

**PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DEL CONCEPTO DE
TEMPERATURA PARA ESTUDIANTES DE GRADO NOVENO**

Esneider Osorio Valencia

Documento para optar por el título de Licenciado en Física

Asesora

Dr. María Cristina Cifuentes Arcila

Línea de profundización

La actividad Experimental para la Enseñanza de la Física

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología

Licenciatura en Física

Bogotá D.C, Colombia 2022

INDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	4
1 GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.2 Descripción del problema	6
1.3 Contexto de la Institución Educativa	13
1.4 Pregunta orientadora de la investigación	16
1.5 Objetivos.....	16
1.5.1 Objetivo general	16
1.5.2 Objetivos específicos.....	16
2 RESEÑA: EL CONCEPTO DE TEMPERATURA Y SU RECONSTRUCCIÓN DIDÁCTICA	17
2.2 Identidad de la temperatura.....	17
2.3 Temperatura: escala de medida.....	19
2.4 El calor	26
2.5 Reconstrucción didáctica de la temperatura	29
2.5.1 Nivel de las cualidades: la temperatura como una cualidad.....	32
2.5.2 Nivel de las cantidades y leyes: referencias para definir una temperatura.....	34
2.5.3 Nivel de la teoría estructurada: la temperatura cotidiana	36
3 PROPUESTA DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA PARA LA PROMOCIÓN DE APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO SOBRE LA TEMPERATURA	37
3.2 Al maestro.....	37
3.3 Al estudiante	38
3.4 Sobre el trabajo grupal.....	39
3.4 Consideraciones generales para abordar el concepto de la temperatura.....	39
3.5 Actividades	42
3.5.1 Semana 1	42

3.5.2	Semana 2	46
3.5.3	Semana 3	48
3.5.4	Semana 4	51
3.5.5	Semana 5	53
4	CONCLUSIONES.....	55
5	REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS	56
6	GLOSARIO	58

INTRODUCCIÓN

El maestro como investigador de su propio que hacer debe ser reflexivo sobre su práctica diaria en el aula. Antes de enseñar un contenido particular debe contextualizarse sobre su grupo de estudiantes, caracterizar el tipo de aprendizaje común en los alumnos a cargo y realizar la investigación sobre el tema que va a trabajar con sus estudiantes. El maestro debe tener claro que con esto no va garantizar que los estudiantes lo vayan a comprender cuando se les enseñe. Porque la revisión preliminar de estos aspectos, no garantiza una reconstrucción del contenido para la enseñanza, pero si es posible reducir la probabilidad de que un estudiante obtenga vacíos conceptuales durante y después de una clase, puesto que al momento de proponer las actividades, la temática y la metodología, se obtendrán más opciones para construir una estructura de ruta de aprendizaje mucho más robusta y se abastecerá la estrategia pedagógica optada para el grupo de estudiantes a cargo.

En este sentido, en este trabajo se pretende hacer una investigación bibliográfica sobre las reconstrucciones didácticas e históricas para la enseñanza del concepto de temperatura junto con la influencia que tuvo el modelo del cambio explicativo del concepto de la temperatura a lo largo de la historia, y así proponer la estrategia metodológica más adecuada para elaborar una serie de actividades pertinentes para la enseñanza del concepto de la temperatura.

Esta investigación se enmarca en la enseñanza y el aprendizaje de la temperatura como concepto cotidiano y como idea científica. El objetivo general de este trabajo es diseñar una secuencia didáctica para la promoción de aprendizajes significativos sobre la temperatura en estudiantes de noveno grado de secundaria. Como ejemplo particular, durante mi práctica docente en el colegio Toberín IED pude evidenciar en los estudiantes de grado noveno, con quienes solía tener una mayor frecuencia de sesiones académicas en la institución, varias de las características señaladas por Thomaz, Malaquias, Valente & Antunes (1995), sobre los vacíos conceptuales en los estudiantes alrededor del calor y la temperatura y algunas ideas alternativas que otros autores enuncian en sus trabajos y que serán mencionados en el primer capítulo. En este capítulo también se dará la descripción del problema, ubicándolo dentro del contexto de la institución educativa en la que realicé mi práctica docente.

En el segundo capítulo, se realiza una revisión histórica del concepto de temperatura, su desarrollo y el impacto que tuvo para la comunidad científica de cada época. La construcción de la temperatura como concepto científico, tomó poco más de 4 siglos. Fueron necesarias las intervenciones de distintos científicos para la observación de fenómenos térmicos que pudieran dar cuenta de la temperatura como una magnitud. La historia de este concepto mostró que se construyó partiendo de la intención de medir su magnitud sin tener claro lo que significaba realmente como concepto científico. Fue indispensable la creación de instrumentos, el uso de distintos materiales y elementos que pudieran dar cuenta de manera indirecta de un crecimiento o disminución de la magnitud de la temperatura. A partir de esta revisión histórica, se incluye un método de reconstrucción didáctica del concepto de temperatura del que se darán detalles en esta misma sección, con el fin de proponer una estrategia pedagógica para la enseñanza.

Para el tercer capítulo, se propone la secuencia de actividades pertinentes que concuerdan con las revisiones preliminares de los capítulos anteriores, se toma en cuenta la reconstrucción didáctica para indicar el papel del maestro como educador y el estudiante como educando. La secuencia de actividades se proyecta para desarrollarse durante 5 semanas, de las cuales, el trabajo grupal va a predominar, pues las actividades colectivas tienen mejores resultados en cuanto al aprendizaje de los niños (Vosniadou, 2006). Posterior a este capítulo se encontrarán las conclusiones referentes al trabajo investigativo y la pertinencia de las actividades, un glosario que permitirá apoyar las definiciones conceptuales y se encontrarán también las referencias que fueron utilizadas como apoyo para la construcción de este documento.

1 GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN

1.2 Descripción del problema

Durante las últimas décadas numerosos estudios (Driver 1981, Gilbert & Watts 1983, McDermott 1984, Maurines 1992, citados por Thomaz, Malaquias, Valente & Antunes, 1995) indican que muchos estudiantes de secundaria, después de tomar cursos tradicionales de física en los que se abordan de manera explícita los temas calor y temperatura, continúan:

- considerando que el calor es una especie de sustancia que reside en los objetos, que se puede mover a través de él y que puede transmitirse a otros cuerpos;
- no logran discriminar adecuadamente el calor y la temperatura,
- pensando que la temperatura es una propiedad de la materia que depende del material del objeto y es una medida del calor;
- creyendo que diferentes sensaciones significan diferentes temperaturas y no comprenden el concepto de equilibrio térmico;
- considerando que el calentamiento de un cuerpo siempre produce un incremento de su temperatura; y
- asumiendo que la temperatura en los cambios de fases es la máxima temperatura que puede alcanzar una sustancia cuando es calentada.

Estas dificultades de aprendizaje de la física se originan, en parte, en el predominio de la enseñanza libresco¹. A pesar de que los textos académicos están dirigidos principalmente a los estudiantes los maestros dependen de ellos en gran medida para el desarrollo de sus clases (Chiappetta et al., 1991; Yore, 1991, citados por Leite, 2007). Incluso, puede encontrarse maestros que, sin leer el currículo y el programa para el área de ciencias de su institución, seleccionan los contenidos que se debe enseñar y deciden las actividades de enseñanza basándose en los libros de texto. Este es el caso de mi maestra tutora de práctica, quién determinaba los contenidos de enseñanza de la física cada el grado noveno a partir de la organización temática de su libro de texto de cabecera, Hipertexto Física 1 de Bautista &

¹ Hace referencia al uso del libro

Salazar (2011), y practicaba la enseñanza libresca, enfatizando en la lectura de este libro de texto y en el desarrollo de las actividades que allí se proponen (preguntas, ejercicios y problemas) como base exclusiva de su enseñanza.

El caso de mi tutora ejemplifica la práctica de enseñanza de otros muchos maestros colombianos (Forero, Velandia, & Iguarán, 2015; Gómez & Moreno 2018). Uno de los principales problemas de este tipo de enseñanza es que *desconoce los conocimientos previos de los estudiantes* en la enseñanza de la física (Leite, 2007), para nuestro caso sus conocimientos previos sobre calor y temperatura. Esta omisión puede ser, en parte, la responsable de procesos de aprendizaje que no parten del conocimiento pre-adquirido hacia el nuevo conocimiento, por lo que los estudiantes a menudo no logran establecer relaciones entre el nuevo conocimiento que tienen a su disposición y lo que ya saben. Los conocimientos previos deberían ser un elemento de la práctica de la enseñanza de los conceptos calor y temperatura, independiente de que sea reconocido en los libros en texto, porque, según Vosniadou (2006), el aprendizaje mejora cuando los maestros enfocamos nuestra atención en el conocimiento que nuestro estudiante tiene antes de comenzar la instrucción. Al respecto vale la pena recordar que la idea constructivista de que para aprender algo nuevo es necesario partir de lo que ya se sabe no es nueva, así como la idea de que no es posible comprender algo que es completamente extraño.

Otro de los problemas de este tipo de enseñanza, articulado al enunciado previamente, es que algunas de las *actividades* que sugieren los libros de texto, y que utilizan los maestros para enseñar los temas calor y temperatura, *no resultan significativas para los estudiantes*. No son significativas porque, como apunta Ausubel D. (1963), el "aprendizaje significativo" ocurre cuando las ideas previas conectan con el nuevo conocimiento, esto es el estudiante reajusta y reconstruye las dos informaciones durante el proceso (información pre-adquirida y nueva) basándose en sus nuevas experiencias y en las que en algún momento fue participe. Adicionalmente, dichas actividades pueden no resultar significativas a los estudiantes porque las inclinaciones culturales de su comunidad las designan como inapropiadas y/o porque sus conocimientos previos se oponen a la comprensión de la nueva información (Vosniadou S., 2006). En consecuencia, *es menester de los maestros diseñar propuestas de enseñanza para el aprendizaje significativo de los conceptos calor y temperatura*.

Otro problema común de la enseñanza libresco es que los estudiantes *no tienen oportunidades de confrontar entre sí*, y con el maestro, sus diversos modos de hacer, pensar y hablar sobre la “realidad” del mundo natural que quieren estudiar (Arca, Mazzoli y Gudoni, 1990). Esto es, que no se propicia la verdadera y continua interacción entre los miembros de las clases. Más aún, clases en las que los estudiantes tampoco tienen oportunidades de confrontar sus diversos modos de hacer, pensar y hablar con la “realidad” del mundo natural que quieren estudiar: *no tiene la oportunidad de experimentar*, de tener experiencias propias que moldeen su juicio. Estas oportunidades son esenciales para estimular en los estudiantes las reorganizaciones de sus conocimientos previos, que inserten significativamente sus nuevas experiencias y aprendizajes, es decir, su participación “activa” y constructiva en la clase de ciencias (Arca, Mazzoli y Gudoni, 1990).

Es importante señalar que muchas veces *los profesores no dan a sus estudiantes la oportunidad de experimentar* por la falta de instrumentos y equipos de laboratorio, los cuales son herramientas integrales y estratégicas para fomentar el desarrollo y el aprendizaje en las escuelas, baste recordar que su ausencia o escasez se asocia con menores grados de motivación y comprensión de contenidos teóricos por parte de los estudiantes (Reyes, 2007; Olivares, 2019), un menor “entusiasmo” de los profesores y un manejo ineficiente del tiempo en clase (Olivares, 2019). En Colombia, muchas instituciones tienen limitados instrumentos y equipos de laboratorio si se compara con la media de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), influenciando así de manera negativa la forma en que se enseña ciencia desde los primeros grados escolares y, a su vez, limitando el contenido que se enseña en ciencias. No quiere decir que el uso de material de laboratorio para el trabajo práctico sea necesario para que los alumnos adquieran ciertas técnicas de laboratorio, sino más bien, de que estas habilidades son necesarias si se busca que los estudiantes participen con éxito en el trabajo práctico (Hodson, 1994).

Según la opinión de Hodson (1994) cuando la realización efectiva de un experimento requiere de habilidades o competencias que los estudiantes no van a volver a necesitar o no puedan alcanzar rápidamente, o cuando se requieren equipos de laboratorio o infraestructura física con la que no se cuenta, es menester de los profesores encontrar procedimientos alternativos, como por ejemplo la elaboración anticipada de aparatos, la demostración guiada del profesor

o el uso de simuladores con la computadora o aplicativos virtuales. Esto también es válido para situaciones en las que la enseñanza es mediada por las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)², como lo fue durante la pandemia de Covid-19, cuándo todos los procesos de educación en Colombia tuvieron que migrar a modelos a distancia con o sin mediaciones tecnológicas.

Las dificultades de aprendizaje de los conceptos calor y temperatura señaladas al comienzo de este capítulo son también promovidas por el hecho de que en muchas instituciones de educación básica y media *solamente se enseña los conceptos de temperatura y calor en los grados superiores (décimos y undécimo)*. Son muchas las razones por las que las instituciones y profesores toman la decisión de restringir la enseñanza de la física a los grados superiores, sin embargo, una de estas razones tiene en su base una creencia ampliamente difundida de que los conocimientos de la física (incluido el concepto de temperatura) son muy elaborados y demanda complejos procesos de formalización; procesos que no pueden ser desarrollados por los niños y las niñas, quienes no han llegado a desarrollar el pensamiento formal. En la institución educativa en la llevé a cabo mi práctica pedagógica, solo se abordaba el concepto de temperatura en grado décimo, ya que en la primaria y básica secundaria el área de ciencias naturales se concentra, casi que exclusivamente, en la biología como disciplina.

En contraste con esta creencia el Ministerio de Educación Nacional (MEN) considera que es importante abordar los conceptos científicos (en nuestro caso la temperatura) desde la educación primaria y continuar desarrollándolo a largo de la educación básica y la secundaria, porque de esta manera se posibilita la transición progresiva y significativa desde los modos de hablar de la vida cotidiana hacia los modos de hablar en las ciencias y tecnología a largo de la formación primaria y secundaria, así mismo se posibilita la transición del estudio de los objetos y los procesos naturales desde una perspectiva holística-cualitativa hacia una perspectiva analítica y cuantitativa.

² “Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), son el conjunto de recursos, herramientas, equipos, programas informáticos, aplicaciones, redes y medios; que permiten la compilación, procesamiento, almacenamiento, transmisión de información como: voz, datos, texto, video e imágenes “(Art. 6 Ley 1341 de 2009).

Aunque la propuesta del MEN sobre la enseñanza de las ciencias enseñar hace énfasis en el desarrollo de competencias³, esto *no significa que la enseñanza se haga al margen de los contenidos temáticos de las ciencias naturales*, porque se reconoce que el desarrollo de estas competencias no es independiente de dichos contenidos. En los Estándares de Ciencias Naturales y Educación Ambiental (MEN, 2004) estos contenidos temáticos están presentes, principalmente, en la sección “*Manejo Conocimiento Propios de las Ciencias Naturales*”⁴ y son discriminados para tres entornos: entorno vivo, entorno físico y Ciencia, Tecnología y Sociedad, para los diferentes niveles escolares. Es de resaltar que, el entorno vivo y entorno físico “*se subdivide en procesos biológicos, procesos físicos y procesos químicos, para facilitar la comprensión y la diferenciación de los problemas específicos relacionados con la biología, la química y la física*” (MEN, 2004, Serie de guías Nro. 7, pg. 13).

Uno de los contenidos presente en el entorno de lo vivo de los estándares se refiere a los fenómenos térmicos. De manera particular, en este documento se propone ir construyendo los fenómenos térmicos y aquellos *contenidos temáticos* asociados (como por ejemplo los conceptos de temperatura, calor, energía térmica) abordándolos de forma progresiva a lo largo de la educación básica (primaria y secundaria) y media vocacional.

