organizar los factores que llevaron a considerar el principio de conservación y como se dio un paso a pensar ahora el mundo de los fenómenos y sus transformaciones como y un eje centrar en el estudio de la ciencia y se cambia el papel del experimento en esta época como base para el conocimiento y no solo como una demostración de la teoría, teniendo en cuenta que muchos avances en termodinámica y electromagnetismo son de orden experimental.

De Joule y Mayer se plantea la reflexión a partir de lo que la historia y la filosofía de las ciencias nos proporciona y es comprender e interpretar los pensamientos que llevaron a

considerar la conservación de energía, consideraciones como la causa se vuelven importantes en las bases de la energía, y en conceptos asociados a este como el trabajo, conceptos que como ya se dijo son trabajados desde Aristóteles y retomados con Leibniz y son los que se encuentran a la base en el pensamiento de Joule, Mayer y científicos de la época como ya se mostró, desconocer los principios que rigen la filosofía para Kuhn sería desconocer no solo avances de la física, también la organización de la física como tal y el conocimiento que trajo la organización de la misma.

Reconocer entonces la componentes filosóficas de la época llevo a considerar paralelos entre el trabajo de Mayer y Joule a partir de una lectura del lenguaje que se manejaba en la época a partir de la hermenéutica, en la cual se encuentra entonces no solo la causa como base fundamental del principio sino la interdisciplinaridad que maneja el principio de conservación de energía, ya que presta un ejemplo claro de cómo un principio se vuelve transversal en disciplinas como la fisiología, química, ingeniería y la propia filosofía y como la organización del conocimiento ayuda al desarrollo de las mismas entre cada uno de los ámbitos, pensamiento proporcionado por Kuhn en cuanto las tradiciones en la historia de la ciencia permite no solo pensarse a la ciencia por separado como física, química, biología, entre otras, también permite ver casos en que la ciencia es una sola y un solo concepto que se interpreta permite el avance del conocimiento como tal y de las ramas que componen la ciencia en sí²⁴.

Por su parte Mayer con consideraciones más filosóficas y Joule con un interés más en la ingeniería, llevan a consideraciones iguales del principio de conservación de energía por medio de algo que se vuelve también importante en entender las ciencias y la forma en que se enseña y es el pensamiento que lleva a indagarse estos principios o conceptos, los cuales pueden ser una herramienta en la enseñanza de la física y el concepto y principio de energía en cuanto ya no se ve este como solo una consideración matemática, ahora este se ve desde un planteamiento filosófico que cambio la manera en ver los fenómenos y de igual forma la manera en que se estudiaban ya eran los fenómenos de conversión que ya eran conocidos en la época pero pocos estudiados y los experimentos en termodinámica (gases y maquinas térmicas) y en electromagnetismo (corrientes y motor eléctrico), los que llevan a traer conceptos de otras disciplinas para dar una explicación de estos, conceptos como la causa.

Finalmente es este indagar en como Mayer y Joule estructuran el principio de conservación de energía que lleva a preguntarse factores filosóficos como la hermenéutica, los prejuicios y las tradiciones como estructura del contexto en que trabajaron ellos y como a partir de la causa y propiedades de la materia llegan a explicar los fenómenos que inquietaban, por una parte Mayer el calentamiento de los gases y su

²⁴ Teniendo en cuenta la aclaración en el pie de pagina 2, se recalca acá la importancia de entender la ciencia como una sola cuando se habla del concepto energía transversal en la ciencia, pero se aclara que la forma en que esta es trabajada en física corresponde a los fenómenos de estudio dentro de esta, lo cual permite evidenciar así que aunque el concepto de energía es transversal en la ciencia, dentro de cada una de las disciplinas se aborda a partir de fenómenos diferentes.

equivalente mecánico, como Joule el interés en las maquinas térmicas y el movimiento y su equivalente mecánico en calor por medio del experimento de caída libre y el movimiento que este produce por medio de petas en el agua que la calientan y como estos se pueden asociar a los trabajos histórico-críticos y la recontextualización de saberes para solventar el problema de orden epistemológico que plantea la enseñanza del principio de conservación de energía.

A continuación se presenta las situaciones de estudio que llevan tanto a Joule como a Mayer a pensar la conservación de la energía y los cuales se pueden explicar en el aula de clase, aunque la situación principal se centra en la caída libre, esta se conecta en un primer momento con una base filosófica por medio de la causa que ayuda a entender el concepto de energía que se tenía en la época, para después concluir con el equivalente mecánico del calor a partir de experimentos propuestos por Mayer y Joule.

De igual forma la siguiente tabla se acopla a la tabla propuesta en las reflexiones física, donde se evidencia los puntos de encuentro y desencuentro de Mayer y Joule.

IDEA DE CONVERSIÓN Y TRANSFORMACIÓN
<p>La primera situación de estudio se centra en entender la conversión y la transformación de la energía, aunque en este caso la situación es de orden filosófico esta plantea:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Entender el concepto de causa manejado por Mayer y que era propio de la época y como este siendo un concepto filosófico influye en el pensamiento físico. 2. Definir la energía como un concepto transversal en la ciencia y como abarca problemáticas en otras disciplinas, a partir de planteamientos filosóficos. 3. Definir las propiedades de la materia que Joule estructura con la finalidad de enmarcar el pensamiento que lo lleva a plantear la conservación de la energía. <p>Las preguntas que se plantean, tienen la finalidad de indagar a los estudiantes a partir de cuestionamientos que llevaron a Mayer y a Joule a fundamentar sus ideas</p> <p>Preguntas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo la causa, un concepto filosófico ayuda en la estructura del principio de conservación de energía? • ¿Cómo el principio de causalidad es aplicado al concepto de energía en física?
RELACIÓN ENTRE LAS DIFERENTES FORMAS DE ENERGÍA
<p>En esta situación se representan los tipos de energía que tenían Mayer y Joule a partir de las consideraciones anterior descritas (causa y propiedades de la materia), esto permite:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Describir las consideraciones filosóficas que llevan a plantear la conservación de la energía. 2. Definir los tipos de energía en el movimiento, así como la relación que existe entre ellas y como se plantea su conservación y transformación.

