

**Estudio sobre concepto de radiación térmica a partir del caso del cuerpo negro - Una
propuesta desde la historia de las ciencias**

Jhonny Florez Tovar

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES

BOGOTA D.C

2025

**Estudio sobre concepto de radiación térmica a partir del caso del cuerpo negro - Una
propuesta desde la historia de las ciencias**

Jhonny Florez Tovar

Asesores:

Francisco Javier Orozco

Liliana Tarazona

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES

BOGOTA D.C

2025

AGRADECIMIENTOS

Agradezco, en primer lugar, a Dios por la fortaleza y sabiduría concedidas para culminar este proceso académico.

De manera muy especial, a mi familia, madre y hermanos por su apoyo incondicional, comprensión y aliento durante estos dos años de intenso trabajo y dedicación. A mi amada pareja, Yennyfer Johana Guerrero, por ser mi pilar fundamental, por su paciencia infinita, su motivación constante y por acompañarme con amor en cada etapa de este reto.

A mis asesores de trabajo de grado, Liliana Tarazona y Francisco Javier Orozco, cuya guía experta, valiosos aportes y constante disponibilidad fueron decisivos para el desarrollo y éxito de este proyecto.

A los docentes de la Maestría, en especial a la profesora Ingrid Vera y al profesor Steiner Vargas, entre otros, por compartir sus conocimientos, por la orientación brindada en cada materia y por resolver con prontitud nuestras inquietudes, enriqueciendo así nuestra formación. De igual manera, agradecer al Colegio Santa Luisa, por darme la oportunidad de realizar mi trabajo y mis compañeros, quienes me acompañaron en este camino.

Quiero hacer una mención especial al esfuerzo y la constancia que he tenido a lo largo de estos dos años. Este logro es el fruto de la perseverancia, las largas jornadas de estudio y la firme determinación por alcanzar esta meta, un trayecto que, si bien estuvo lleno de desafíos, hoy culmina con enorme satisfacción.

Índice

Introducción.....	1
Capítulo 1. Aspectos preliminares.....	5
1.1 Contexto Problemático	5
1.2 Justificación	9
1.3 El análisis Histórico - Crítico en las ciencias	12
1.4 Pregunta problema.....	14
1.5 Objetivos.....	14
1.5.2 Objetivos específicos - por componentes de formación (Investigativo, Disciplinar, pedagógico)	15
1.6 Fases de la investigación	15
1.6.1 Fase inicial: Revisión histórico - teórica del cuerpo negro y el concepto de medida	15
1.6.2 Fase 2: Análisis histórico del experimento del cuerpo negro.....	16
1.6.3 Fase 3: Derivación de elementos conceptuales para la enseñanza	17
1.6.4 Fase 4: Diseño de la propuesta experimental desde la relación Experimento - teoría.....	17
1.6.5 Fase 5: validación y retroalimentación de la propuesta.	17
1.6.6 Fase 6: Aplicación, sistematización y análisis de la propuesta	18
Capítulo 2. Los fundamentos de la radiación térmica: Del problema inicial del estándar luminoso al cuerpo negro.	19
2.1 Radiación de calor	21
2.2 Radiación térmica.....	23

2.3 Absortancia y reflectancia	26
2.4 Emisividad	31
2.5 El Experimento del cuerpo negro	35
2.5.1 El primer acercamiento al cuerpo negro - Sir. Isaac Newton (1642 - 1727)	37
2.5.2 El cuerpo negro – Gustav Kirchoff	38
2.5.3 La ley de Radiación de Stefan - Boltzmann	41
2.6 Relación del fotómetro y el bolómetro con el cuerpo negro	42
2.6.1 El Fotómetro de Lummer	42
2.6.2 El bolómetro de Lummer.....	43
Capítulo 3: Sobre la relación temperatura y radiación: “la medición con un bolómetro”....	48
3.1 El concepto de calor en la comprensión de la radiación.....	48
3.2 Principio físico del bolómetro: de la radiación térmica a la variación de resistencia eléctrica.....	51
3.2.1 Descripción de los fenómenos físico sobre los que opera el bolómetro.....	52
3.3 Montaje experimental (prototipo de medición de radiación térmica)	52
3.3.1 Variables a consideración a propósito del montaje experimental	53
Capítulo 4: El papel del experimento del cuerpo negro y su importancia en la comprensión de la medición de la radiación en física.....	65
4.1 La construcción del sentido en el experimento y la instrumentación.....	65
4.2 Una mirada fenomenológica a la construcción de significados con relación a la medición en el experimento del cuerpo negro.....	67
4.2.1 La fenomenología y la construcción del fenómeno científico.....	68
4.2.2 La medición como proceso fenomenológico.....	68
4.2.2.1 Segmento 1: Percepción y detección.....	69