En el siguiente recuadro, se sintetizan los desempeños que se espera que los estudiantes desarrollen en cada nivel educativo asociados a los fenómenos térmicos, propuesto por los Estándares de Competencias para cada nivel escolar. A partir de estos desempeños propongo los conceptos claves que deben ser trabajados con los estudiantes para el logro de dichos desempeños, puesto que son los que tienen relación directa con las ideas que se encuentran

³ La noción de competencia ha enriquecido su significado en el mundo de la educación en donde es entendida como “saber hacer en situaciones concretas que requieren la aplicación creativa, flexible y responsable de conocimientos, habilidades y actitudes”.

⁴ Los Estándares de Ciencias Naturales y Educación Ambiental están estructurados en tres columnas para indicar las acciones de pensamiento y las acciones de producción concreta que los estudiantes deben realizar. La primera columna “*me aproximo al conocimiento como científico-a natural o social*”, se refiere a la manera como los estudiantes se acercan a los conocimientos de las ciencias naturales. La segunda columna “*manejo conocimientos propios de las ciencias naturales*”, tiene como propósito crear condiciones de aprendizaje para que los estudiantes **logren la apropiación y el manejo de conceptos propios de dichas ciencias**. Y la tercera columna, “*desarrollo compromisos personales y sociales*”, indica las responsabilidades que como personas y como miembros de la sociedad se asumen cuando se conocen y valoran críticamente los descubrimientos y los avances de las ciencias.

alrededor de los fenómenos térmicos. Es de aclarar que estos conceptos no se enuncian de forma explícita en los Estándares.

Tabla 1.1 Desempeños esperados de los estudiantes enunciados por los Estándares.

	DESEMPEÑOS ESPERADOS	CONCEPTOS CLAVE
PRIMERO A TERCERO	<ul style="list-style-type: none"> • Identifico diferentes estados físicos de la materia (el agua, por ejemplo) y verifico causas para cambios de estado. • Identifico y comparo fuentes de calor y su efecto sobre diferentes seres vivos. • Identifico situaciones en las que ocurre transferencia de energía térmica y realizo experiencias para verificar el fenómeno. 	Estados de la materia (líquido, sólido y gaseoso), causas de los cambios de estados de la materia (calor), fuentes de calor, transferencia de energía y equilibrio térmico.
CUARTO A QUINTO	<ul style="list-style-type: none"> • Describo y verifico el efecto de la transferencia de energía térmica en los cambios de estado de algunas sustancias. • Verifico que la cocción de alimentos genera cambios físicos y químicos. • Identifico y describo aparatos que generan energía luminosa, térmica y mecánica. 	Relaciones entre transferencia de energía y cambios de estado (evaporación, sublimación, condensación y solidificación), cambios físicos y químicos producidos por procesos de transferencia de energía térmica (dilatación, contracción, etc.), y diferencias entre energía luminosa, térmica y mecánica.
SEXTO A SÉPTIMO	<ul style="list-style-type: none"> • Clasifico y verifico las propiedades de la materia. • Relaciono energía y movimiento. 	Propiedades extensivas (masa, peso, inercia, impenetrabilidad, volumen) e intensivas (color, densidad, punto de ebullición y fusión, conductividad y temperatura), movimiento, energía y sus relaciones.
OCTAVO A NOVENO	<ul style="list-style-type: none"> • Establezco relaciones entre las variables de estado en un sistema termodinámico para predecir cambios físicos y químicos y las expreso matemáticamente. • Comparo los modelos que explican el comportamiento de gases ideales y reales. • Establezco relaciones entre energía interna de un sistema termodinámico, trabajo y transferencia de energía térmica; las expreso matemáticamente. • Relaciono las diversas formas de transferencia de energía térmica con la formación de vientos. • Explico la relación entre ciclos termodinámicos y el funcionamiento de motores. 	Variables de estado termodinámico (P, V, T), relaciones entre variables de estado para el gas ideal, equilibrio térmico, relaciones entre calor, trabajo y temperatura, conservación, transformación, degradación y transferencia de la energía en procesos y ciclos termodinámicos.

**DÉCIMO A
UNDÉCIMO**

- Explico la transformación de energía mecánica en energía térmica.
- Analizo el potencial de los recursos naturales en la obtención de energía para diferentes usos.

Relación entre calor, trabajo y temperatura, y conservación, transformación, degradación y transferencia de la energía en procesos termodinámicos.

Finalmente, quisiera destacar que las dificultades de aprendizaje de los conceptos calor y temperatura señaladas al comienzo, también son promovidas por el énfasis en la *enseñanza de la temperatura desde una perspectiva exclusivamente microscópica*. En el texto trabajado con mi tutora durante mi práctica docente (Bautista & Salazar, 2011), se presenta una forma para abordar los conceptos desde la perspectiva de la energía y sus distintas formas de manifestarse en la naturaleza, exponiendo que, el calor es una de esas formas. El texto propone una explicación del comportamiento de la materia partiendo de la idea de calor y temperatura a nivel microscópico al inicio de la unidad 8, de la siguiente manera: “*se les asocia una energía llamada energía interna, que se relaciona con la energía cinética de las partículas que los constituyen, siendo la temperatura una medida de la energía cinética promedio de las moléculas que constituyen el cuerpo*” (p. 244).

En algunos otros textos escolares utilizados por docentes en Colombia, el común denominador a la hora de abordar el concepto de temperatura es hablar de la energía interna de un sistema (Quintero, 2017). Pero al hacer un análisis sobre la manera en que estos libros de texto plantean el estudio del concepto de temperatura desde una perspectiva microscópica, pienso que limita la experiencia de los estudiantes a experimentos o experiencias que no pueden entender como parte de su vida diaria. En estos casos los conceptos físicos de calor y temperatura resultan ser abstractos⁵ para el estudiante cuando se abordan desde una perspectiva cinético-molecular, al necesitar una construcción mental sobre la manera en la que se supone que operan estos conceptos en la ciencia, pues, lo único concreto⁶ que resulta para el estudiante, es lo que percibe con sus sentidos. Esto lo podemos verificar cuando un estudiante expresa sus ideas alternativas (Sözbilir, 2003), pues todas estas se relacionan con las experiencias cotidianas.

⁵ Se hace referencia a elementos que tienen que ver con nuestra imaginación. Es decir, a estos sólo se les da forma mediante el pensamiento.

⁶ Es lo que cuenta con un carácter tangible en el que intervienen nuestros sentidos.

Eso no quiere decir que la información que encontremos al respecto, en libros de texto como estos, no sean útiles o no estén en lo correcto, pues en realidad, está en manos del docente complementar lo que, a su modo de ver, mejoraría el desarrollo de su clase, y más importante aún, el aprendizaje y comprensión por parte de sus estudiantes.

1.3 Contexto de la Institución Educativa

La institución en la que desarrollé mi práctica y que sirvió de base para el diseño de este trabajo de grado fue El Colegio Toberín IED. Este colegio es una institución educativa mixta, de carácter oficial, creada mediante resoluciones emanadas por la Secretaría de Educación del Distrito (SED), ubicada en la localidad de Usaquén, en el sector comprendido de la calle 164 a la calle 166 y entre carrera 14C y carrera 17, que cuenta con 3 sedes que imparten enseñanza formal en los niveles de preescolar, básica primaria, básica secundaria y educación media.

La institución cuenta con 2 Jornadas, una en la mañana y otra en la tarde, con más de 3000 estudiantes para el año 2021 (año en el que desarrollé mis prácticas) y poco más de 110 docentes en sus tres sedes, 6 coordinadores, un rector, 8 administrativos, más de 10 personas de servicios generales y más de 10 personas que apoyan a la institución y el plantel educativo en temas de seguridad. La población estudiantil proviene en su gran mayoría de barrios como San Cristóbal Norte, Toberín y Orquídeas.

Esta institución, permite que docentes en formación realicen sus prácticas con el fin de tener un apoyo para desarrollar los procesos de estudiantes, en cursos que suelen tener en promedio 40 estudiantes, y, por supuesto, también para nutrir la experiencia de los docentes en formación, como en mi caso, que se me permitió apoyar a la docente del área de Física y Ciencias Naturales, en sus clases de física para los grados noveno, décimo y once.

Esta institución no es ajena a las dificultades comunes que se presentan en nuestra sociedad, como lo son la violencia de género, la violencia intrafamiliar, la xenofobia, el microtráfico, la inseguridad, etc. La población educativa en general es vulnerable a las dificultades que se presentan en la comunidad, aun así, la misión y visión del Colegio Toberín IED, que se proyectan en su PEI, se centra en contribuir al desarrollo integral de la población estudiantil a través de procesos y proyectos pedagógicos, cualificados desde los alcances de la ciencia,

la tecnología, el arte, las humanidades y el compromiso ético, cívico y ambiental, a fin de que el estudiante se desempeñe en forma autónoma, crítica, solidaria y competente dentro del núcleo familiar y en la sociedad (IED Toberín, Plan de Movilidad Escolar Bienestar, 2017).

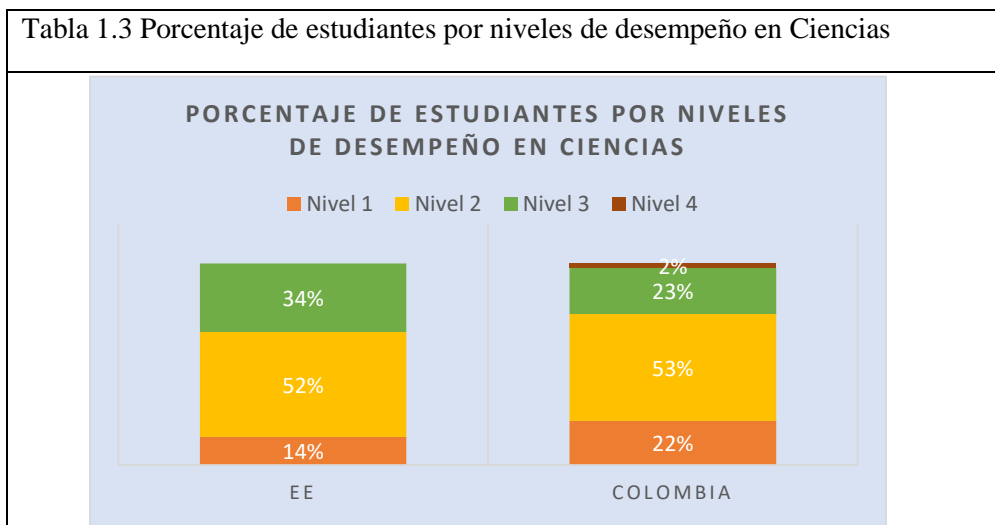
La institución organiza su currículo basándose en lo expuesto por el MEN referente a los estándares básicos, aunque se toma cierta libertad haciendo uso de libros de textos educativos alternos para dirigir las clases en el área Ciencias Naturales y de Física.

El desempeño de la institución en el área de ciencias naturales es medido con pruebas nacionales (ICFES) que estandarizan lo aprendido por los estudiantes bajo una serie de preguntas que se basan en los desempeños esperados (ver tabla 1.1 para el caso de grado noveno) por los estudiantes de grado 11 para el MEN. La siguiente es una tabla que muestra el desempeño del establecimiento educativo como institución (EE) en el área de ciencias naturales para el último año evaluado, analizando únicamente los procesos físicos, comparado con la media nacional de Colombia (C):

Tabla 1.2 Porcentaje de respuestas incorrectas en cada aprendizaje evaluado por el ICFES, 2021.

	PROCESOS FÍSICOS	EE	C
1	Utilizar algunas habilidades de pensamiento y de procedimiento para evaluar predicciones.	33%	37%
2	Explicar cómo ocurren algunos fenómenos de la naturaleza basado en observaciones, en patrones y en conceptos propios del conocimiento científico.	50%	51%
3	Analizar el potencial del uso de recursos naturales o artefactos y sus efectos sobre el entorno y la salud, así como las posibilidades de desarrollo para las comunidades	52%	56%
4	Derivar conclusiones para algunos fenómenos de la naturaleza basándose en conocimientos científicos y en la evidencia de su propia investigación y de la de otros.	58%	59%
5	Modelar fenómenos de la naturaleza basado en el análisis de variables, la relación entre dos o más conceptos del conocimiento científico y de la evidencia derivada de investigaciones científicas.	57%	55%
6	Identificar las características de algunos fenómenos de la naturaleza basado en el análisis de información y conceptos propios del conocimiento científico.	62%	65%
7	Comprender que a partir de la investigación científica se construyen explicaciones sobre el mundo natural.	29%	32%

8	Asociar fenómenos naturales con conceptos propios del conocimiento científico.	47%	51%
9	Observar y relacionar patrones en los datos para evaluar las predicciones.	43%	49%
10	Identificar las características de algunos fenómenos de la naturaleza basado en el análisis de información y conceptos propios del conocimiento científico.	49%	51%



De acuerdo con la gráfica anterior, podemos inferir que la institución se encuentra dentro del promedio de los desempeños a nivel nacional en el área de ciencias, el escenario ideal es que la mayoría de los estudiantes se encuentren en el nivel 3 y 4. Sin embargo, no deja de preocupar que los estudiantes de la institución tienen un porcentaje de aciertos fallidos muy alto en los desempeños de los procesos físicos esperados 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 10, en el que las respuestas “incorrectas” (según la forma en la que se evalúa) tiende a superar el 50% del total de los procesos físicos evaluados.

Muchas veces se puede pensar que estar dentro del promedio en Colombia, no estaría nada mal, pero como bien lo dice el PEI de la institución: “contribuir al desarrollo integral del estudiante desde los alcances de la ciencia”, hace parte de la misión de la institución y, por ende, se debe tener claro que estar dentro del promedio, no hace parte del desarrollo.

Es por ello, que durante el proceso investigativo de este trabajo fueron identificadas las “falencias” que poseen los estudiantes y que este tipo de evaluaciones (ICFES) permiten calificar y así afianzar desempeños que se relacionan más de cerca con este trabajo como lo

son el 2, 3, 4 y 8, y así mismo complementar el desarrollo de los desempeños 1, 5, 6, 7, 9 y 10.

1.4 Pregunta orientadora de la investigación

¿CÓMO DISEÑAR UNA PROPUESTA DE ENSEÑANZA SOBRE EL CONCEPTO DE LA TEMPERATURA PARA ESTUDIANTES DE GRADO NOVENO DE SECUNDARIA?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

- Diseñar una propuesta de enseñanza del concepto de temperatura para estudiantes de noveno grado de secundaria.

1.5.2 Objetivos específicos

- Analizar algunas reflexiones surgidas de la historia y la didáctica de la física en torno al concepto de temperatura con el fin de fundamentar y orientar el diseño de una secuencia de una propuesta de enseñanza.
- Establecer los fundamentos pedagógicos, didácticos y curriculares que orientan el diseño de la propuesta de enseñanza.
- Diseñar las actividades de enseñanza, el modo que se llevará a cabo la enseñanza y los medios que la apoyarán.

2 RESEÑA: EL CONCEPTO DE TEMPERATURA Y SU RECONSTRUCCIÓN DIDÁCTICA

La didáctica de la física utiliza como punto de partida numerosos métodos, uno de ellos es tomar a la historia de la física como parte de una revisión de gran utilidad para el maestro. Este capítulo se enmarca en la revisión histórica de las reflexiones surgidas alrededor de la idea científica de la temperatura y su cambio conceptual a lo largo de la historia de la ciencia como parte de la construcción del concepto.