Las preguntas acá planteadas se proponen por Mayer y Joule en cada uno de sus trabajos y así como sirvieron de guía para la estructura teórica de ellos, también se plantean como preguntas que pueden ser trabajadas en el aula de clase

Preguntas:

- ¿Qué debemos entender por energía y como se relacionan entre sí?
- Si la fuerza es propia de los cuerpos y es causa de los movimientos o estados del mismo, ¿No sería lógico pensar que esta puede desaparecer o destruir sin una acción equivalente?

ESTUDIO DE LOS FENÓMENOS

En la tabla 1 se evidencia la caída libre como una situación de estudio importante para Mayer y Joule, de igual forma esta es trabajada en los cursos de física como ejemplo en la enseñanza de la energía, por ende, se puede trabajar las consideraciones causalistas que Mayer utiliza para definir el movimiento y de igual forma las propiedades de la materia que plantea Joule para la explicación del mismo.

La estructura que hace Mayer a la caída de los cuerpos fue elaborada en la página 43 del presente trabajo a partir de cuestionarse las transformaciones de energía de una masa que se pone en movimiento en caída libre, relacionando así las pérdidas de altura o energía potencial con ganancias de velocidad o energía cinética.

Por otra parte, Joule plantea el estudio de la caída de los cuerpos, a partir de pensar la energía cinética como la energía que se transporta y transforma en el movimiento, por ende, esta debe tener un equivalente a la energía potencial, en este caso los dos comparten la misma situación de trabajo para manejar las energías de movimiento.

Las siguientes preguntas también se encuentran en el trabajo de Joule y están a la base del planteamiento del estudio de la caída de los cuerpos como un ejemplo para entender la transformación y conservación de la energía

Preguntas:

- ¿Cómo se puede dotar a un cuerpo de esta energía?
- ¿Cómo se puede transportar de un cuerpo a otro esta energía?

TRANSFORMACIONES DE ENERGÍA QUE SE DAN CUANDO LA CAÍDA LIBRE SE DETIENE

A partir del trabajo realizado en la estructura teórica de la energía por medio de la causa y el ejemplo de transformación y conservación que brinda la caída libre se comienza a indagar que otros tipos de energías se podrían dar aparte de los mecánicas, ya que si la energía no se gasta o desaparece, cuando el cuerpo llega al suelo, entonces la energía cinética que adquiere por las pérdidas de energía potencial en que se transforman, la causa de que el cuerpo se detenga a que efecto corresponde.

El cese del movimiento permite ver la existencia de otro tipo de energía como el calor y esto permite asociar fenómenos mecánicos a fenómenos térmicos, a partir de esta relación se puede introducir a los estudios en termodinámica como la compresión y expansión de gases y como estos movimientos están relacionado al calor ya que son la base para la segunda ley de la termodinámica que habla del principio de conservación de energía.

Preguntas:

- ¿Qué pasa en esos sistemas donde el movimiento se detiene sin producir otro diferente?
- ¿Cómo se ve reflejado el efecto producto de la causa del cese del movimiento y cuál es la causa del mismo?
- ¿Es el movimiento la causa del calor?
- ¿El movimiento no tuvo otro efecto que la aparición del calor y no tiene el calor otra causa que el cese del movimiento?

ENERGÍA EN FORMA DE CALOR

Si el calor es el encargado del cese del movimiento en la caída libre, debe existir un equivalente mecánico del calor, entonces las energías mecánicas como la potencial o cinética se pueden relacionar a los efectos que produce el calor.

Mayer plantea la situación descrita en la página 44 del trabajo, donde a partir de la expansión del aire por el incremento de temperatura se tiene un efecto en el movimiento de una columna de mercurio se llega a una equivalente mecánico del calor donde a incrementos de temperatura tiene un correspondiente en movimiento, por su parte Joule plantea un experimento el cual es descrito en la página 49 del trabajo, este consiste en una rueda de paletas de latón que trabajan horizontalmente en una lata de agua, el movimiento de esta rueda es comunicado por medio de poleas y pesas que caen, y es gracias al movimiento de esta rueda que el agua eleva su temperatura.

De igual forma en las paginas correspondientes se encuentran las equivalentes mecánicas a los cuales llegan cada uno por medio de los experimentos propuestos y son estos equivalentes los que permiten pensar la conservación de energía, así como una situación de estudio que permite entender la energía como relacionar fenómenos mecánicos y térmicos no solo en el desarrollo de la ciencia, también estos pueden ser llevados como estudios en el aula de clase.

Tabla 2. situaciones de estudio. Autoría propia

ANTECEDENTES

Los siguientes trabajos de grado hacen parte del estudio de antecedentes del trabajo que se pretende desarrollar, se toman estos en cuenta ya que son trabajos que investigan en torno al concepto de energía y su desarrollo a nivel histórico.

Los siguientes trabajos aportaron a la investigación en dos componentes importantes.

1. Consideraciones para llevar a cabo un trabajo de corte histórico-crítico y la importancia de los mismos en la enseñanza de la ciencia.
2. Presentan un desarrollo teórico con respecto a la época correspondiente al trabajo (siglo XIX) o los desarrollos anteriores que sirven de base para hablar de la conservación.