4.2.2.2 Segmento 2: Interpretación conceptual	70
4.2.2.3 Segmento 3: Síntesis fenomenológica.....	70
Capítulo 5: Propuesta experimental - construcción del concepto de radiación térmica a través de la relación experimento - teoría del cuerpo negro.....	72
5.1 Aspectos iniciales de la propuesta	73
5.1.1 Fase 1: Sensibilización “De lo cotidiano a lo científico”	73
5.1.2 Momento 2: Experimento - "El misterio del calor invisible"	79
Propósito: Cuestionar la asociación directa entre luz visible y calor, explorando el misterio de los fenómenos donde el calor es perceptible pero la luz visible no está presente.	79
5.2 Caracterización del Contexto Institucional: Colegio Santa Luisa, Localidad de Kennedy	88
5.2.1 Población objeto de la implementación.....	88
Capítulo 6: Tejido y articulación: Implementación y sistematización de las guías experimentales.....	90
6.1 Manejo de la sistematización.....	90
6.2 Categoría Macro 1: Construcción teórica del concepto de radiación térmica.....	95
6.3 Categoría Macro 2: Procedimientos de Medición y Experimentación.....	95
6.4 Categoría Macro 3: Proceso Colectivo en la construcción de significados.....	96
6.5 Sistematización y análisis.....	97
6.5.1 Sistematización y Análisis de las Guías de Aprendizaje (Grupos 1, 2, 3, 4, 7) Categoría Macro 1: Construcción teórica del concepto de radiación térmica.....	97
6.5.1.1 Aproximaciones conceptuales a Absortancia y emitancia. .	102

6.5.2 Sistematización y Análisis de las Guías de Aprendizaje (Grupos 1, 2, 3, 4, 7)	
Categoría Macro 2: Procedimientos de Medición y Experimentación.....	103
6.5.2.1 Vínculos históricos de los hallazgos con relación al bolómetro.....	109
6.5.3 Sistematización y Análisis de las Guías de Aprendizaje (Grupos 1, 2, 3, 4, 7)	
Macro – categoría 3	109
Capítulo 7: Consideraciones finales	115
7.1 Reconocimiento Disciplinar del maestro a partir del montaje experimental (ECN - Experimental y conceptual).....	115
7.2 Implicaciones del estudio para el aula - Mirada histórica y explicaciones estudiantiles.	116
7.3 Aportes para el docente	119
7.4 Perspectivas para futuras investigaciones.....	120
Bibliografía.....	121
Anexos	125

Índice de figuras

FIGURA 1. Factores que determinan la absorción (α) de una superficie.....	26
FIGURA 2 Fotómetro de Lummer-Brodhun.....	27
FIGURA 3 Fotografía del bolómetro construido por Samuel P. Langley.....	32
FIGURA 4 Representación del Cubo de Leslie.....	40
FIGURA 5: Distinto montajes de cuerpo negro sumergidos en distintas sustancias – fluidos-.....	43
FIGURA 6. Conexión de fenómenos sobre los que opera el bolómetro en la medición de la radiación térmica.	52
FIGURA 7. Montaje experimental propuesto por el autor de este trabajo para medir la radiación térmica.	56
FIGURA 8 Gráfica 1. Resistencia vs tiempo (Tabla 8 y 9 - Fuente: Carbón).....	62
FIGURA 9. Gráfica 2. Resistencia vs temperatura (Tabla 9 - Fuente: Carbón).....	63
FIGURA 10. Representación radiación por el Ministerio de Educación Nacional.....	74
FIGURA 11. Tarjetas 1er momento de la propuesta	76
FIGURA 12. Tarjetas 1er momento de la propuesta	76
FIGURA 13. Tarjetas 1er momento	77
FIGURA 14 Diagrama del funcionamiento del bolómetro	83