2.2 Identidad de la temperatura

La historia de la temperatura al igual que la de otros conceptos de la ciencia, ha tenido un desarrollo que quizás no concuerda con una lógica consecutiva como lo indica el “supuesto” “método científico”, en la que una construcción de conocimiento lleva una serie de pasos. Para el caso de la temperatura es curioso encontrar que este concepto es investigado y analizado desde su magnitud con el uso de instrumentos durante un periodo de la historia de la ciencia, sin tener una definición conceptual generalizada y aceptada por la comunidad científica, se presentaron en numerosas ocasiones la intervención de nuevos científicos para determinar nuevas definiciones cada que se proponía una nueva manera de experimentar con los fenómenos térmicos. Por decirlo de alguna manera: *se trataba de una variable conceptual que cambiaba con cada nueva propuesta de análisis de fenómenos térmicos.*

Investigadores como Wolf (1939), Norsen (2010), entre otros, exponen que, como muchos otros conceptos de la ciencia, la construcción del concepto de temperatura supuso “cambios de paradigma” o variaciones en el modelo explicativo del concepto, en los que se reemplazó por completo su significado o parte de él. El concepto de "temperatura" no se "originó durante las primeras etapas del desarrollo científico de la termodinámica". Se originó como consecuencia de la invención de los primeros termómetros a principios del siglo XVII. Por supuesto, esto plantea una especie de problema paradójico: si el termómetro es un dispositivo que se usa para medir la temperatura, entonces, ¿no habría que poseer ya el concepto de temperatura para construir un termómetro? (Norsen, 2010).

Cuando estos instrumentos comenzaron a usarse sus lecturas parecían estar en conflicto con las sensaciones de calor percibidas por las personas. La discrepancia entre las sensaciones

percibidas y los datos arrojados por los instrumentos de aquella época fue la que desencadenó una serie de investigaciones orientadas a “re-conocer” lo que estos dispositivos registraban lo que más tarde los científicos llamarían temperatura.

Aunque antes de establecerse la termodinámica, ya se hablaba de fenómenos térmicos por el uso de instrumentos, los primeros en presentar una idea formal ante la comunidad científica, fueron los llamados Irvinistas (1743), quienes denominaban a la temperatura como la cantidad de “calor” contenido en un cuerpo. Ellos se basaban en la teoría química calórica, expusieron que el punto en el que hay ausencia total de calor sería el “cero absoluto”, que es el punto de partida de donde se cuenta la temperatura absoluta. Aportaron a la teoría calórica de distintas formas, una de ellas fue proponiendo una analogía para justificar lo que en su época describían como “el latente” y el papel que tiene la temperatura en este proceso, identificaban un balde lleno de agua que se ensancha repentinamente, esta característica representa un cambio de fase, allí el nivel del líquido representa la temperatura, si se llegase a bajar el nivel de la columna de agua por el ensanchamiento del balde entendiéndose análogamente como si estuviera cambiando de fase, habría que poner más líquido para mantener el nivel donde estaba y esto representa al calor, es decir que, durante el cambio de fase (ensanchamiento del balde), la temperatura se mantiene constante (nivel de columna de agua), mientras sigue ingresando calor (ingreso de agua). Esta analogía cumple parcialmente con las características de lo que conocemos como *calor latente*, pero es muy útil para propiciar una primera idea de estos conceptos.

Para la teoría química calórica, la temperatura se concibió como la densidad de las calorías libres únicamente, pues las calorías latentes no pueden afectar la expansión de las sustancias termométricas. Laplace (s.f) redefinió la temperatura como “la densidad de caloría libre de espacio”.

Por otro lado, Herapath (1820), al parecer tuvo la primera concepción teórica de la temperatura desde la teoría cinética de las moléculas y la definió como proporcional a la velocidad de las partículas y no al cuadrado de la velocidad como lo exponen las teorías contemporáneas. Lastimosamente para Herapath, su trabajo fue ampliamente ignorado en Inglaterra (donde vivía). Años más tarde llegaría el trabajo de Waterston (1843), que tuvo una peor acogida, pero es de quien se tiene la primera constancia en identificar a la

temperatura como proporcional a “ mv^2 ” donde “m” es la masa y “v” es velocidad, ambas de la misma partícula.

Por otro lado, Chang (2004), narra el recorrido de los trabajos de Thomson (1848) y lo describe como uno de los más importantes en la consolidación de la termodinámica; los trabajos de Thomson se basaron en las investigaciones de Carnot (1824) basándose en el modelo de máquina térmica ideal, caracterizando a un intervalo de un grado de temperatura como la cantidad que da lugar a la producción de una unidad de trabajo mecánico en un motor de Carnot, explicación que se ampliará en la sección dedicada al calor.

2.3 Temperatura: escala de medida.

Existen numerosas investigaciones que recontextualizan la temperatura desde diferentes perspectivas basadas en trabajos realizados por precursores de la termodinámica, desde la época de Galileo con los primeros métodos de medición de variaciones térmicas, hasta la elaboración de definiciones que generalizan los fenómenos térmicos y particularmente el concepto de temperatura realizadas por científicos más contemporáneos.

Para este caso, me voy a basar en el libro de Chang (2004), en el que se presenta una reseña histórica de la trayectoria del concepto de temperatura a lo largo de su historia. Chang elabora una recopilación de investigaciones que datan del siglo XVII hasta el siglo XIX de manera cronológica, partiendo de la elaboración de los primeros instrumentos de medición para identificar variaciones térmicas. Es de aclarar que, antes de los primeros instrumentos, prevalecían las percepciones sensoriales que aparecían por medio de nuestros sentidos como estrategia para la determinación del estado térmico de los cuerpos, por ejemplo, el tacto, la vista y el oído para determinar que un objeto está dentro de nuestros alcances⁷ térmicos.

Hoy en día, se sabe que han existido numerosos aparatos que nos permiten medir la temperatura de los objetos, pero, el instrumento más popular por preferencia para medir la temperatura es el termómetro, y su uso data desde Galileo. Norsen (2010) detalla que, dentro de los documentos importantes de Galileo, se encontró en 1638, una carta escrita por un amigo de Galileo, en la que describe la apariencia física de un instrumento particular,

⁷ Hace referencia al rango perceptible por nuestros sentidos de una sensación térmica

consistía en un recipiente de vidrio del tamaño de un huevo pequeño con un cuello de aproximadamente dos palmos de largo y grueso como una paja de trigo con una abertura en su extremo. La experiencia que el amigo de Galileo tuvo fue observar que Galileo calentaba en sus manos el bulbo de este instrumento para luego invertir la boquilla y sumergirla en un poco de agua. Luego de que Galileo quitara sus manos cortando la fuente de calor, se observó que empezaba a elevarse una columna de agua dentro del instrumento, esto daba cuenta de las propiedades de expansión y contracción de la materia. A partir de esto, Galileo podría haber reclamado la autoría de la invención del termómetro.

Galileo en su época, sirvió de inspiración a sus estudiantes para construir a lo que ellos llamaron “el termómetro de Galileo” basados en el instrumento inventado por su maestro llamado termoscopio, que consistía en un cilindro de vidrio cerrado por los extremos y con una mezcla de agua y alcohol en su interior. Flotando en la mezcla, unas esferas contenían líquidos con índice de dilatación mayor a la de la mezcla en la que están sumergidas, las esferas flotaban o se hundían más o menos, dependiendo de la sustancia u objeto que quisieran medir basándose en el principio de Arquímedes (densidad).

El termoscopio fue inventado con el fin de estandarizar en una escala, las sensaciones de nuestro cuerpo, pues en ocasiones nuestras sensaciones no logran contemplar las variaciones que pueden ocurrir en nuestra percepción para cada situación, porque nuestras sensaciones dependen del contexto en el que nos encontremos.

Basados en el pensamiento anterior, los científicos buscaron la manera de medir la intensidad de estas sensaciones y estandarizarlas por medio de algún instrumento que pudiera cuantificar el grado de intensidad de una sensación que se relacione con los fenómenos térmicos. Pero durante un camino de invención, elaboración y construcción de instrumentos y conocimiento científico, surge la pregunta: ¿cómo confiar en un instrumento que se compara con nuestras sensaciones, si en algunos casos, nuestros sentidos, no son claros y certeros? Para intermediar en esta discrepancia de los instrumentos basados en nuestras sensaciones, debemos resaltar que las sensaciones nos permiten tener experiencias básicas de supervivencia, nos dan un primer acercamiento de situaciones que quizás sean desconocidas con el fin de poder predecir y continuar nuestras actividades, y en situaciones específicas confiamos en nuestros sentidos para sobrevivir. Lo que se quiere exponer aquí, es que la sensación humana, sirve como un

estándar previo para los alcances térmicos y estas indicaciones básicas (en comparación con un instrumento) de nuestros sentidos, dan una confianza en la fiabilidad que pueda tener un instrumento de medida para fenómenos térmicos, es decir que, las sensaciones comunes son estandarizadas con el termoscopio, y a partir de allí, se puede perfeccionar y estandarizar una medida.

Durante los experimentos realizados por los científicos del siglo XVII, los termómetros ya empezaban a ponerse muy de moda entre la comunidad científica y parecía que los usaban para comparar el estado térmico de un cuerpo o sustancia, pero se presentaban inconvenientes con los termómetros al no estar estandarizados, pues presuponían un estado térmico similar para muchas sustancias sin discriminar las situaciones, magnitudes o características particulares de cada sustancia que podrían diferenciarla de las otras. El astrónomo Halley, reconocido por el famoso cometa, realizó su queja en el año 1693, momento en el que era secretario de la “Royal Society” de Londres, afirmando que ninguno de los termómetros mantenía un acuerdo entre quienes lo usaban, ni existía referencia alguna para caracterizar las divisiones que este instrumento presentaba (Chang, 2004, pg. 10). La contribución de Halley mostró un problema fundamental que estaría agobiando a la termometría durante mucho tiempo. Principalmente como lo afirman Martínez, Cáceres, Lozada & Hidalgo (2013), una manera de calibrar un termómetro es identificar su punto máximo de dilatación e invariante frente al mismo fenómeno, algo a lo que Chang llamaría un punto fijo, pues entenderíamos como punto fijo, a esa posición de expansión/contracción del fluido en el termómetro cuando este llega a un equilibrio térmico con la sustancia que se está midiendo y en este punto, el volumen del fluido termométrico mantendrá sus características en todo momento, es decir que, la dilatación en el termómetro siempre será la misma para un mismo fenómeno.

Aunque investigadores como Norsen T. (2013) afirma que los procedimientos para la medición de la temperatura, como por ejemplo determinar cuál fluido termométrico (agua, aire, alcohol, mercurio) representa mejor una medición o incluso la identificación de los “puntos fijos”, no son constitutivos del significado mismo del concepto de temperatura, si es importante mostrar que estos procedimientos fueron cruciales para la termometría, las

caracterizaciones fenomenológicas y el cambio conceptual que cada avance científico le daba a la temperatura.

Para darle relevancia a la identificación de los puntos fijos, distintos investigadores de los siglos XVII y XVIII se hicieron partícipes de esta búsqueda con distintos experimentos para determinar aquellos puntos de la “escala” en construcción, que permanecerían inmóviles o constantes, para estos científicos (ver tabla 2.1) eran lugares, objetos o sustancias comunes y fáciles de identificar, pero que en su estado natural no tendrían variaciones “térmicas” considerables.

Tabla 2.1 Puntos fijos propuestos por distintos autores

AUTORES	AÑO	PUNTOS FIJOS
Sanctorius	1600	Llama de una vela – Nieve
Academia del Cimento	1640	El más severo frío de invierno – El más fuerte calor de verano
Otto Von Guericke	1660	Primera noche de invierno
Robert Hooke	1663	Agua destilada congelándose
Robert Boyle	1665	Aceite de anís congelándose, agua destilada congelándose
Christiaan Huygens	1665	Agua hirviendo – Agua congelándose
Francesco Eschinardi	1680	Hielo derritiéndose – Agua hirviendo
Joachim Dalencé	1688	Agua congelada- Mantequilla derretida; Hielo – Bodegas profundas
Edmond Halley	1693	Cuevas profundas - Alcohol hirviendo
Carlo Renaldini	1694	Hielo derretido – Agua hirviendo
Isaac Newton	1701	Hielo derritiéndose – Sangre caliente
Guillaume Amontons	1702	Agua hirviendo
Ole Romer	1702	Mezcla de hielo, sal y agua hirviendo
Philippe de la Hire	1708	Agua congelada – Bodegas del observatorio de Paris
D. Gabriel Fahrenheit	1720	Mezcla de agua, hielo, sal – Estado térmico corporal
John Fowler	1727	Agua congelada – Agua caliente soportada por una mano
R.A.F de Réaumur	1730	Agua congelada
Joseph-Nicolas DeL’isle	1733	Agua hirviendo
Anders Celsius	1741	Hielo derritiéndose – Agua hirviendo
J.B. Micheli Du Crest	1741	Bodegas del observatorio de Paris – Agua hirviendo
Enciclopedia Británica	1771	Agua – Cera congelándose

Tomado y traducido de Chang (2004, p. 10)

Gracias al trabajo realizado por Renaldini (1694) y Eschinardi (1680) durante el siglo XVII y con Celsius (1741) en el siglo XVIII, surgió un consenso sobre el uso de la ebullición y congelación del agua como los puntos fijos preferidos de la termometría. Aunque estuvieron

a punto de eliminar a la ebullición del agua como punto fijo estándar porque se dieron cuenta que el punto de ebullición variaba de forma considerable por una variable que se destacaba, esta es la presión atmosférica, pero se logró llegar a un consenso de 757mm de mercurio (760 hoy, el equivalente aproximado a 1 atm de presión), por debajo de la cual se debe tomar el punto de ebullición.

La termometría comenzó con muchos errores en cuanto a la elección de las sustancias termométricas. Los primeros termómetros del siglo XVII utilizaban aire, que fueron rápidamente sustituidos por los termómetros de líquidos dentro de la columna de un material.

Romer (1702) y Fahrenheit (1720) se les atribuye la elaboración de los termómetros con líquido interno, que presentaron mayor eficacia frente a otros diseños. En sus experimentos usaron mercurio, agua y alcohol como líquidos internos, se dieron cuenta que al introducir un fluido como estos dentro de una columna de un material (vidrio en su mayoría), el fluido tendería a expandirse o a contraerse de manera proporcional a los cambios térmicos. Durante muchos años se disputó la carrera por la elaboración del termómetro que pudiera establecer la escala más precisa. El termómetro de alcohol y el termómetro de mercurio fueron los protagonistas durante todo el siglo XVIII, por mostrar datos más precisos sobre los puntos fijos y a lo que llamarían puntos intermedios.

Celsius⁸ y Fahrenheit⁹ establecieron sus escalas a partir del uso del termómetro siendo las más populares hoy en día. Se podrá creer que determinar una escala consiste en ubicar una referencia (puntos fijos) y a partir de allí seccionar aquellos valores que rodean en magnitud a esta referencia. Pensemos en lo siguiente: para organizar una escala real, marcamos los puntos fijos en el termómetro (como extremos de una sección), luego dividimos el intervalo equitativamente y supondríamos que la mitad de lo arrojado por el termómetro será la mitad de la magnitud en el intervalo y así sucesivamente con intervalos más pequeños.

Este procedimiento funciona bajo el supuesto de que el fluido se expande uniformemente o de forma lineal con los cambios térmicos, de modo que, a incrementos térmicos resultarán

⁸ Curiosamente, Celsius estableció en un principio el 0° como el punto de ebullición del agua y el 100° como el punto de fusión, hasta que Linneo (1745) un año después de la muerte de Celsius, reorganizó la escala de la manera en la que la conocemos hoy día.