Genesis y desarrollo histórico del concepto de energía y su principio de conservación (autor: José Luis Gil Acosta, asesor: Adolfo Manuel Pacheco, 1993, Universidad Pedagógica Nacional): en el trabajo se expone una recontextualización histórica del concepto de energía y su conservación, partiendo de las ideas principales sobre una cantidad que se conserva en la configuración de los movimientos, hasta la consolidación principal del concepto de energía, pasando por conceptos estructurados desde Aristóteles, Platón, así como, un contraste entre el pensamiento de Galileo y Newton y su contraparte Leibniz y , y estudios posteriores por parte de Joule y Mayer.

Este trabajo difiere del que se quiere desarrollar en dos aspectos: el primero radica en el estudio que se hace en torno a la energía ya que el trabajo Genesis y desarrollo histórico del concepto de energía y su principio de conservación es una reflexión en torno al contexto social que se llevó a través de casi toda la historia de la humanidad en torno al concepto de energía, y segundo, el trabajo gira en torno a diferentes autores y se habla a grandes rasgos cada uno de sus planteamientos, en el caso de Joule y Mayer dan una explicación a grandes rasgos de su corriente de pensamiento pero no se especifican estudios o fenómenos que llevaron a la elaboración de este pensamiento, propósito que sí tiene que ver con la propuesta de trabajo que se elabora en este documento.

La convertibilidad de los fenómenos: un camino para aproximar a los estudiantes al concepto de energía (autores: Diana Cárdenas, Sandra Sandoval Osorio, asesor: José Malagón Sánchez, 2015, Universidad Pedagógica Nacional): La investigación fundamenta y caracteriza la convertibilidad de los fenómenos como una categoría epistemológica para el análisis de los fenómenos físicos, a partir del análisis histórico y epistemológico del estudio del cambio en fenómenos mecánicos y térmicos para así desarrollar una experiencia de aula, que es un complemento de la misma, configurando entre ellas, así, una unidad.

El trabajo la convertibilidad de los fenómenos: un camino para aproximar a los estudiantes al concepto de energía, sirve como un antecedente porque en este se hace una reflexión del proceso de convertibilidad, se entiende igual que uno de ellos es Joule, pero se diferencia de esta propuesta en la medida que la reflexión que se hace en torno al trabajo de Joule es con el propósito de implementar una unidad didáctica y no sobre una reflexión de los fenómenos que llevan a Joule a preguntarse por la convertibilidad y conservación de la energía.

el siguiente es un antecedente ya que hace parte de un proceso de investigación de especialización en torno a la energía mecánica, la rigurosidad con la cual se hace el trabajo sirve como guía para entender el concepto desde el estudio de Galileo y Leibniz y como

se propone un concepto más amplio de energía a partir del estudio histórico y epistemológico de estos estudios.

Construcción y significado de la energía mecánica (autora: Liliana Tarazona Vargas, asesora: Margarita Vargas Nieto, 2006, Universidad Pedagógica Nacional, trabajo especialización): la investigación que se lleva a cabo en el trabajo expone una recontextualización del concepto de energía desde dos autores, Galileo y Leibniz, en el cual se expone bajo qué base conceptual y fenomenológica caracterizan la configuración espacial del movimiento, dando cuenta por parte de Galileo en el estudio de la caída de los cuerpos de cómo debe existir una unidad que se conserve y caracterice el sistema y su variación, y por parte de Leibniz caracterizando el sistema bajo los conceptos de vis-viva y vis-mortua, viendo la fuerza no solo como una acción que da principio al movimiento, también partiendo de que esta acompaña la configuración del movimiento y volviendo el concepto de fuerza algo más dinámico (energía).

Génesis del principio de conservación de la energía a nivel colectivo y las posibilidades de su construcción en situaciones escolares a partir de las formas de explicación espontáneas (autora: Rosa Inés Pedreros Martínez, 1995, Universidad Pedagógica Nacional, trabajo maestría): la investigación que se lleva a cabo en este trabajo permite evidenciar la importancia de los trabajos histórico-críticos en la enseñanza de la ciencia en la comprensión de fenómenos a partir del concepto de energía y la construcción del mismo por parte de los estudiantes teniendo en cuenta el concepto de energía que elaboran en la cotidianidad para así entablar un diálogo con el lenguaje técnico científico que posibilite la elaboración de modelos explicativos del concepto.

Movimiento y calor: una transformación fenomenológica en la enseñanza de las ciencias naturales (autor: Luis Emilio Perilla Triana, asesores: José Francisco Malagón Sandra Sandoval Osorio, 2013, Universidad Pedagógica Nacional, trabajo maestría): la investigación propone el estudio de la energía a partir de diferentes fenómenos con la finalidad de recontextualizar los diferentes saberes que se han manejado en las clases de física, así también resignificando el estudio histórico de la ciencia en la construcción de conocimientos.

Este trabajo, aunque organiza experiencias en el aula para la explicación de la energía, dedica un apartado (página 56) en el cual se expone un análisis histórico del movimiento y calor, comenzando el estudio desde la potencia motriz de Carnot y llegando así al siglo XIX donde permitió al presente trabajo una aproximación a la problemática de la época, así como al desarrollo que se da del mismo.

Reflexiones pedagógicas para la enseñanza de la energía a partir del análisis de una experiencia de práctica pedagógica, desde una perspectiva histórico-crítica (autor: Kevin Leonardo Correa Ladino, asesor: Juan Carlos Orozco Cruz, 2017, Universidad Pedagógica Nacional, trabajo pregrado): El trabajo se centra en realizar una investigación histórico-crítica del concepto de energía generando reflexiones las cuales se llevan al aula de clase en la Escuela Pedagógica Experimental, buscando así conectar las reflexiones realizadas por los estudiantes y las realizadas en el trabajo investigativo.

Este trabajo permite evidenciar el carácter pedagógico de los trabajos históricos en la ciencia, de igual forma permitió ver la problemática del siglo XIX con respecto al principio de conservación de energía a partir de los fenómenos que llevaron a los científicos de la época a indagarse sobre la conversión de los fenómenos.

Análisis histórico y la re contextualización del concepto de fuerza (vis viva – vis mortua) en el caso de la caída según Leibniz (autora: María Mónica Uribe García, asesor: Liliana Tarazona Vargas, 2018, Universidad Pedagógica Nacional, trabajo pregrado): La investigación que se lleva en este trabajo de corte histórico-crítico permite ver el desarrollo de la idea de fuerza viva por parte de Leibniz, exponiendo de tal forma conceptos como monadas, principios de naturaleza y dinámica los cuales sirven de base para entender la idea de fuerza y la explicación de fenómenos.

Este trabajo permite ver la estructura de una reflexión histórico-crítica a partir de los estudios de originales, como también permite ver un caso de polémica histórica en la discusión Leibniz – Clarke, de igual forma presenta las ideas de Leibniz que son de gran importancia en el siglo XIX ya que en estas se fundamentan Mayer y Joule para hablar de energía mecánica y de la conservación de la misma.

A propósito del principio de conservación de la energía: una propuesta de reorganización conceptual para su enseñanza desde la perspectiva de Robert Mayer (autora: María Cristina Cardona Rendón asesor: Yirsén Aguilar Mosquera, 2017, Universidad de Antioquia, trabajo pregrado): el trabajo se plantea como un estudio histórico y epistemológico del principio de conservación de energía que posibilite así la recontextualización de saberes por medio del pensamiento que lleva a Mayer a plantear la conversión y así plantear un estudio de caso a partir de una unidad didáctica.

El trabajo permite evidenciar la organización de los trabajos históricos y epistemológicos y la importancia de los mismos, así como una implementación en el aula a partir de la reflexión en el estudio de originales, de igual forma este trabajo se enfoca al pensamiento de Mayer, lo cual permitió una guía en la problemática y estructuración que llevo a Mayer a pensar la conversión

BIBLIOGRAFÍA

- Ayala, M. M., Malagón, F., García, E., Gómez, M. C., & Romero, Á. (1999). La convertibilidad de los fenómenos y la conservación de la energía. *TED: Tecné, Episteme y Disaxis*.
- Ayala, M. M. (abril de 2006). Obtenido de https://www.fe.unicamp.br/pf-fe/publicacao/2343/49_dossie_ayalammam.pdf
- Gadamer, H.-g. (1960). *Verdad y Método*.
- Gagliardi, R., & Giordan, A. (1986). La historia de la ciencia: una herramienta para la enseñanza . *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas* .
- Karczmarczyk, P. (2006). El pensamiento de Gadamer en el contexto de la historia de la hermenéutica. *Diálogos, Revista de Filosofía de la Universidad de Puerto Rico* .
- Koponen, I., & Mäntylä, T. (s.f.). *Papel Generativo de los Experimentos en la Física y su Enseñanza: Una Sugerencia para una Reconstrucción Epistemológica* .
- Kuhn, T. S. (1996). *La Tensión Esencial, estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ambito de la ciencia* . Mexico: Fondo de Cultura Económica.
- Ley general de educacion: Ley 115 . (8 de Febrero de 1994).
- Lindsay, R. (1975). *Energy: Historical Development of the Concept*. Michigan: Dowden, Hutchinson & Ross.
- Martínez, F., Mato, M. C., & Repetto, E. (s.f.). La historia de la ciencia en los currículos oficiales: implicaciones para la formación del profesorado.
- Martins, R. d. (2018). Mayer e a conservação da energia. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*.
- NACIONAL, M. D. (15 de SEPTIEMBRE de 2017). *ALCALDIA DE BOGOTA*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=71384>
- Solbes, J., & Tarín, F. (1998). Algunas dificultades en torno a la conservación de la energía. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas* .
- Solbes, J., & Tarin, F. (2008). Generalizando el concepto de energía y su conservación . *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*.

ANEXO

El siguiente anexo es una traducción libre que se hace al artículo de Roberto De A. Martins, titulado *MAYER E A CONSERVAÇÃO DA ENERGIA* y publicado en la revista *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*

Fue en la década de 1850 que la ley de la conservación de la energía pasó a ser aceptada como uno de los principios fundamentales de la física. Para llegar a eso, fue necesario el trabajo de muchos investigadores que contribuyeron de diferentes formas para la elaboración de la teoría y su fundamento experimental. Esta historia es rica y compleja y no puede ser totalmente descrita en un solo artículo. Aquí presentaremos apenas algunos aspectos de esta historia, centrandó nuestra atención en la obra de Julius Robert Mayer (1814-1878) conocido como uno de los proponentes de la ley de conservación de la energía. Comenzamos describiendo la evolución de las ideas de Mayer, y luego estudiamos los trabajos de Joule y otros autores que también contribuyeron a la creación el establecimiento de esta ley.