⁹ Fahrenheit estableció los puntos extremos de fusión y ebullición del agua en su escala como 32° y 212° respectivamente.

incrementos iguales de volumen. Esto perdió fundamento cuando De´Luc (1772) propuso el método de mezclas en la que consistía en preparar dos partes de una misma sustancia a diferentes estados térmicos para encontrar el valor de esta mezcla en el termómetro. “Si el termómetro de mercurio es correcto, y mezclamos cantidades iguales de agua a las temperaturas a° y b° medidas por él, entonces el termómetro de mercurio debería dar $(a+b)/2$ para la temperatura¹⁰ de la mezcla” (Chang 2004, p.62).

Este razonamiento coincidía con los datos experimentales teniendo un margen de error muy pequeño. De´Luc se basó en la escala proporcionada por Réaumur¹¹ y compartió algunas de sus experiencias que pueden verse en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Datos teóricos y experimentales del uso del método de mezclas usando la escala Réaumur	
Grado real de estado térmico calculado	40.0
Termómetro de Mercurio	38.6
Termómetro de Alcohol	33.7
Termómetro de Agua	19.2
Fuente: De´Luc (1772)	

Evidentemente el termómetro de mercurio tiene una mejor precisión frente a otros. Esto lo observaron y comprobaron varios científicos; Réaumur (1730), Fahrenheit (1731), Celsius (1741), DeL’isle (1733), Cavendish (1783), entre otros, por nombrar algunos de los más destacados.

El mercurio marcó un hito en la historia de la ciencia por sus particulares utilidades, y en la termometría causaba furor en las comunidades científicas por sus cualidades de dilatación tan precisas. Queriendo ir más allá en busca de extremos más alejados de los puntos fijos, los científicos querían buscar cual es la temperatura más “baja” que pudiese medirse con el

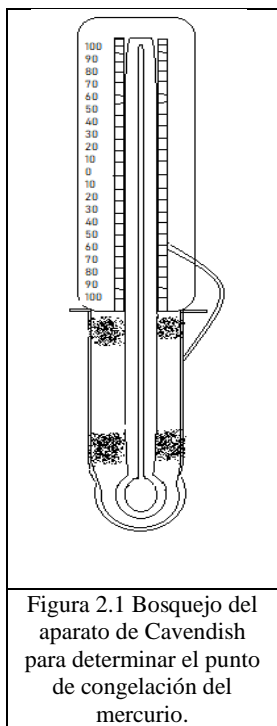
¹⁰ La etimología de la palabra involucra el término “mezcla” desde su base en el latín “*temperare*” y el sufijo “*ura*”, que se describe como una actividad o un resultado. El término “temperatura” logró involucrarse en la termometría desde el siglo XVII con mayor fuerza, gracias al método propuesto por De´Luc para valores intermedios de los puntos fijos.

¹¹ En honor a René Antoine Ferchault de Réaumur (1730). Los puntos fijos correspondientes a la fusión y ebullición del agua en la escala Réaumur tienen un valor de 0° y 80° respectivamente. Es una unidad de medida que dejó de usarse ya para el siglo XIX.

termómetro de mercurio. Pero surgieron preguntas como: *¿puede el mercurio ser congelado? ¿puede el mercurio encontrar su propio punto de fusión?* Estas preguntas generaron un sinnúmero de controversias cuando en la aplicación experimental, el mercurio dentro de los termómetros era incapaz de medir temperaturas que pudieran acercarse hacia una temperatura “nula” o muy baja, pues el mercurio cuando sobrepasaba negativamente - 50°C, entraba en estado sólido y sus propiedades de fluidez se perdían.

El estudio se llevó a las afueras de la escala de los puntos fijos buscaban temperaturas extremas y cada vez más bajas en los ambientes más extremos, con ayuda de ácidos y sustancias que “aumentaban” la disminución de la temperatura. Cavendish por su parte, organizó un aparato en el que sumergía un termómetro rodeado de mercurio en proceso de congelación y este a su vez está rodeado de una mezcla de mercurio congelado (en una especie de capas) (Ver figura 2.1)

Hutchins (1785) basándose en el método e instrumento de Cavendish y con ayuda de un modelo de un termómetro de alcohol, estimó el punto de fusión del mercurio en aproximadamente en 39° en la escala Fahrenheit. Es importante destacar que el trabajo científico siempre estaba en busca de producir temperaturas tan bajas como para llevar al límite a los termómetros y esto resultaba ser una tarea difícil para los termómetros de



mercurio, por lo que los termómetros de alcohol resultaban ser más eficientes luego de ser calibrados con las proporciones y escala adecuada del termómetro de mercurio. Así pues, el termómetro de alcohol prevaleció por mucho tiempo para experimentar con temperaturas extremadamente bajas.

Para el siglo XVIII se dejó a un lado la práctica de medir las temperaturas tan bajas como sea posible, para enfocar la mirada al otro extremo del campo de estudio; las temperaturas extremadamente altas. La medición de esas altas temperaturas se encontraba el mismo tipo de dificultades epistémicas y experimentales que la medición de temperaturas extremadamente bajas. La “pirometría” se convirtió en un área de investigación amplia.

Wedgwood (1780) incursionó experimentando con un principio distinto al de los termómetros convencionales que no se basa en un aumento del volumen de una columna de líquido, sino en una medida más precisa y extensa con un efecto diferente en el que encuentra una disminución de volumen. Al principio Wedgwood experimento con cuerpos arcillosos y óxido de hierro, dando cuenta de un cambio de color según la temperatura, pero encontró luego un buen fundamento a la disminución de volumen por el fuego hasta que la arcilla se cristaliza. Wedgwood expuso una serie de instrucciones sobre la preparación de la arcilla, sus formas rectangulares y sus medidas (0,6 pulgadas de ancho, 0,4 pulgadas de profundidad y 1 pulgada de longitud), además, adjuntó una escala numérica que asignaba 1 grado de temperatura a la contracción de 1/600 del ancho de una pieza de arcilla (Chang, 2004).

2.4 El calor

A estas alturas de la reseña, no se ha involucrado la teoría calórica y la calorimetría como pieza fundamental de los hallazgos teóricos y experimentales en la termometría, y aunque no es mi propósito profundizar sobre esta relación, es importante enunciar el proceso arduo y complejo para lograr una conexión productiva y convincente entre la termometría y la teoría del calor que logró consolidarse a mediados del siglo XIX, con la búsqueda del significado teórico de la temperatura.

Uno de los puntos de partida fue la concepción de calor y frío y su gran discusión sobre cuál o hacia dónde se genera un crecimiento positivo, es decir, pensar en que el frío no es más que la ausencia de calor o que, por el contrario, el calor no es más que la ausencia de frío. Un experimento de gran importancia para esta discusión fue el de la doble reflexión de Pictet (1791) para hablar del calor como una especie de radiación y de la transferencia de calor de forma inmediata a través del espacio. Pictet replicó el experimento con éxito, desde la perspectiva de una “transferencia frigorífica” explicando la idea del frío como cualidad positiva manteniendo el mismo estado lógico que el calor, es decir, la noción del frío como el aumento del calor.

La ontología del calor y el frío llegó a un estado de incertidumbre en el que era difícil un consenso, pero durante un periodo se resolvió en un silencio creciente y por creencia de obviedad de la comunidad científica que el frío no concordaba con cualidades positivas

porque chocaba filosóficamente con ideas arbitrarias de la ciencia y la teoría calórica donde no encajaba la noción de un frío positivo. Esto quizás se vio influenciado por Bacon (1620) al definir al calor como un tipo de movimiento particular expansivo y al frío como un movimiento contractivo. Esta discusión entre el calor y el frío, abrió paso para la definición cualitativa y cuantitativa de la temperatura, a la que pocos científicos se atrevieron a lanzar ideas teóricas sobre la temperatura antes de establecerse la termodinámica (véase sección 2.1).

Para el caso de la calorimetría y la relación con la temperatura, uno de los científicos más importantes fue Thomson (1848) con sus aportes basados en la máquina térmica ideal propuesta por Carnot (1824). Mientras Thomson intentaba reducir la temperatura a un concepto teórico más claro, la noción del efecto mecánico expuesta por la máquina térmica de Carnot se ajustaba perfectamente a sus ideas. Thomson explicó la relación del “poder motriz” y el calor, involucrando intervalos de temperatura y cantidades de calor como los únicos elementos involucrados en el efecto mecánico. Thomson utiliza el modelo del ciclo del funcionamiento del motor térmico de Carnot (ver figura 2.2).

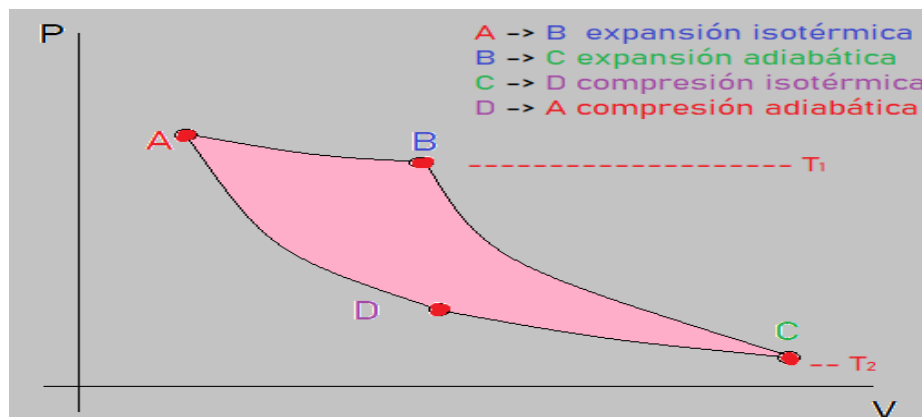


Figura 2.2 bosquejo de la gráfica del ciclo de Carnot que describe el funcionamiento de la máquina térmica ideal.

En palabras de Thomson, en un intercambio de calor en el que implique una variación de temperatura, se produce el mismo efecto mecánico que en otra situación similar en la que la “proporción” del intercambio de calor y la variación de temperatura sean las mismas de las del primer caso, sin importar el valor de T . Esto implica que todos los grados de una escala, tengan el mismo valor. A esta explicación, Thomson la cataloga como “escala absoluta de la

temperatura” porque sus características son independientes de las propiedades físicas de cualquier sustancia:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{Q_1}{Q_2} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$W = JQ \left(\frac{dT}{T} \right) \quad \text{Ecuación 2}$$

Las dos ecuaciones anteriores marcaron el cierre de las investigaciones de Thomson sobre termometría, donde T es la temperatura absoluta involucrada en los procesos, Q hace referencia al calor absorbido o emitido en los procesos, W es el trabajo derivado de una transformación de energía y J la constante obtenida a partir del equivalente mecánico del calor. Es evidente que conceptos que parecieran tener una definición concreta como fachada, resultan ser “la punta del iceberg”, pues en realidad tienen toda una estructura y un desarrollo histórico lo suficientemente amplio como para creer que no es algo tan sencillo de reducir a una oración. Parte de la investigación de Chang al recopilar las diferentes investigaciones de autores relacionados con la termometría para dar con el “cómo fue que se inventó la temperatura”, se puede reducir a la operacionalización del concepto de la temperatura absoluta y de los conceptos implicados para llegar a su formalización:

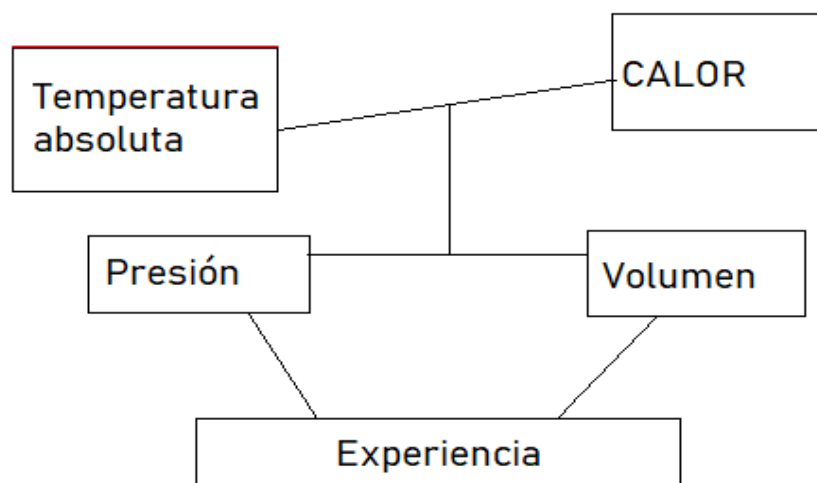


Figura 2.3 una versión reelaborada por Chang (2004) sobre la operacionalización de la temperatura absoluta propuesta por Preston (s.f).

Con la operacionalización es posible definir el concepto de temperatura absoluta para que sea claramente distinguible, medible y comprensible por observación empírica, a partir de los conceptos de presión y volumen (sin desligar el calor de su papel en la termometría), pero eso no quiere decir que podemos ignorar toda su trayectoria histórica que tiende a ser un punto de gran importancia comparado con la simpleza de una operacionalización (para más, ver Zambrano, 2007). Esta manera de concebir la temperatura permite organizar las ideas que resultan abstractas para formalizar el concepto y acercarse a una definición más concreta desde una perspectiva macroscópica. Es una manera de reducir siglos de investigación a una estructura simple y concreta.

2.5 Reconstrucción didáctica de la temperatura

El aprendizaje y la construcción de conocimiento científico es primordialmente una actividad colectiva. Una sólida formación participativa de la construcción de conocimiento acentúa el desarrollo de habilidades y actitudes de la mano de los contenidos teóricos. La participación del estudiante es la principal razón por la cual resulta el aprendizaje. Cuando no permitimos que el estudiante relacione y comparta sus ideas con otros compañeros se verá afectada de manera negativa el desarrollo de conocimiento de los estudiantes, pues de manera contraria y positiva, los alumnos mejoran la calidad de sus actividades cuando saben que éstos serán compartidos con otros alumnos (Johnson, D., Johnson & Holubec, 1994; Vosniadou, 2000).

Para el profesor que indaga en la didáctica participativa, algunas de las preguntas que todo docente se formula en su espacio laboral, por ejemplo: ¿Cómo debo empezar una clase? ¿qué tipo de tarea debo dejarle al estudiante para que no se vuelva un trabajo aburrido? ¿cómo evaluar sin terminar siendo el verdugo injusto? (Vásquez, 2010), resultan más sencillas de resolver con una simple inclusión del punto de vista del estudiante en la discusión de la clase.

Por ello la didáctica ha venido tomando más importancia en las últimas décadas para enriquecer la labor docente (Vásquez, 2010), pues no es suficiente con tener una buena disposición o voluntad para enseñar si el docente no se apropia de los recursos y se organiza con una buena disciplina didáctica que haga de su rol como educador, un papel importante para el estudiante, sensible a cuestiones que para el estudiante ni siquiera merecen algo de importancia, pero que el maestro logra involucrar como parte del camino de la duda en el estudiante, con el fin de captar su atención y que el estudiante active su espíritu crítico.

Teniendo en cuenta la discusión anterior y de acuerdo con la revisión de investigaciones realizadas por otros autores, lo más apropiado para este caso es adoptar el método de reconstrucción didáctica de estructuras (reconocido por sus siglas en inglés como “DRoS”) propuesto por Mäntylä (2011) para la enseñanza del concepto de temperatura. Este es un método en el que el conocimiento científico se transforma en procesos para ser enseñado, esta transformación tiene el propósito de que los estudiantes logren comprender este conocimiento.

En las reconstrucciones didácticas, es necesario “reconstruir” la ciencia para enseñarla a la población a la que va dirigida. No hay una manera definida para hacer una reconstrucción didáctica, pero a continuación, se presenta el desarrollo del concepto de temperatura que se basa en la propuesta de Mäntylä (2011) y en la revisión del trabajo de Chang (2004).

Los procesos de formación del conocimiento producen las estructuras del conocimiento en el que Mäntylä usa el esquema tradicional basado en niveles jerárquicos de abstracción del conocimiento:

- Cualidades: el proceso de conceptualización parte del reconocimiento de los fenómenos, a través de la organización de las propiedades cualitativas de los fenómenos.
- Cantidades: el proceso de conceptualización implica caracterizar las propiedades cuantitativas de los fenómenos y transformarlas en leyes.
- Teorías: Generalizado.



Siguiendo la propuesta de Mäntylä, el desarrollo del concepto de temperatura se organiza en tres niveles: *nivel de las cualidades*, *nivel de las cantidades* y *de las leyes* y *nivel de la teoría estructurada*.

Mäntylä explica que la reconstrucción didáctica debe desviarse del curso histórico real de los eventos, especialmente la posición dada a las leyes empíricas desde un punto de vista retrospectivo. Para el caso de la temperatura y la historia de la física, Chang (2004) en su investigación, proporciona una fuente para comprender cómo se han construido y abstraído diferentes conceptos y cantidades, dando cuenta del papel del análisis conceptual y filosófico de la historia de la física con el objetivo de comprender la creación del conocimiento y la justificación de las afirmaciones del conocimiento. En su trabajo, muestra cuán estrechamente están conectadas las formas de medir con el desarrollo o, más bien, según Chang, la "invención" del concepto, y cuánto más delicado es este proceso que una simple "operacionalización" (Mäntylä, 2011).

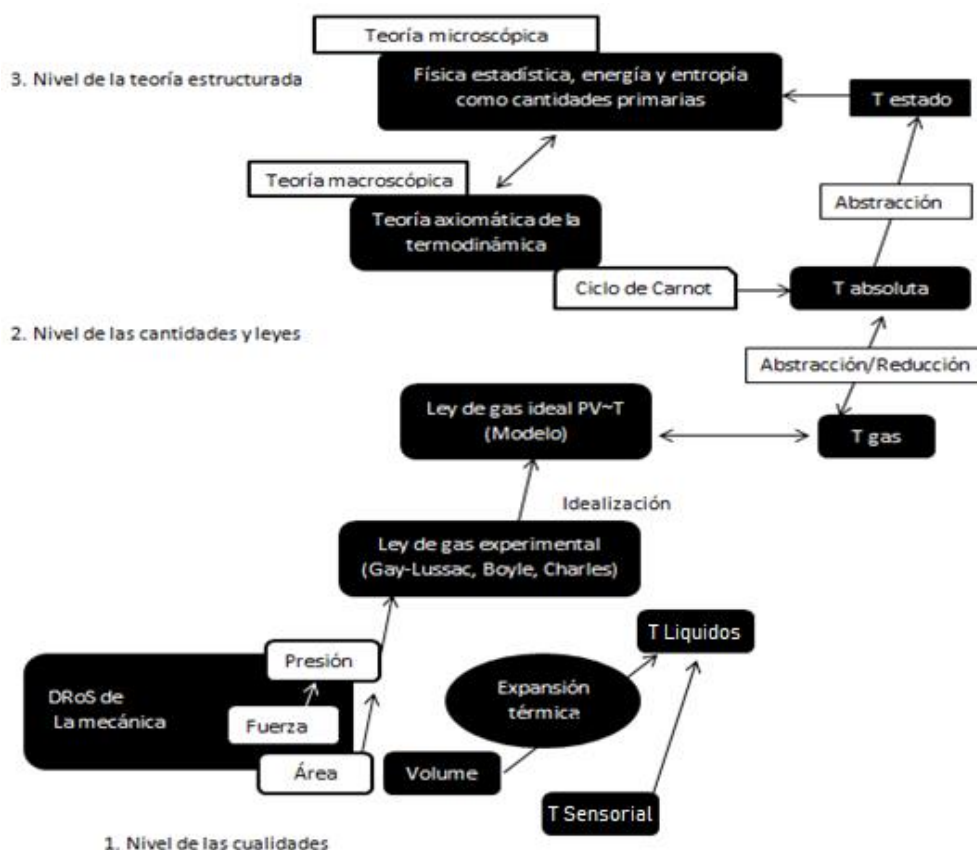


Figura 2.2.2 Bosquejo del diagrama de flujo gráfico de reconstrucción didáctica de temperatura
(Mäntylä, 2011, p. 58).

El método “DRoS” propuesto por Mäntylä, produce las estructuras del conocimiento a partir de los procesos de formación del conocimiento no solo haciendo mensurables los conceptos teóricos existentes, sino también creando o inventando cada concepto a través de un proceso de medición. De modo que, las cualidades se transforman en cantidades a partir de experimentos de cuantificación y modelado, y los experimentos luego asignan los significados a cantidades y leyes.

2.5.1 Nivel de las cualidades: la temperatura como una cualidad

Las personas construimos conocimiento común o cotidiano a partir del mundo natural. Se reconoce que estos conocimientos se fundamentan en las experiencias *sensoriales* y *perceptivas de las personas*, ya que hacemos uso de los sentidos para percibir información y construir percepciones sobre el mundo natural, entendida la percepción como la interpretación de las sensaciones. En consecuencia, acciones como ver, oler, tocar y escuchar son centrales en los procesos de construcción de estas formas de conocimientos.

Algunos de los conocimientos comunes o cotidianos hacen referencia al carácter distintivo de los cuerpos, es decir a *sus cualidades*, por ejemplo, su aroma, forma, tamaño, color, textura y demás. Cualidades que son organizaciones tanto sensoriales y perceptivas, como sociales y culturales. Desde esta perspectiva, las cualidades son características que permiten a las personas hablar sobre los cuerpos, en palabras de Marín L. & Agudelo N. & Isaza p. (2015) “*son etiquetas que se les dan a los cuerpos para poder hablar de ellos*”.

La temperatura es una de esas *cualidades* que hacen parte del conocimiento común o cotidiano de las personas. Por esta razón Mäntylä propone que un primer nivel de organización de la temperatura es sensorial (T_s).

Así como clasificamos a las cualidades de acuerdo a las circunstancias y otros factores, autores como Locke (s.f), clasifican las cualidades en primarias y secundarias teniendo en cuenta la manera en que los percibe la persona, las cualidades primarias son aquellas enteramente inseparables del cuerpo, cualquiera que sea el estado en que se encuentre, el

cuerpo conserva constantemente todas las alteraciones y cambios que dicho cuerpo pueda sufrir a causa de la mayor fuerza que pueda ejercerse sobre él. Estas cualidades las encuentran nuestros sentidos en cada parte de la materia con un “tamaño” suficiente para ser percibida, aun cuando sean demasiado pequeñas para que se puedan percibir individualmente. Luego están aquellas cualidades que no son nada en los objetos mismos (no son indispensables para la identidad propia de un objeto), sino características con un ímpetu para producir en nosotros diversas sensaciones por medio de sus cualidades primarias, es decir, por las dimensiones, la figura, la textura, colores, sonidos, sabores, etc.

En nuestro contexto, se puede definir la cualidad como aquella propiedad que caracteriza un sujeto u objeto, es un elemento o carácter distintivo de la naturaleza de algo. A veces, indica la forma de ser de un contenido vivencial difícil de definir, como cuando se habla de la cualidad de un sonido o un sentimiento. A su vez, también hay que saber que las cualidades pueden ser, o bien objetivas, es decir, que no pueden ponerse en duda ya que obedecen a una realidad concreta, o bien subjetivas, las cuales dependen del punto de vista del observador.

De lo anterior concluimos que las cualidades se ven ampliamente influenciadas por nuestros sentidos y el conocimiento común que tengamos al respecto.

Desde la perspectiva de Mäntylä se sostiene que la temperatura sensorial se asocia a la experiencia que tienen las personas con el calor y que hace referencia al grado de “calidez” o “frialdad” de los cuerpos. Esta cualidad permite distinguirlos, clasificarlos y diferenciarlos. Esto incluye a la pregunta que Mäntylä se hace acerca de *¿Cómo sabemos lo que sabemos sobre temperatura?* Y es precisamente porque del conocimiento cotidiano se recogen las características primarias del conocimiento científico que se ha estructurado sobre la temperatura, teniendo en cuenta la gran influencia social y cultural que se da en cada persona, cuando elaboran su conocimiento común o cotidiano.

En muchos casos, estas cualidades se consideran inherentes a los cuerpos, pero en otros se reconocen como circunstanciales ya que se originan en las relaciones con otros cuerpos, basta como muestra la calidez de los cuerpos. La mayoría de las personas consideran que la calidez es una cualidad propia de los cuerpos; el metal es frío, el cuero es tibio, la madera es neutra y llegan a estas conclusiones a partir de los contrastes sensoriales que se perciben al tacto. Sin embargo, otras personas reconocen que la calidez de los cuerpos depende de factores

ambientales como un día soleado o el sereno de la noche: concluyendo que la calidez es una cualidad circunstancial; una lámina metálica es muy “caliente” al tacto en un día soleado, pero es inconfundiblemente fría en el sereno de la noche.

En el lenguaje, más precisamente en algunas descripciones que damos de una característica, se halla la transición entre el nivel de las cualidades y la cuantificación de una característica de la que se parte para hablar del siguiente nivel, el nivel de las cantidades y leyes, como por ejemplo el uso del diminutivo y aumentativo como parte del lenguaje cotidiano que da una terminación especial de una palabra para describir una misma cualidad, pero en menor o mayor proporción (calientico a caliente, tibiecito a tibio, etc.,) o los adverbios de cantidad que modifican la proporción con la que se describe una cosa (ejemplo: de “eso está caliente” a “eso está muy caliente”).

2.5.2 Nivel de las cantidades y leyes: referencias para definir una temperatura

Establecer diferencias y clasificarlas es el primer paso de una transición de lo cualitativo a lo cuantitativo. Determinar que, sobre dos cuerpos, es posible identificar una misma cualidad, con la distinción que esta característica puede ser percibida en mayor proporción en un cuerpo que en el otro, es lo que describiría la aparición de cantidad en una cualidad. Para la temperatura, el conocimiento común estaría a favor de lo anterior, y al ubicarlo en contexto, podríamos llamar “escala natural” a esa distinción que puede hacer nuestro cuerpo de las proporciones del estado térmico de un sistema en el que el instrumento de medida será el tacto. Al usar nuestro sentido, ordenamos las características térmicas en “caliente, tibio, frío y helado”, desde una reacción positiva a negativa respectivamente.

Como primer nivel de caracterización térmica de esta escala natural, podríamos establecer que los puntos fijos serán nuestra temperatura corporal y la temperatura ambiente, definiendo así, que todo aquello que nuestro tacto perciba que se encuentre en un estado térmico superior a nuestra temperatura corporal, lo clasificamos como “caliente”; cuando se encuentra cerca de nuestra temperatura corporal es tibio, cuando se acerca a la temperatura ambiente, es frío y cuando se encuentra muy por debajo de la temperatura ambiente lo clasificamos como helado. Esto en condiciones comunes resulta ser útil para cada persona (ver capítulo 3.1), pero tiende a ser subjetivo de ordenar, porque cada persona tiene un sentido común diferente, pues como se dijo en secciones anteriores, depende del contexto de la persona.

De tal manera que como el sentido del tacto tiene alcances limitados, se hace necesario ampliar esos alcances con ayuda de un instrumento y la concepción de una escala numérica. Esto implica clasificar, identificar y medir diferentes grados de calor o frío según corresponda. La idea anterior conlleva a la organización de la ordinalidad y la cardinalidad de los números. Podríamos decir que un número ordinal es para dar una clasificación de proporción y un número cardinal es para clasificar una cantidad.

El termómetro es el principal instrumento de medición de la temperatura, pero no lo determina, así se explica por qué primero existe el termómetro y luego el concepto de temperatura. El termómetro, como instrumento para medir los grados de calor o frío, es el resultado de la medición de estas características.

El termómetro aparecería como efecto de unir dos elementos: el empírico y el conceptual. El primero es el aparato propiamente dicho (termómetro) y el segundo es el proceso de establecer la escala de referencia para medir los grados de calor y frío (Zambrano, 2007).

En nuestro contexto, el termómetro se basa bajo la idea de expansión de fluidos. Hay varias posibilidades para relacionar los cambios en el volumen de los líquidos con los cambios en su "grado de calor". Lo que finalmente permitiría construir la temperatura, sería medir los cambios de volumen. Sin embargo, la idea de que los grados de calor aumenten o disminuyan con una proporcionalidad lineal, resulta no ser adecuada cuando hablamos de los líquidos (Chang, 2004). Por ello, Mäntylä expone que, en el caso de los gases, experimentos muestran que la proporcionalidad lineal asumida entre los cambios en las cantidades mecánicas de volumen y presión es casi proporcional a los cambios de temperatura cuando se mide con la escala tomada para los líquidos. "Entonces, las leyes empíricas de los gases y, mejor aún, una ley de los gases ideales que abstrae y generaliza las leyes empíricas, puede tomarse como base para una nueva escala de termómetro de gas" (Mäntylä, 2011, p.57).

Pensar de esta manera, proporciona una nueva forma de operacionalizar la temperatura pensada para los gases, que es más confiable y que análogamente señala la posibilidad de una escala absoluta con un punto de referencia común con los líquidos. La idea de Mäntylä de llevar el gas ideal, más allá de solo una "idealización", eleva el nivel de abstracción, aunque la temperatura todavía esté ligada a la sustancia, y con ello, en la práctica se pensaría como un gas real "diluido".

2.5.3 *Nivel de la teoría estructurada: la temperatura cotidiana*

Para extender la idea de la temperatura de sus alcances limitados por su uso cotidiano, hemos pasado por 2 niveles anteriores en los que se da importancia a todas aquellas características que requieren de un primer nivel de abstracción para construir un concepto congruente a las ideas científicas. Y para conectar estos niveles anteriores con la construcción conceptual de la temperatura, se hace necesario traer a colación a la teoría de principios; los principios generales de la termodinámica.

Las leyes fundamentales de la termodinámica clásica y el ciclo de Carnot (ver figura 2.2) son el “embalaje” apropiado según Mäntylä, para discutir la temperatura absoluta desde la idea de cómo la teoría orienta la elaboración del concepto. En ese caso, el motor térmico ideal nos muestra procesos reversibles en el que las proporciones de calor son equivalentes a las proporciones de la variación temperatura. La escala de temperatura se construye bajo este supuesto de proporcionalidad directa con las cantidades de calor intercambiados y es posible mostrar que coincide con la escala de gas ideal. El volumen, la presión, el equilibrio térmico, los procesos térmicos fundamentales, la dilatación o expansión térmica, entropía, entre otros, son los conceptos fundamentales que se encuentran alrededor de la construcción del concepto de temperatura. Desde este punto de vista la temperatura se libera de la perspectiva de que es medible y existente, únicamente en las sustancias.

De esta manera se abre paso a otro nivel de abstracción en el que las variaciones de la energía interna influyen en las variaciones de la entropía y se puede llegar a una concepción microscópica (que no es el objetivo de esta investigación).