Mayer era hijo de un farmacéutico de Heilbronn, y bajo su influencia estudió medicina, habiendo recibido su título en 1858. Fue en la práctica de esa profesión que Mayer llegó a la concepción del principio de la conservación de la energía. Eso puede parecer extraño, pero Helmholtz, otro médico que ayudó a desarrollar la ley de la conservación de la energía, aclara este punto:

"A primera vista, parece muy notable y curioso que incluso los fisiólogos pudieran llegar a tal ley natural. Parece más natural que ella fuera detecta por filósofos naturales o ingenieros como lo fue en Inglaterra: pero existe, realmente, una íntima conexión entre las cuestiones fundamentales de la ingeniería y las cuestiones fundamentales de la fisiología con la conservación de la energía"

Vamos a ver, entonces, como un problema fisiológico condujo a Mayer a este tema. Poco tiempo después de graduarse, Mayer viajó a París, y terminó por embarcarse en un barco holandés que viajaba para Inglaterra, el viaje completo duraba 110 días, y durante ese tiempo la presión del trabajo era mínima. Mayer estaba comprometido en estudiar la sangre de los europeos, y observó que "la sangre de la vena del brazo poseía, casi sin excepción, un color brillante sorprendente.

En su experiencia médica en Europa, Mayer estaba acostumbrado a observar que la sangre arterial era muy roja, y que la sangre de las venas era más oscura, ahora él notaba que la sangre de la vena era muy similar a la arterial. Y claro que cientos de otros médicos ya habrían observado eso, pero por ese motivo ser llevados a cualquier conclusión importante. Mas el fenómeno llamó fuertemente la atención de Mayer, y el intento explicar por qué razón la sangre de un europeo en Lava podía ser diferente a la sangre de un europeo en Europa.

Mayer conocía la teoría de Lavoisier al respecto del calor animal. Según esta teoría el calor de los animales es un resultado de un proceso de combustión del oxígeno, la sangre arterial conduce a todas las partes del cuerpo el oxígeno, que reacciona en los tejidos, produciendo gas carbónico que es transportado por las venas hasta los pulmones. Mayer considero que una diferencia entre el color de la sangre arterial y las venas seria derivada de la diferencia entre el contenido de oxígeno y gas carbónico. Ahora, según Mayer, “para que el cuerpo humano se pueda mantener a una temperatura uniforme, el aumento de calor dentro de él debe mantener una relación cuantitativa con el calor perdido por el cuerpo - debe depender, por lo tanto, de la temperatura del medio ambiente; por lo que la producción de calor y el proceso de oxidación, así como la diferencia de color de los dos tipos de sangre, deben ser globalmente menores en las zonas tórridas que en regiones templadas.

Por lo tanto, Mayer explicaba la diferencia entre el color de la sangre venosa observada en europeos en los trópicos, y de europeos en Europa. Pero el encadenamiento de ideas no paro ahí. Mayer siguió pensando al respecto del origen y los efectos producidos por el calor corporal. La fuente del calor, como se sabía en la época, era el alimento absorbido por el organismo. Pero la cantidad de calor que puede ser producida para la combustión de una determinada cantidad de materia orgánica y limitada; y, si el alimento asimilado por el organismo sufre una oxidación completa, antes de ser eliminado, entonces produce en el organismo todo el desprendimiento de calor de que es capaz ni más, ni menos que eso. Pero un ser vivo puede producir calor de muchas formas: una, directamente, por su calor corporal; otra, produciendo fricción, que es capaz de generar mecánicamente calor, a través de los órganos. Pero Mayer considera que incluso un organismo vivo es incapaz de generar calor a partir de la nada. Por esto, él es llevado a admitir que el calor total producido por un ser vivo (esto es la suma del calor corporal con el calor producido mecánicamente por el organismo) debe corresponder a un calor generado por oxidación de los alimentos en aquel ser vivo. Pero, en ese caso, el calor generado por los efectos mecánicos de los seres vivos debe ser limitado por la capacidad de realizar trabajo mecánico, y este, a su vez, por el calor que puede ser generado por el alimento. Mayer concluye que “el calor producido mecánicamente por el organismo debe mantener una relación cuantitativa invariable con el trabajo gastado en su producción”. Pero ese resultado debe ser válido, no solo para organismos vivos, también para cualquier tipo de proceso de la naturaleza. Por lo tanto, Mayer concluyo que el calor producido a través de una acción mecánico cualquiera es proporcional al trabajo empleado

Después de esa primera concepción de sus ideas, Mayer se dedicó a fundamentarlas y darles una forma convincente. En febrero de 1841 Mayer regresó a Heilbronn, y el 16 de junio del mismo año envió a Poggendorff, editor de la revista *Annalen der Physik und Chemie*, un trabajo con el título: "Über quantitative und qualitative Bestimmung der Kräfte" ("Sobre la determinación cuantitativa y cualitativa "fuerzas"). Este trabajo no fue aceptado para la publicación por motivos muy bien fundamentados, según Oettingen. Mayer era profundamente ignorante acerca de la mecánica, y su artículo contenía muchos errores sobre conceptos básicos: caída libre, adición vectorial de fuerzas, etc.

Mayer no se desanimó; y habiendo mejorado sus conocimientos físicos. Escribió una nueva versión de su trabajo-ahora, un artículo bastante corto- y se lo envió a Liebig, el famoso químico, editor de la revista *Annalen der Chemie und Pharmacie*. Esta vez, el artículo fue aceptado, Esta es la primera publicación de Mayer', producida en 1842, y cuya traducción presentamos al final de este artículo.

Se puede describir el contenido de este primer trabajo publicado de Mayer de la siguiente manera: él está proponiendo un nuevo concepto - el concepto de "fuerza" - y mostrando cómo ese concepto puede ser aplicado a la física. Las "fuerzas" de Mayer. Son cosas que pueden asumir diferentes formas, pero cuya cantidad no varía, y que se distinguen de la materia por no tener peso, Cuando una fuerza cambia de forma, se dice que su primera forma es la causa de la segunda forma; y, como la cantidad de "fuerza" no varía, Mayer puede aplicar a estos fenómenos el principio de igualdad de las causas y de los efectos.