3 PROPUESTA DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA PARA LA PROMOCIÓN DE APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO SOBRE LA TEMPERATURA

Teniendo en cuenta los objetivos de esta investigación, esta propuesta toma como ruta de construcción, el análisis de los capítulos anteriores en el que se prioriza el concepto de la temperatura con ayuda de algunas reflexiones surgidas de la historia y la didáctica de la física. Esto permitirá relacionar la cotidianidad del estudiante con las ideas científicas sobre la temperatura para promover la enseñanza significativa del concepto de temperatura y así elaborar las actividades pertinentes acorde a la investigación realizada.

3.2 Al maestro

La siguiente información presentada en este documento pretende ser un apoyo como guía para el desarrollo de una clase de termodinámica para estudiantes de secundaria. Los maestros deben ayudar a los estudiantes a ser activos y orientar sus metas, que permitan en los alumnos construir su deseo natural de explorar, entender cosas nuevas y dominarlas.

La creación de ambientes cómodos, desafiantes e interesantes que permitan la construcción de conocimiento, es tarea propia del maestro. Tenga en cuenta las siguientes recomendaciones que podrían ser de gran ayuda al momento de establecer una mejor relación “maestro-alumno”:

- Permita que los estudiantes se equivoquen sin que se convierta en un cruel orientador, e impúselos a solucionar los percances, “al final de cuentas” lo más importante no es equivocarse, sino aprender a identificar mejores opciones.
- Utilice los conocimientos previos que cada estudiante tiene para catapultarlos como una idea de anclaje para un nuevo conocimiento. En el caso de la temperatura, existen muchas ideas alternativas al respecto que suelen ser de gran ayuda si se analiza desde esta perspectiva.
- Proporcione a los estudiantes material audiovisual y didáctico que pueda complementar esta propuesta.

- Evite crear situaciones en las que el estudiante tenga poca participación convirtiéndose en un oyente pasivo. Sabemos que la construcción de conocimiento es una actividad netamente colectiva.
- Involucre los intereses de cada estudiante para darles autonomía sobre su propio aprendizaje. Esto permitirá dar paso a que despierten un interés particular por saber más.
- Moldear el leguaje de la teoría para flexibilizar su enseñanza permitirá una conexión más directa con las ideas comunes de cada estudiante.

Los maestros pueden hacer que las actividades del aula sean más significativas, cuando las ideas científicas se ubican en contextos cotidianos, situaciones comunes del día a día de un estudiante.

3.3 Al estudiante

El aprendizaje en el aula requiere de la atención de los estudiantes. Se debe propiciar la iniciativa autónoma en cada alumno para que se establezcan metas y se asuma la responsabilidad de su propio aprendizaje.

Esta propuesta pretende ayudar a formalizar las ideas cotidianas que se tienen de la temperatura y su papel en el mundo natural. Involucrar parte del desarrollo histórico de los conceptos permitirá comprender la razón de “ser”, de cada idea científica. La epistemología de las ciencias es una orientación educativa de las mismas ideas científicas desarrolladas a lo largo de la historia. Esta sería una herramienta útil para fomentar la construcción de conceptos, replicando parte de los momentos atravesados por los conceptos, para llegar a su elaboración. “Saber cómo se origina y se justifica un concepto de las ciencias, es la base conceptual de su propia pedagogía en acto, con sus problemas de comprensión, apropiación y comunicación y sustentación para su reconocimiento epistemológico y cultural” (Zambrano, 2007, p.9).

Aprovechar entonces las estrategias pedagógicas para cada situación, ayudará a los estudiantes a resolver problemas más rápido y de manera más eficiente. Mientras más sean las estrategias que los estudiantes puedan usar apropiadamente, tendrán más éxito para comprender, resolver problemas, replicar la información de manera más acertada, etc.

3.4 Sobre el trabajo grupal

Las relaciones sociales cumplen una función importante en el aprendizaje de las personas, para muchos investigadores como Vosniadou (2000) afirman que la participación social es la principal actividad por la cual ocurre el aprendizaje. Las relaciones sociales empiezan a temprana edad, en el que cada persona asume un rol alrededor de una discusión sin importar cual sea el asunto o tema de conversación. Algunos hablan desde la experiencia, otros desde las suposiciones, otros formulan preguntas y así sucesivamente, para generar una red de ideas en común que al final resultan en construcción de conocimiento. El trabajo grupal permite un intercambio libre de ideas entre todas las personas que participan. Promover las actividades grupales incentiva a los estudiantes a querer tener experiencias y compartir ideas, además permite desarrollar habilidades comunicativas que enlazan con el aprendizaje y la construcción de conocimiento, y formación de valores humanos como la responsabilidad. Estas son algunas de las características principales de un trabajo en grupo. Es tarea del maestro propiciar un ambiente en el que el estudiante se sienta seguro de participar en un trabajo grupal y se le permita su participación activa durante todos los procesos en el que se le involucre.

3.4 Consideraciones generales para abordar el concepto de la temperatura

La intención de esta secuencia es que los estudiantes, a partir de la observación, la experimentación y la práctica, comprendan en un primer nivel de abstracción, el concepto de la temperatura y las numerosas expresiones que se encuentran alrededor que ayudan a dar una estructura lógica al concepto. Cada expresión tiene su razón de ser dentro de las ideas científicas. Las siguientes son algunas de las expresiones más importantes y que resultan ser las palabras clave de esta propuesta: sistema, estado, sensación térmica, volumen, presión, expansión térmica, instrumento de medida, escalas de medida, temperatura en líquidos, temperatura en gases, relación Presión-Volumen-Temperatura (PVT), ciclo de Carnot, temperatura absoluta.

Las actividades de esta propuesta se fundamentan a partir de unas preguntas orientadoras que permiten dirigir la construcción del concepto de la temperatura y su relación con todas aquellas expresiones que le dan una estructura lógica. De tal manera que, se distribuyen las actividades en 4 semanas en las que el docente deberá ajustar los tiempos adecuados de las

actividades por semana, teniendo en cuenta la intensidad horaria semanal destinada para sus estudiantes a cargo. Durante la primera semana se analizan las características de un sistema como objeto de estudio y la capacidad de un cuerpo para tener ciertas cualidades. Se relaciona el lenguaje cotidiano con el contexto que se tiene por objeto de estudio, además, se tienen experiencias con sentidos propios de nuestro cuerpo para describir y caracterizar propiedades térmicas al alcance de las sensaciones y se involucran las experiencias propias que un estudiante comúnmente tiene y que se describen por medio del lenguaje con el que usualmente nos comunicamos.

Durante la segunda semana, se propone la construcción de un instrumento que va a permitir observar las variaciones volumétricas que presenta una sustancia cuando entra en un estado de equilibrio térmico con otras sustancias o cuerpos en contacto con el instrumento. De allí, se enlaza la idea de que la temperatura se relaciona con el volumen de las sustancias y los cuerpos haciendo que se contraigan o se expandan según sea el caso.

En la tercera semana se aborda la siguiente pregunta capciosa: “¿mucho o poco?” Para dirigir la idea de que analizar una escala de medida de la temperatura, implicaría tener en cuenta unas referencias de proporción que varían y poder responder a: ¿mucho respecto a qué? ¿poco desde dónde? Estas preguntas permiten dar una idea de qué tan importante es la proporción de una escala de medida y nos ayudarán a construir nuestra propia escala de medida como parte de jugar aprendiendo.

Para la cuarta semana, se conectan las expresiones involucradas en las semanas anteriores, con la teorización que se logra al analizar el ciclo de Carnot. Se darán las características de la presión, el volumen y la temperatura que hacen que se relacionen proporcionalmente. Aquí van a aparecer las leyes de la termodinámica como parte de la explicación de los fenómenos y la temperatura absoluta como la recopilación de toda idea concreta de nuestro objeto de estudio.

Por último, por medio de una evaluación de los desempeños esperados, se discute con el grupo y se sintetizan las ideas alternas para enfocar el objeto de estudio hacia los conceptos e ideas afines con la ciencia.

Tabla 4.3.1 Descripción de la ruta de aprendizaje

Semana	Pregunta Para Relacionar	Ideas Clave	Desempeños Esperados
1	Si tenemos fiebre ¿Por qué nos dan escalofríos?	<ul style="list-style-type: none"> - Sensación térmica. -Un sistema puede contener varios fenómenos. - Un cuerpo puede tener varios modos de “estar”. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reconozco la sensación térmica como una cualidad propia de nuestro cuerpo. - Identifico sistemas cerrados y abiertos en los que se puede interactuar con un fenómeno. - Diferencio distintos estados en los que se puede encontrar un cuerpo.
2	No deberíamos llorar sobre la leche derramada ¿o sí?	<ul style="list-style-type: none"> - La temperatura influye en la expansión o contracción de las sustancias y cuerpos. -Los instrumentos permiten medir variables que se relacionan directamente con la temperatura. - Los sólidos, las sustancias y los gases tienen propiedades térmicas diferentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reconozco la relación que existe entre el volumen y la temperatura. - Identifico los instrumentos para medir la temperatura. - Construyo un instrumento que me permita comparar variaciones térmicas. - Observo algunas propiedades térmicas que tienen los cuerpos, las sustancias y el aire.
3	¿Mucho o poco? Depende de la medida	<ul style="list-style-type: none"> - La proporción de una medida describe una escala. -Medir conlleva una serie de pasos que sirven para reducir el margen de error de los datos obtenidos. - La temperatura es una magnitud intensiva. 	<ul style="list-style-type: none"> - Identifico y construyo una escala a partir del instrumento de medida. - Comparo y diferencio distintas escalas de medida. - Reconozco las propiedades intensivas y extensivas de la materia para caracterizar a la temperatura.
4	Juntos, pero no revueltos ¿PVT por separado o un trio perfecto?	<ul style="list-style-type: none"> -Leyes de la termodinámica. - Temperatura absoluta. - Los gases ideales - Ciclo de Carnot y el motor. - La presión, el volumen y la temperatura tienen una relación de proporcionalidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Describo las leyes de la termodinámica que me permiten entender la temperatura. - Entiendo a la temperatura absoluta a partir de la definición de magnitudes complementarias. - Describo las relaciones existentes entre las magnitudes presión, volumen y temperatura.
5	Evaluación, integración y cierre		

3.5 Actividades

SEMANA	CARACTERISTICAS DE LAS ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA
1	<ul style="list-style-type: none"> - Conversación alrededor de las ideas alternativas del objeto de estudio. - Indagación sobre el uso de los sentidos del cuerpo para describir fenómenos térmicos. - Reconocimiento de aquellos sistemas que son cerrados y los que son abiertos. - Reconocimiento de las cualidades térmicas de un cuerpo. - Clasificación de las cualidades térmicas de un cuerpo.
2	<ul style="list-style-type: none"> - Discusión de aquellas experiencias en las que se involucra el aumento del volumen de una sustancia u objeto. - El chocolate, el café y la leche como ejemplos de dilatación térmica. - Construcción de un termómetro de alcohol. - Uso directo del instrumento de medida construido y pautas para no fallar en el intento.
3	<ul style="list-style-type: none"> - Conversación sobre la expansión térmica de la materia. - Hacer las comparaciones pertinentes de aquellas sustancias u objetos que mantienen un estado térmico sin variación alguna. - Construcción de una escala de medida. - Discusión sobre las características intensivas de la temperatura
4	<ul style="list-style-type: none"> - Conversación acerca de la ley cero de la termodinámica. - Reconocimiento de la relación PVT - Discusión alrededor de la temperatura absoluta.
5	Evaluación, integración y cierre.

3.5.1 Semana 1

Actividad 1		
Pregunta Orientadora	Objetivo	Ideas Clave:
Si tenemos fiebre ¿Por qué nos dan escalofríos?	Describir las características de las sensaciones proporcionadas por el sentido del tacto con diferentes sustancias y objetos mediante experiencias y experimentos mentales.	<ul style="list-style-type: none"> • Sensación térmica. • Un sistema puede contener varios fenómenos

Materiales:

- Objetos cotidianos del entorno

Propuesta de desarrollo. Comience poniendo en contexto en forma de lluvia de ideas con la participación de los alumnos, aquellas vivencias cotidianas de los estudiantes en las que el estudiante haya sentido frío y vaya anotando en el tablero todas aquellas situaciones particulares que puedan describir una sensación térmica. Permita que los estudiantes debatan al respecto con el fin de que usted pueda recopilar las ideas alternativas de cada situación particular.

De instrucciones claras para formar grupos de 2 a 4 personas para que al azar escojan objetos dentro del salón de clases y anoten en un papel características de frío, tibio y caliente que los estudiantes puedan percibir. Si está dentro de sus posibilidades, permita que los estudiantes interactúen en el patio o espacios comunes del colegio y todo lo que observen. Junto con los estudiantes, recopile toda la información y úsela para sintetizar las ideas al final de la clase y tome como ejemplo uno de los datos obtenidos de un grupo para discutir y anotar en el tablero. Al final de la clase ponga en discusión la pregunta: *¿por qué cuando nos da fiebre, tenemos escalofríos?* Esta pregunta, particularmente involucra una experiencia propia de la gran mayoría de los estudiantes y logra despertar un gran interés en el estudiante.

Particularmente esta pregunta hace referencia a una variación de la sensación térmica del estado térmico corporal respecto al estado térmico del ambiente. El cuerpo al presentar fiebre, se aumenta el intervalo de diferencia de temperatura entre el cuerpo y el ambiente, por lo que los escalofríos se van a presentar en nuestro cuerpo, en este caso la sensación térmica depende del intervalo de diferencia de temperatura con el objeto o sustancia con la que nos relacionemos al tacto. Aunque esta explicación se basa en la lógica científica, se esperaba que los argumentos que expongan los estudiantes se acerquen a este tipo de explicaciones al final de cada semana.

Actividad 2

Pregunta Orientadora	Objetivo	Ideas Clave:
<i>¿Cómo identificamos cuando algo está caliente y cuándo está frío?</i>	<i>Reconozco la sensación térmica como una cualidad propia de nuestro cuerpo</i>	<ul style="list-style-type: none">• Sensación térmica.• Un sistema puede contener varios fenómenos

Materiales:

- Varilla metálica de 5 cm (opcional)
- Trozo de madera de 5 cm (opcional)

Propuesta de desarrollo.

Experimento mental 1. Es importante que haga la aclaración de la naturaleza de un experimento mental. Su uso permitirá en algunos casos un desarrollo de la creatividad. Dé las siguientes indicaciones apoyándose en el tablero para describir la situación mental: “Si tienes un trozo de metal y un trozo de madera del mismo tamaño y los dejas en el congelador por un par de horas ¿Encuentras alguna diferencia uno respecto al otro al agarrarlos con tus manos? Descríbelo”. Dirija la discusión hacia una situación alterna en la que los objetos se ponen bajo el sol. Si está dentro de sus posibilidades, solicite a los estudiantes con anterioridad que traigan los objetos para recrear este experimento.

Experimento mental 2. Inicie un debate con los estudiantes y haciendo uso del tablero, haga el bosquejo de la figura 4.1 y dirija la siguiente situación mental: “imagínate que los recipientes de la figura 4.1 contienen agua fría y agua caliente. Si introduces una de tus manos en uno de los recipientes y la otra mano en el otro sin saber en cual aplicaste el agua caliente o el agua fría ¿Cómo identificas cual es fría y cual es caliente?”. recopile la información y sintetícela.