Entre los ejemplos de "fuerzas", Mayer cita aquello que, en términos actuales, designaríamos por: energía cinética; energía potencial gravitacional; calor; energía química. Mayer busca establecer que el calor producido por la fricción de los sólidos es proporcional al trabajo mecánico utilizado; sugiere que en las máquinas a vapor hay una conversión de calor en trabajo; y calcula, a partir de las propiedades de los gases, el valor del equivalente mecánico del calor, llegando a un valor numérico que puede expresarse como: 1 cal: 3,6 J. Mayer no intenta explicar el calor como una forma de movimiento, pero adopta una concepción mucho más general: admite que el calor, el movimiento (energía cinética) y la fuerza de caída (energía potencial) son diferentes formas de una misma cosa. Pero que esa cosa - la "fuerza", en abstracto - no es propiamente ninguna de esas tres cosas. Esta es una concepción muy similar a nuestro concepto moderno de energía. Mayer estaba mucho más cerca de la metodología utilizada en la termodinámica que algunos otros autores, como Helmholtz. Este, como muchos otros autores de la época, tenía una visión más mecanicista, y se preocupaba por la elaboración de modelos microscópicos de los fenómenos físicos. La termodinámica propiamente dicha utiliza un enfoque fenomenológico, y sólo trata de relaciones entre magnitudes macroscópicas mensurables.

Al leer el primer artículo de Mayer, es importante señalar que hay componentes apriorísticos al lado de otros empíricos. Por un lado, Mayer enfatiza, como un principio filosófico – por lo tanto, no empírico y no pasible de pruebas- la idea de que alguna cosa debe conservarse, en las transformaciones físicas. El justifica esa idea a partir de dos principios metafísicos de que “nada puede surgir de la nada”, “ninguna cosa puede transformarse en nada”, y “la causa es igual al efecto”. Mas específicamente, Mayer afirma que dos cosas independientes se conservan en los fenómenos: por un lado, la materia; por otro lado, algo corresponde a nuestro concepto de energía: la “fuerza”.

Esta idea apriorística de que algo debe conservarse en los fenómenos es un principio importante, que tiene un papel fundamental en varios episodios de la historia de la ciencia.

Ya en la filosofía griega, se buscaba algo inmutable detrás del mundo de los fenómenos, y eso género, entre otras ideas fértiles, el modelo atómico. En la ciencia clásica, la idea de que el movimiento debería ser indestructible ha producido, en primer lugar, un concepto de “cantidad de movimiento” (masa multiplicada por velocidad) de Descartes. Y la ley de la inercia. Después un concepto de fuerza viva de Leibniz (de donde sale nuestro concepto moderno de energía cinética). Examinando las obras de estos autores, verificamos que Descartes y Leibniz utilizan una base apriorística para sus propuestas, de misma forma que Mayer.

Estas ideas de que alguna cantidad (o varias) deben conservarse en los fenómenos físicos fue también un punto de partida para Lavoisier, en establecer la ley de la conservación de la masa: contrariando a lo que una tradición empírica enseña, en sus trabajos más antiguos Lavoisier utilizó la ley de la conservación de la masa, en lugar de intentar probarla experimentalmente, y mantuvo su creencia en ella, incluso en el caso en que observaba una variación de masa en reacciones químicas, no se debe extrañar que Kant halla procurado dar una justificación apropiada para este principio, y que Hebert Spencer haya adoptado el principio de conservación de energía como uno de los dos principios de su filosofía de la naturaleza.

Entre tanto, no se puede identificar una ley científica de conservación de la energía como vagas afirmaciones de que algo se conserva en la naturaleza. Esta ley científica se distingue de los principios metafísicos por indicar una relación cuantitativa entre magnitudes mensurables. Apenas cuando se sabe cómo medir cada una de las formas de energía se hace posible una experiencia de existencia de una relación constante entre estas cantidades de varias formas de energía que se convierten unas en otras, en el trabajo de Mayer encontramos esos dos aspectos, mientras que en Grove y en Faraday falta ese elemento.

El primer trabajo de Mayer no tuvo repercusión. Algún tiempo después, él elaboró un nuevo trabajo, más largo, en que examinaba más detalladamente las varias formas de energía, y los fenómenos conocidos en que se observaba la transformación de cada uno de los tipos de otros. Enviando nuevamente los escritos, el trabajo fue rechazado, con una sentida disculpa de que había muchos artículos de química esperando para la publicación. Mayer acabó por imprimirlo por cuenta propia, en forma de un folleto.

En 1846, Mayer envía a la academia francesa de ciencias un trabajo en que utiliza sus ideas para tratar de explicar la producción de calor solar: Mayer propone que la caída de meteoritos sobre el sol produce una enorme cantidad de calor, capaz de producir un calentamiento de su superficie (una idea que más tarde será desarrollada por Lord Kelvin). La academia encaminó el trabajo primeramente a una comisión formada por Pouillet y Babinet, después, a otra comisión formada por Arago y Cauchy. Las comisiones no consideraron el trabajo digno de ser publicado, así, en 1848, Mayer publica, nuevamente por su propia cuenta, una parte de este trabajo. En 1851, Mayer publicó su cuarta memoria, que no aportan nada importante a lo anterior.

Entre tanto, habían sido publicados los primeros trabajos de Joule, y esto da inicio a una controversia que amargo la vida de Mayer, llevándolo a una tentativa de suicidio.

JOULE Y MAYER

Los primeros trabajos de Joule ligados al estudio de conservación de energía datan de 1843, el año siguiente a la publicación del primer artículo de Mayer. El presento este trabajo el día 21 de agosto de 1843 en la reunión de *British Association for the Advancement of Science*, en Cork. El tema base de este trabajo era el estudio de calor que surge de los fenómenos electromagnéticos. Entre otras cosas, Joule determina experimentalmente que el calor generado en una bobina de un electroimán es proporcional al cuadrado de la corriente eléctrica que la recorre, el primer estudio cuantitativo del “efecto Joule”. La muestra también que en un dinamo o motores eléctricos hay una relación entre el calor producido por las corrientes eléctricas y el trabajo generado o consumo. Sus primeras medidas mostraron que el calor de una libra de agua a 1 °F era equivalente a el trabajo mecánico capaz de levantar 896 libras a una altura de un pie, o sea, un resultado correspondiente a 1 cal= 4,8 J. en otras medidas descritas en el mismo artículo, los resultados presentan una amplia oscilación, entre 3,2 J/cal y 5,5 J/cal. Como observa muy bien Meyer son, resultados tan inciertos no eran muy adecuados como pruebas empíricas de la existencia de una relación constante entre trabajo y calor.

Una parte publicada de su artículo, en un P.S., Joule agrega una referencia a los experimentos de Rumford relativas a la producción de calor por fricción, como evidencia de que el trabajo mecánico puede transformarse en calor. También dice haber realizado un experimento de medida del calentamiento de agua que pasa a través de tubos finos, sobre presión, habiendo observado su calentamiento, y calculando un trabajo capaz de levantar 770 libras a una altura de un pie era capaz de calentar de 1 °F una libra de agua (1 cal = 4,1 J), un resultado semejante al obtenido por otros métodos, en seguida, Joule dice: *“no perderé tiempo repitiendo y extendiendo esos experimentos, pues estoy seguro de que los grandes agentes de la naturaleza son indestructibles, por consideraciones del creador, y cuando se gasta poder mecánico, se obtiene siempre un calor exactamente equivalente”*

Joule también discute el problema de generación de calor en los animales, y sugiere que, para una misma acción química ocurrida en los organismos vivos, el calor desenvuelto será menor si este es gastado se extienda realizando un esfuerzo mecánico; y también discute, a través de un modelo ingenuo, una producción de calor a reacciones químicas. A pesar de sus preocupaciones en generalizar sus ideas, en casi todos sus artículos Joule estudiaba problemas específicos, y apenas en un trabajo de 1847 describe de una forma más amplia y coherente el principio general de conservación.

De acuerdo con el testimonio del propio Joule, en la presentación de este trabajo en la reunión de *British Association for the Advancement of Science* no suscito interés. _Los

experimentos de Joule no eran muy simples de ser interpretados, y esos efectos observados eran muy pequeños, a veces, apenas centésimas de grado.

Dos años más tarde, o sea, al mismo tiempo en que Mayer editaba su segundo trabajo, Joule publica un artículo donde estudia las variaciones de temperatura producidas en compresión y dilatación de gases. A través de experimentos de difícil reproducción, Joule obtiene un valor medio de 798 libras-pies como equivalente del calentamiento de una libra de agua a 1 °F. En este artículo Joule muestra también que el aire, al dilatarse este realiza trabajo, no sufre variación apreciable de temperatura, un resultado que ya se había obtenido mucho antes, por Gay-Lussac, pero que Joule desconocía.

En ese mismo año, Joule publica su primera descripción del famoso experimento de agitación de agua a través de palas. Los primeros resultados eran muy variados, pero en 1847 comenzó a obtener resultados mucho más consistentes. Él publica entonces un artículo en la revista de la académica francesa de ciencias.

Joule presentó ese nuevo trabajo en la reunión de *British Association for the Advancement of Science* de 1847, en Oxford. En esa ocasión, el presidente de sección pidió que Joule diera una versión verbal de sus experimentos, en cambio de leer su artículo, pues había poco tiempo disponible. Así mismo, la exposición de Joule impresionó favorablemente algunos de los presentes, entre ellos William Thomson (posteriormente conocido como Lord Kelvin). El apoyo de Thomson fue muy importante para aceptar los resultados de Joule.

El artículo de Joule publicado en Francia provocó reacciones inmediatas. Séguin, sobrino de Montgolfier, autor de un libro sobre carreteras de tren y máquinas de vapor, publicó un artículo donde decía haber llegado, antes de Joule, a resultados muy semejantes, para el trabajo realizado en la expansión de vapor de agua, pero que no los publicó porque esperaba experimentos que confirmaran esto.

Un año después, en la misma revista publican una carta Mayer. En la carta trasparece claramente una indignación de Mayer, que no consiguió la publicación de su artículo presentado a la academia francesa, y que ve ahora el trabajo de Joule publicado, con la sanción de un comité que incluía al mismo Poulliet que había rechazado su trabajo.

Esta carta, Mayer intenta establecer su prioridad en el descubrimiento de las transformaciones mutuas de poder mecánico en calor, y afirma haber sido el primero en calcular el equivalente mecánico del calor. Desconociendo el conjunto de los trabajos de Joule, y pensando que el inglés sólo había investigado la relación entre el calor y poder mecánico, Mayer enfatiza que en su propio trabajo había también estudiado transformaciones de poderes magnéticos, eléctricos, químicos, etc.