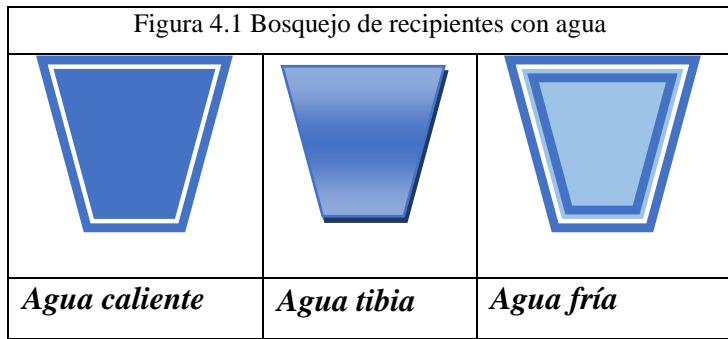
Actividad 3

Pregunta Orientadora	Objetivo	Ideas Clave:
<p><i>¿De qué dependen nuestros sentidos para describir una sensación térmica?</i></p>	<p><i>Reconocer cómo nuestros sentidos nos ayudan a identificar sustancias frías o calientes a partir de la experiencia de Locke (1690).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sensación térmica

Materiales:

- Becker (opcional)
- Olla
- Estufa
- Agua
- Hielo
- 3 recipientes plásticos de igual tamaño

Experiencia Locke. En el laboratorio, intente recrear el experimento mental 2 con el uso de una estufa, un recipiente que pueda ponerse sobre la estufa, agua y hielo. El Becker o estufa para evitar accidentes, o si es el caso, distribuya a los grupos ya establecidos, el agua previamente “calentada” de la estufa. Dar las siguientes indicaciones: “preparar un recipiente con agua y hielo, otro con agua al clima y uno más con el agua previamente calentada en la estufa, luego ingresar por separado, las manos a los recipientes de agua con hielo y el agua caliente por unos segundos.



Al cabo de unos 20 segundos, se debe ingresar las dos manos al mismo tiempo en el recipiente

de agua al clima luego de tenerlas durante unos segundos por separado en los recipientes de agua caliente y fría. Anotar y describir la experiencia y las sensaciones”. Esta actividad permitirá entender que nuestras sensaciones proporcionadas por el sentido del tacto dependen de una diferencia de temperatura entre nuestro cuerpo y las sustancias u objetos con las que se estén en contacto.

3.5.2 Semana 2

Actividad 1		
Pregunta Orientadora	Objetivo	Idea Clave
<i>Vamos a la parte experimental del dicho: “No hay que llorar sobre la leche derramada”.</i>	<i>Analizar situaciones comunes de nuestra cocina y relacionarlas con la dilatación térmica.</i>	Dilatación térmica.

Materiales:

- Leche, café o chocolate.
- Estufa
- Recipiente metálico o Becker

Figura 4.4.2.1 Bosquejo de la situación esperada al dejar un tiempo la mezcla en la estufa



Sapiña F. (2012), Instituto de Ciencia de los Materiales. Parque Científico, Universidad de Valencia.
https://www.abc.es/ciencia/abcicualdo-leche-hierve-derrama-201207280000_noticia.html

Propuesta De Desarrollo. Estos ingredientes de cocina actúan como reactores y multiplicadores de un efecto visual de expansión térmica instantánea. Es importante el tener claro que es un efecto instantáneo por composiciones químicas de la leche (sucede de forma similar con el café y el chocolate) y no sucede con todos los líquidos. Se escogió esta sustancia porque sucede en el momento en que la leche hierve dando a entender de que sí hay una variación del estado térmico de la leche y aunque sucede de manera abrupta, el efecto es muy visual. Lo interesante aquí y que debe ser el foco de atención, es la relación que hay de una fuente de calor como lo es la estufa, con la materia en términos de la dilatación volumétrica o llamada también la expansión térmica. En primer lugar, de instrucciones claras, en el laboratorio, para que todos los estudiantes tengan participación durante la

actividad y se recomienda la realización por grupos. Se deben hacer las mezclas de café o chocolate en agua, en los recipientes adecuados para poner sobre la estufa, o tener lista la leche si es el caso. Poner sobre la estufa, el recipiente con la mezcla y observar lo que ocurre

antes, durante y después. Sobre el tablero anotar en forma de lluvias de ideas los comentarios que los estudiantes se atrevan a lanzar en forma de discusión, proponga situaciones alternas que generen interés por parte de los estudiantes, quizás un volcán en erupción o una pregunta capciosa de aquella situación en la que la ropa se siente más ajustada en “tierra caliente”. Pedir a los alumnos que anoten las ideas y conclusiones.

Actividad 2

Pregunta Orientadora	Objetivo	Idea Clave
<i>Si las magnitudes físicas se pueden medir ¿cómo podríamos medir la temperatura y observar sus variaciones?</i>	<i>Construir un instrumento que me permita observar las variaciones térmicas a partir de la idea de la dilatación de la materia.</i>	Expansión térmica

Materiales:

- Corcho
- Botella de vidrio
- Plastilina
- Cilindro de plástico o pitillo (largo)
- Alcohol
- Colorante

Propuesta de Desarrollo.

Como principal recomendación que debe hacerle a los estudiantes es recordarles que el alcohol es un líquido inflamable por lo tanto hay que darle un manejo adecuado a este fluido. El desarrollo de esta actividad se basa en la propuesta de construcción y calibración de un termómetro de alcohol, realizada por Martínez E., Cáceres J., Lozada A. & Hidalgo D, (2013), enfocándonos únicamente en la utilidad cualitativa y cuantitativa del instrumento, pues el objetivo principal de esta actividad está en la observación de las variaciones del principio de la expansión térmica. El trabajo realizado por los autores nombrados expone la construcción de un termómetro de alcohol para fines educativos. La construcción es posible con el uso de materiales sencillos y fáciles de obtener por los estudiantes. Su importancia es que permite comprender el principio de dilatación o expansión térmica ante los cambios de temperatura y para ello se opta por tomar el alcohol como fluido termométrico (ver Chang, 2004).

Se debe solicitar a los estudiantes que por grupos de trabajo se encarguen de traer los materiales solicitados. Como primer paso, se debe verter el alcohol en la botella de vidrio hasta llegar a $\frac{1}{4}$ de su capacidad aproximadamente. Luego debemos aplicar un poco de

colorante al líquido, con el fin de hacer más visible nuestro fluido termométrico. Se toma después el corcho con un pequeño agujero en el centro donde colocamos el pitillo para mantenerlo fijo y por último se sella con plastilina.

La ventaja del alcohol como fluido termométrico es el crecimiento lineal de la columna del fluido en el instrumento, frente a los aumentos de temperatura, es decir, que la dilatación resulta ser proporcional a las variaciones de temperatura. A partir de aquí los estudiantes van a observar que curiosamente dentro del tubo de plástico, se va a observar un nivel del líquido más arriba que del resto del recipiente y que además la columna de líquido dentro del tubo de plástico va a subir y bajar según el objeto que se ponga en contacto o incluso si cubren el exterior del recipiente con sus manos durante unos segundos.

3.5.3 Semana 3

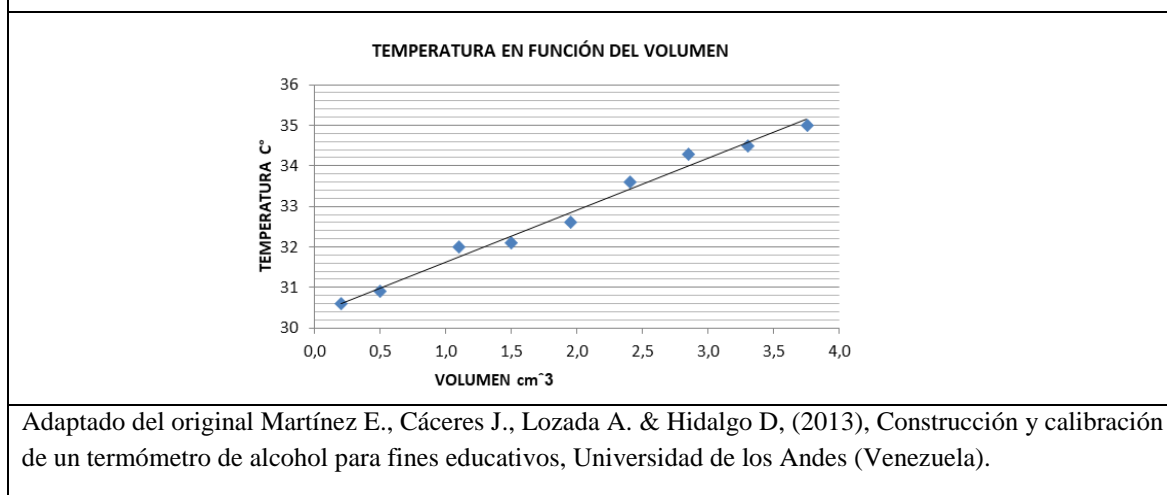
Actividad 1

Pregunta Orientadora	Objetivo	Idea Clave
<i>¿Qué es lo que realmente medimos cuando se “mide” la temperatura?</i>	<i>Construir una escala de medida a partir del instrumento fabricado.</i>	-Escalas termométricas. - Proporcionalidad.

Materiales: Instrumento construido, metro, regla.

Propuesta de Desarrollo. Se debe tener presente que esta actividad tiene por objetivo principal la elaboración de una escala de medida que permita describir las variaciones térmicas y hacer una comparativa de proporcionalidad directa de un aumento o disminución de temperatura con el crecimiento volumétrico de la columna de alcohol dentro del termómetro. Tenemos entonces, un punto de partida que se basa en aquellas temperaturas

Figura 4.4.3.1 Bosquejo de los resultados obtenidos por Martínez E., Cáceres J., Lozada A. & Hidalgo D, 2013 de la Temperatura en $^{\circ}\text{C}$ (T) vs volumen cm^3 del alcohol en el pitillo.



conocidas y que no cambian (puntos fijos), por ejemplo, nuestra temperatura corporal, el agua hirviendo y en algunas situaciones la temperatura ambiente suele mostrar en promedio un estado constante a ciertas horas del día y funcionaria como apoyo para la construcción de una escala.

Si se maneja un rango de variación térmica conocido, se tendrá más control de la situación y por ende de la enseñanza, a su vez, resulta más significativo para el estudiante cuando se relaciona lo ya conocido desde su manera de entender el mundo en el que vive.

Según los resultados del trabajo propuesto por Martínez E., Cáceres J., Lozada A. & Hidalgo D, (2013), podemos encontrar una relación dilatación volumétrica y crecimiento de la columna del alcohol, linealmente proporcional en el instrumento, frente a las variaciones térmicas (ver figura 4.4.3.1).

Debemos tener en cuenta que la gráfica de la figura 4.4.3.1 indica la relación de proporción de volumen con la escala de temperatura en Celsius y que este análisis se hace bajo condiciones de manipulación controlada, en la que los índices de temperatura son de fácil manejo y de bajo riesgo.

Encontramos que hay una relación de proporcionalidad lineal que resulta favorable para la enseñanza por su sencillez y resulta pertinente tomarlo como ejemplo.

Basándonos en el razonamiento que hacen estos autores para la calibración del termómetro, se sugiere dirigir la actividad mostrando la equivalencia del crecimiento de la altura de la columna de alcohol con las variaciones de la temperatura para que cada grupo de estudiantes pueda construir su propia escala. La idea es que cada grupo se pueda “inventar” su propia escala a partir de lo que experimentan al usar el termómetro construido por ellos mismos, que definan proporciones y cantidades. Esto incluye que ellos mismos den características a cada grado de variación, magnitud e incluso le den un nombre. Esto despertará un interés particular en los estudiantes por la investigación y las experiencias propias.

Actividad 2 (opcional)

Pregunta Orientadora	Objetivo	Ideas Clave
<i>¿Los gases también pueden dilatarse?</i>	<i>Analizar el comportamiento de los gases por medio de la construcción de un globo de cantoya.</i>	Gas ideal, Ley de los gases, dilatación en gases, temperatura, fuente, presión, volumen, densidad.

Materiales:

- Bolsa de plástico grande (basura).
- Dos alambres o varas muy delgadas y flexibles, del tamaño de la bolsa.
- Trozo de tela.
- Alcohol

- Tijeras
- Mechero
- Cinta adhesiva
- Hilo

Propuesta de Desarrollo. Los globos de cantoya están hechos de papel, cuentan con un depósito que funciona como mecha y que le permite generar una flama en su interior. Los globos de cantoya son un atractivo visual, recreativo y de aprendizaje si tenemos la intención de incluirla como parte de una enseñanza. Lo particular de estos globos es su cualidad para elevarse. Una razón que explica que se eleven, es debido a una diferencia de densidades del aire interno del globo respecto al aire externo, provocado por un aumento de la temperatura interna al encender la mecha que los globos traen incorporados, el aire dentro del globo aumentará de temperatura y en el proceso, el aire irá perdiendo densidad y es por este efecto que se elevarán mientras la mecha “caliente” el aire dentro del globo. Esta explicación hace referencia a la relación que existe entre la presión, el volumen y la temperatura (relación PVT) para darle paso a la densidad. Un ejemplo perfecto y muy conocido por ser una experiencia cotidiana, es lo que sucede en una olla a presión, en el que la relación PVT podría describirse e incluirse como análogo a la actividad.

En primer lugar, para esta actividad, se recomienda el trabajo grupal en un espacio abierto, teniendo en cuenta que debe priorizarse la seguridad y que el globo no va a invadir espacios aéreos que resulten peligrosos para la comunidad de alrededor o alguna otra afectación. Se propone controlar la altura del globo mediante un hilo. Lo primero que se debe hacer luego de tener todos los materiales preparados es armar la base del globo usando el alambre delgado. Se debe cruzar dos trozos de alambre de tal manera que se forme una equis (X) y que cada línea de alambre sea equivalente al diámetro de la bolsa, luego se debe hacer un círculo de igual tamaño al de la apertura de la bolsa para unir las puntas de la equis al círculo y rodear el círculo y las esquinas con el borde de la bolsa. Sobre una esquina puede ponerse un hilo para controlar la altura del globo y mantenerla hasta que la mecha se quemé completamente y el globo descienda lentamente. En la mitad de los alambres cruzados debemos poner el trozo de tela humedecido en alcohol que nos va a funcionar como mecha. Se necesita la ayuda de varios compañeros para sostener desde la parte superior al globo mientras otro compañero enciende con cuidado la mecha. Se podrá notar como la estructura de la bolsa empieza a hincharse hasta el punto en que va a sostenerse en el aire por si sola y comenzará a elevarse. Todas las ideas previas y durante la actividad, deben tomarse en cuenta para manejar la inclusión de conceptos al final de la clase. Podría proponer en forma de acertijo o pregunta capciosa lo siguiente ¿por qué no encontramos las ollas a presión de nuestra cocina flotando por la casa? Parecerá sencillo de responder, pero generará un curioso debate.

3.5.4 Semana 4

Actividad 1

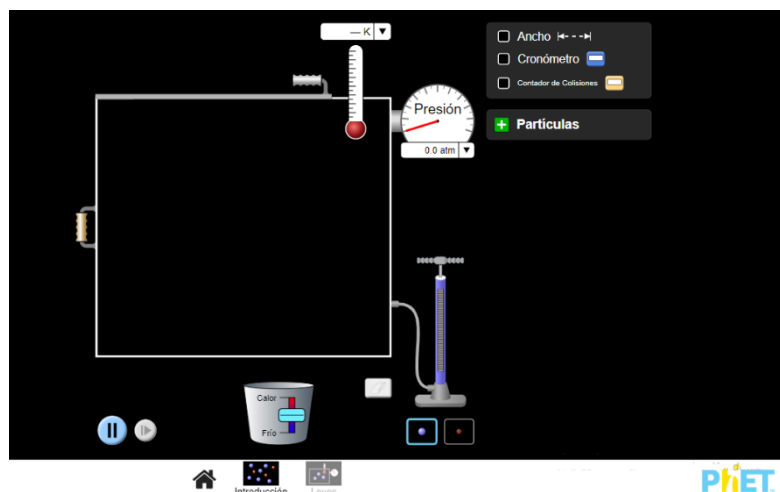
. Pregunta Orientadora	Objetivo	Idea Clave
<i>Así como la imaginación ¿la computación logra cosas increíbles?</i>	<i>Describir las relaciones existentes entre las magnitudes presión, volumen y temperatura con ayuda de simuladores virtuales.</i>	Gas ideal, Ley de los gases, dilatación en gases, temperatura, fuente, presión, volumen, densidad, temperatura absoluta.