Joule responde con una carta donde se refiere a sus trabajos de 1841, para intentar establecer su prioridad sobre Mayer. Pero en estos trabajos, en que Joule estudia ciertas

propiedades de las reacciones químicas, no había ningún enunciado de la ley de la conservación de la energía, en toda su generalidad, ni cualquier evaluación del equivalente mecánico del calor. Estos trabajos de 1841, en resumen, no anticipan el trabajo de Mayer. En su carta, Joule hace una breve descripción de todos sus trabajos, y afirma que no tenía ningún conocimiento de los artículos de Mayer.

Joule también hace una fuerte acusación: en la cual el cálculo de Mayer del equivalente mecánico del calor parte del supuesto de que el calor específico de un gas no depende de su densidad, y que, en la época en que Mayer había escrito su primer artículo, todos creían en lo contrario: "... *La opinión general, de acuerdo con las experiencias de los señores de la Rive y Marcet, era que el calor específico de un gas varía con la presión a la que está sometido, de donde se sigue que la conclusión no fundamentada del sr. Mayer, que no estaba en concordancia con los hechos conocidos en esa época, no debería llamar la atención de los sabios.*"

Y después de comentar ligeramente los trabajos de Rumford, Davy y Séguin, Joule concluye irónicamente: "*De acuerdo con estos hechos, todos apreciarán la sagacidad del Sr. Mayer en predecir las relaciones numéricas que se establecen entre el calor y el poder, pero no se puede negar, creo, que yo haya sido el primero en demostrar la existencia del equivalente mecánico del calor, y que haya fijado su valor numérico por experiencias incontestables.*"

Mayer responde poco después, aclarando que sus cálculos-s eran apoyados en la famosa experiencia de Gay-Lussac que mostraba que el calor específico de un gas no era alterado por la rarefacción, al expandirse al vacío; y que por lo tanto tenía una buena base para sus cálculos.

Mayer así concluye su artículo: "*Por lo demás estoy persuadido de que el señor Joule realizó sus descubrimientos sobre el calor y la fuerza sin conocer las mías, y los numerosos méritos de ese ilustre físico me inspiran una gran estima: pero creo que estoy en mi derecho repitiendo que fui yo el primero que público en el año 1842, la ley de la equivalencia del calórico y de la fuerza viva, con su expresión numérica*".

Pero la controversia no termino ahí, en Inglaterra. Tait y kelvin tomaron la defensa de la prioridad de Joule. Procurando disminuir la importancia de la obra de Mayer. Tyndall, por otro lado, emprendió la defensa de la validez del trabajo de Mayer. En 1863, Mayer escribe una carta a Tyndall, agradeciendo su apoyo: en esta carta, referencia los artículos publicados en los *Comptes Rendus*, e indica que, como Joule no había respondido a su última carta debe tener concordancia con ella. Tyndall publica parte de la carta. Y Tait y Joule reaccionan violentamente.

Reafirmando que Mayer no tenía base alguna para sus cálculos. Joule llega al punto de sugerir que Mayer mintió al decir que se basó en los resultados experimentales de Gay-Lussac: "No fui capaz de consultar el primer volumen de las memorias de Arcueíl 'que

contiene la descripción de la experiencia de Gay-Lussac; pero es seguro que su resultado. Según lo descrito por el Sr. Mayer, no fue acogido o recordado por el mundo científico, de tal forma que Regnault y yo mismo fuimos considerados por los demás. Y nos consideramos. Los investigadores originales de este asunto. Además. Se puede percibir a partir de los trabajos del sr. Mayer que él no sabía nada de esta experiencia de Gay-Lussac al escribir su famosa memoria de 1842.”

Ahora bien, se sabe con seguridad que Joule fue injusto: en 1841, es decir, antes de publicar su primer artículo, Mayer ya se refería a las experiencias de Gay-Lussac, y otras experiencias relevantes con gases, conforme prueba su correspondencia.

Regresando un poco a 1847, en este año en que los trabajos de Joule comenzaron a ser más conocidos, aparece el magnífico trabajo de Helmholtz sobre la conservación de energía. Ahora contrario de Jule y Mayer, Helmholtz poseía un vasto conocimiento (aunque no completo) del trabajo de otros investigadores; y tenía una capacidad y preocupación de proporcionar una visión teórica profunda, detallada y unificada de todos los procesos de transformación de energía, comenzando por la mecánica y profundizando en los procesos térmicos y electromagnéticos. Helmholtz se refiere a Joule (cuyos resultados experimentales, en tanto, le parecían poco precisos), mas no se refiere a Mayer, aunque describe cálculos de Holtzmann que se asimilan mucho a los de Mayer.

En la reedición de su trabajo, en 1881, Helmholtz adiciona una serie de notas. En una de ellas, el hace referencia a dos trabajos de Mayer, afirmando no conocerlos en 1847. Helmholtz se inclina más favorablemente a los trabajos de Joule que a los de Mayer, y desarrolla largas consideraciones metodológicas que fueron publicadas por Tait, bajo la forma de una carta, en defensa de la prioridad de Joule, y minimizando la importancia de Mayer.

Con relación a esta controversia, Sarton llega a concluir que Tyndall tenía mejor comprensión y mayor generosidad que sus adversarios, y que no se puede negar a Mayer la prioridad en la formulación de la primera ley de la termodinámica

Estas controversias y la falta de reconocimiento por su trabajo, deprimió mucho a Mayer, que se intentó suicidar, y luego fue internado en un asilo para alienados mentales, siendo rápidamente olvidado. El propio Liebig, que apoyaba la publicación del primer artículo de Mayer, se refirió a él, en 1858, como si el ya estuviera muerto. Mayer llegó a salir del sanatorio, pero no fue capaz de realizar nuevas contribuciones a la ciencia, habiendo fallecido en 1878. Las revistas científicas no publicaron su necrológico