Material:

- Acceso a internet
- Tablet, celular o computadora

Propuesta de Desarrollo. Teniendo en cuenta los percances obtenidos por la pandemia causada por el Sarscov-2 (COVID 19), en la que se vio comprometida toda actividad presencial en el ámbito educativo, y que por ende se tomaron medidas alternativas dirigidas hacia la virtualidad académica, se pretende reunir de manera anexa o complementaria, toda la información pertinente que aquí se presenta para la enseñanza de la temperatura, en un aplicativo virtual para celulares, Tablet, computadores, etc., de uso académico y de acceso al público en general.

Figura 4.4.4.1 vista parcial del aplicativo virtual del proyecto PhET



Tomado del sitio web original, Universidad de Colorado (2022), PhET Interactive Simulations, https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_es.html

Los simuladores virtuales pueden usarse como herramienta alterna de uso complementario, o como laboratorio virtual, en el que la experimentación logra ser provechosa, sin comprometer directamente la salud de los aprendices. En este caso se hace uso de los simuladores de PhET, un proyecto fundado por Wieman (2002) siendo parte de la Universidad de Colorado. Este proyecto crea simulaciones interactivas gratuitas. Las simulaciones de PhET involucran a los estudiantes mediante un ambiente similar a un juego e intuitivo en todas sus opciones de simulación, en donde aprenden explorando y descubriendo. La recomendación como primera instrucción es darles el acceso a los estudiantes a la sección del aplicativo de la introducción a los gases (ver figura 4.4.4.1) con el fin de que los alumnos se familiaricen con la aplicación. Allí encontrarán cómo manipular las variables de estado presión, volumen y temperatura. Particularmente la temperatura la involucran visualmente con el equilibrio térmico que puede encontrar un cuerpo al entrar en contacto con una fuente de calor (gráficamente como una llama) o un extractor de calor (gráficamente como hielo). Por ello es importante que se haga la aclaración sobre el papel gráfico de la llama y el hielo en la plataforma del simulador antes del primer uso, para evitar confusiones en el proceso de aprendizaje.

Seguido de esto, para formalizar lo aprendido y conectarlo con el uso del simulador, se propone realizar la actividad compartida por el maestro Bueno R., (2019) en la misma página de PhET, en la sección de actividades en el área de Física del ítem de introducción a los gases (ver figura 4.4.4.2). Se recomienda realizar el registro para que pueda descargar el documento y lo pueda tener preparado para compartirlo con los estudiantes.

Figura 4.4.4.2 vista parcial del proceso de descarga de la actividad propuesta para el aplicativo virtual del proyecto PhET

The screenshot shows the PhET website interface. At the top left is the PhET logo with the text 'INTERACTIVE SIMULATIONS' and the University of Colorado Boulder logo. To the right are navigation links: SIMULATIONS, TEACHING, RESEARCH, INITIATIVES. The main content area is titled 'Guía de trabajo Descubre las leyes de los gases.' Below the title is a download link: 'W guía de trabajo para leyes de los gases.docx - 1336 KB' and a note 'Download all files as a compressed .zip'. A table provides details about the resource:

Title	Guía de trabajo Descubre las leyes de los gases.
Description	Con ayuda de las fichas y el simulador se recorre el camino para poder deducir las relaciones entre las magnitudes que se relacionan en las Leyes de los Gases.
Subject	Chemistry, Physics
Level	Middle School
Type	Guided Activity, Homework, Lab
Duration	90 minutes
Answers Included	No
Language	Spanish
Keywords	Gas Laws , Work Guide
Simulation(s)	Gases Intro (HTML5)
Author(s)	Rafael Bueno

Tomado del sitio web original, Bueno R., (2019), Universidad de Colorado, Guía de trabajo descubre las leyes de los gases, <https://phet.colorado.edu/en/contributions/view/5268>

3.5.5 Semana 5

Objetivo. Integrar lo aprendido de la secuencia de actividades

Propuesta de Desarrollo. Como toda clase tradicional, es importante guiar los temas que se presentaron alrededor del concepto de temperatura (véase figura 2.2.2) para construir un conocimiento gestáltico y así integrar todos los conceptos y teorías. Se propone tomar como guía algunas de las preguntas por cada tema que tienen los textos de Zambrano (2007); Escobar, Gonzales & Gutiérrez (2008), entre otros señalados en las referencias y ajustarlas a conveniencia. Algunas de las cuales se presentan a continuación:

- Si sales a acampar con tus amigos y tienes a tu disposición un río o una quebrada, un mechero y hojas de papel ¿Cómo harías para calentar un poco de agua?
- En dos vasos idénticos que contienen la misma cantidad de agua a temperatura ambiente son colocados un cubito de hielo en uno y tres cubitos de hielo en el otro ¿en cuál situación el agua se enfría más rápido?
- Si tienes dos vasos con la misma cantidad de agua; uno con cierta temperatura y el otro con exactamente el doble de la temperatura del primero. Cuando los mezclas en otro recipiente ¿cuál será la temperatura esperada de esta nueva mezcla?
- Dos hermanos están discutiendo en la cocina por una situación en particular: considera que se tiene una olla con agua hirviendo en una estufa, si se incrementa la llama, ¿qué sucederá con la temperatura del agua? El primer hermano dice que la temperatura será mayor unos minutos y después permanece constante hasta la evaporización y el segundo hermano dice que no aumentará, pero si hervirá más rápido. ¿quién tiene la razón?
- Si cada uno de nosotros elige un objeto y lo sujeta entre las manos durante algún tiempo, ¿qué ocurrirá? ¿Podemos garantizar que después de algún tiempo todos los objetos estarán a la temperatura de nuestro cuerpo?
- Cuando calentamos dos líquidos diferentes, el primero con una cantidad de agua que es el doble del segundo, pero tiene la mitad de temperatura del segundo ¿cuál de ellos llega primero a la temperatura de evaporización?
- ¿Qué utilidad en la vida cotidiana, crees que tiene el conocimiento que has construido sobre los conceptos involucrados en estas actividades?
- Explique como el equilibrio térmico se relaciona con el contacto de los cuerpos.
- Explique cómo el equilibrio térmico se relaciona con el funcionamiento de los termómetros de alcohol, gas o mercurio.
- Calcule su temperatura corporal con el uso de su propio termómetro.

- ¿Cómo convertiría una temperatura dada en grados centígrados en la escala que construyó con su termómetro de alcohol?
- ¿Podría dar ejemplos de otros instrumentos que sirvan para medir la temperatura?

4 CONCLUSIONES

- Es de resaltar que el maestro como investigador de su propio que hacer, debe ser reflexivo sobre su práctica diaria en el aula. Antes de impartir cualquier tipo de enseñanza en el que haya diseñado alguna estrategia pedagógica, debe realizar una investigación de la temática que tiene como enfoque para trabajar con sus alumnos. Es así como se reduce la probabilidad de que un estudiante obtenga vacíos conceptuales durante y después de una clase, puesto que las actividades, la temática y la metodología van a poseer una estructura mucho más robusta y abastecerán la estrategia pedagógica optada para el grupo de estudiantes a cargo.
- La metodología DRoS tiene el propósito de que los estudiantes logren comprender el conocimiento a partir de procesos. Los procesos de formación del conocimiento producen las estructuras del conocimiento basado en niveles jerárquicos de abstracción del conocimiento. Esta manera de abstraer el conocimiento logra relacionar al estudiante como parte de su entorno y su existencia con el conocimiento científico, permitiéndole comprender el mundo que le rodea desde las ideas científicas partiendo de las ideas alternativas que se forman en común acuerdo con la sociedad.
- El caso del aprendizaje del concepto de temperatura involucra muchos aspectos de la vida diaria de un estudiante, como bien se dijo en capítulos anteriores. Por lo que es clara la pertinencia de la enseñanza significativa (en relación con lo enunciado sobre el aprendizaje significativo de Ausubel) de la temperatura como concepto científico y toda la fenomenología alrededor de su construcción y su significado.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ausubel, Novak & Hanesian (1983) *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. 2º Ed. Trillas México.
- Cañon, N. A., & Velandia Garzón, Y. (2015). Trabajo de grado: Segunda Ley de la Termodinámica; enseñanza de la Termodinámica; Maquinas Térmicas. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Carnot, S. (1824) *Reflections on the motive of power of fire*, Edited by E. Mendoza, Dover Publications, INC. New York.
- Castillo, J. C., & Pedreros Martínez, R. I. (2013). *Notas de Termodinámica*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Cervantes, L; De La Torre, N; Verdejo, A; Trejo, L. M; Córdova, J. L; Flóres, F. El concepto de calor en termodinámica y su enseñanza. *Memorias del XVI congreso nacional de termodinámica*. México D.F., 2001.
- Chang H. (2004), *Inventing Temperature: Measurement And Scientific Progress*, Prensa de la Universidad de Oxford.
- Durango, Pulgarín & Avendaño (2008), *Enseñanza De Los Conceptos De Calor Y Temperatura Enmarcada En La Teoría Del Cambio Conceptual*, Universidad De Antioquia.
- Forero Rico, D. P., Velandia Cequera, M., & Iguaran Olaya, N. E. (2015). Qué hacen los docentes con los textos escolares en el aula: una experiencia con docentes de básica primaria de la IED El Jazmín de la ciudad de Bogotá. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_docencia/494
- Juan Ignacio Pozo (1993) *Psicología y Didáctica de las Ciencias Naturales: ¿perspectivas alternativas?*, *Revista para el Estudio de la Educación y el Desarrollo*, 16: 62-63, 187-204, DOI: 10.1080 / 02103702.1993.10822381
- Laurinda Leite (1999) *Heat and Temperature: an analysis of how these concepts are dealt with in textbooks*, *European Journal of Teacher Education*, 22:1, 75-88,

- Macedo de Burghi, B.; Soussan, G. «Estudio de los conocimientos pre-adquiridos sobre las nociones de color y temperatura en alumnos de 10 a 15 años». Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 1985, Vol. 3, n.º 2, pp. 83-90
- Medina Matijasevick, D., Salazar Suárez, F., Bautista, M. y Saavedra Sánchez, O. (2010). Hipertexto Física 1 - Edición Docente. Bogotá, Colombia: Editorial Santillana
- Martínez E., Cáceres J., Lozada A. & Hidalgo D. (2013), Construcción y calibración de un termómetro de alcohol para fines educativos, Universidad de los Andes (Venezuela)
- Méndez, D. (2012). Didáctica y Aprendizaje de los Conceptos Básicos en la Termodinámica. Obtenido de Universidad Complutense de Madrid: <http://eprints.ucm.es/14722/1/T33591.pdf>
- Macedo De Burghi, Soussan (1985), Estudio de los conocimientos pre-adquiridos sobre las nociones de calor y temperatura en alumnos de 10 a 15 años.
- Norsen T., (2010), Scientific Cumulativity and Conceptual Change: The Case of “Temperature”, Marlboro College.
- Ortiz Rivera, G. y Cervantes Coronado, M. L. (2015). La formación científica en los primeros años de escolaridad. Panorama, 9(17) pp. 10-23.
- Salazar & Colín (2016), Hacia Una Enseñanza De La Epistemología De La Física A Través De Sus Instrumentos: Una Visión Cognitiva, México.
- Thomaz, Marília; Malaquias; Valente; Antunes (1995). An attempt to overcome alternative conceptions related to heat and temperature
- Vosniadou (2000), Cómo Aprenden Los Niños, Serie Prácticas – 7, Academia Internacional De Educación.
- Zambrano (2007), Historia Y Epistemología En Los Conceptos Básicos De La Termodinámica: Calor, Temperatura Y Trabajo. Universidad Del Valle Instituto De Educación Y Pedagogía.

6 GLOSARIO

Calor: La concepción más contemporánea es que el calor es energía en tránsito y siempre fluye de una zona de mayor temperatura a una zona de menor temperatura.

Densidad: es la relación derivada del volumen y la masa y se ve influenciado por el cambio de temperatura.

Dilatación: Se denomina dilatación al cambio de volumen que sufre una masa debido al cambio de temperatura que se provoca en ella por cualquier medio.

Energía mecánica: es la energía que resulta de un trabajo realizado en la que involucre el movimiento.

Equilibrio Térmico: es definido por Black en 1897, así: "Si cada una de las sustancias A y B están en equilibrio térmico con un tercer cuerpo C entonces A y B están en equilibrio térmico entre ellos". Este principio es la base de la ley cero de la termodinámica.

Materia: es aquello de lo que están hechos los objetos que constituyen el Universo observable. La materia tiene dos propiedades que juntas la caracterizan, y éstas son que ocupa un lugar en el espacio y que tiene masa.

Presión: En la concepción clásica, es una magnitud que se define como la derivada de la fuerza con respecto al área

Proceso Adiabático: es aquel que describe cuando un sistema no gana ni pierde calor. Puede realizarse rodeando el sistema de una capa gruesa de material aislante o realizando el proceso rápidamente.

Proceso Isobárico: es un proceso termodinámico que ocurre a presión constante.

Punto de ebullición: temperatura a la que la presión de vapor de un líquido se iguala a la presión atmosférica existente sobre dicho líquido. Durante la ebullición se forma vapor en el interior del líquido, que sale a la superficie en forma de burbujas.

Sistema abierto: es aquel donde hay intercambio de energía entre el sistema y sus alrededores.

Sistema aislado: es aquel donde no hay intercambio de energía ni de masa con sus alrededores. Por consiguiente, podemos afirmar que la energía interna del sistema permanece sin cambio, es decir es constante.

Sustancias termométricas: son aquellas que responden visiblemente a los efectos de las variaciones de calor y temperatura. Estos efectos se observan en los cambios de las propiedades físicas como la longitud, el volumen, la presión, la expansión y otras que varían con la temperatura, estas se conocen como propiedades termométricas.

Temperatura: Una definición alterna sería para lo que según Zambrano (2007) es una propiedad que indica cuando un sistema está en equilibrio térmico con otros sistemas. Pero se necesita un método objetivo para asignar valores numéricos a este equilibrio.

Termometría: La termometría empezó con la necesidad de expresar en forma más precisa la graduación de los diferentes grados de calor, pero a partir de elementos empíricos que le brindaba el medio como objeto de conocimiento. Un problema particular surge cuando se quiere precisar un orden en una serie de diversos objetos fríos o viceversa. Este problema lo resolvía el mundo antiguo en forma cualitativa. El sentido del tacto le permitía decir al mundo antiguo cuando un objeto era frío o caliente. Ellos no relacionaban los dos fenómenos. De allí la necesidad de pensar acerca de las relaciones entre los cambios físicos de las sustancias y el calor (ó el frío en dicha época).

Trabajo: el trabajo es el cambio de energía que resulta de un proceso

Volumen: Es una magnitud física que expresa la extensión de un cuerpo en tres dimensiones: largo, ancho y alto.