Tablas

Tabla 1: Reflectancia Difusa vs Especular	28
Tabla 2: Comparación entre propiedades radiativas	30
Tabla 3. Distintos tipos de emisividades	34
Tabla 4. Momentos en la construcción y calibración del Bolómetro de Langley.	45
Tabla 5 Relación entre las variables, PTR y el prototipo experimental propuesto.....	57
Tabla 6. Momento 1 – Papel aluminio – Distancia (5 cm – $\Delta S1$)	58
Tabla 7. Momento 1 – Papel aluminio – Fuente vela - Distancia (1 cm – $\Delta S2$)	59
Tabla 8. Momento 3 – Papel aluminio - Fuente Carbón - Distancia (1 cm).....	60
Tabla 9. Momento 3 – Papel aluminio oscuro - Fuente Carbón - Distancia (1 cm).....	60
Tabla 10. Ejes fundamentales de la propuesta de intervención	72
Tabla 11. Registro de experiencias y discusiones por grupo.....	78
Tabla 12 Preguntas orientadoras – Momento 1	79
Tabla 13 Registro de datos sobre el momento 3.....	80
Tabla 14: REGISTRO DE OBSERVACIONES – TABLA MOMENTO 1 (Resistencia). 85	
Tabla 15: TABLA MOMENTO 2 (Resistencia y aluminio).....	85
Tabla 16. Matriz de instrumentos de diseño de intervención en el aula.....	93
Tabla 17. Subcategorías tipo 1 pertenecientes a la Macro Categoría 1.	95
Tabla 18. Subcategorías sobre procedimientos y experimentación.....	96
Tabla 19. Subcategorías sobre la construcción de significados debido al trabajo grupal....	96
Tabla 20. Sistematización de las guías desde la categoría macro 1 y sus subcategorías....	99

Tabla 21. Sistematización y análisis de las guías desde la Macro categoría 2 – y sus subcategorías.	105
Tabla 22. Sistematización y análisis de las guías desde la Macro categoría 3 – y sus subcategorías.	111

Introducción

El siguiente trabajo presenta un estudio alrededor de la radiación térmica a partir del experimento del cuerpo negro, mediante un enfoque desde la perspectiva de la historia de las ciencias. A partir de este marco, el trabajo busca abordar una problemática que encierra la enseñanza de la física moderna: la dificultad de los estudiantes para comprender conceptos abstractos, como los de la mecánica cuántica, debido a que se encuentran alejados de sus percepciones cotidianas.

Comúnmente, la enseñanza de estos temas, y en particular el experimento del cuerpo negro (ECN) privilegia el formalismo matemático a la hora de enseñarse, dejando a un lado el papel fundamental que jugaron los experimentalistas como Lummer, Pringsheim, Rubens Y Kurlbaum. Este privilegio por la teoría en la enseñanza resulta en una mirada limitada de la ciencia, provocando en los estudiantes pocas relaciones que se pueden establecer entre los conceptos abstractos y su contexto histórico - experimental.

El estudio que se presenta se justifica en la necesidad de intervenir esta problemática a través de un enfoque pedagógico que recupera la historia y la fenomenología, y hace uso de este para construir un puente entre la teoría y la experimentación. De esta manera, la reconstrucción histórica del ECN se establece como una posibilidad que permite rastrear la evolución del concepto de la radiación térmica, desde sus concepciones clásicas hasta el nuevo marco conceptual que emergió debido a la confrontación con los resultados experimentales.

De acuerdo con lo anterior, se propuso el diseño, implementación y análisis de una propuesta de aula que les permita a los estudiantes de grado décimo del Colegio Santa Luisa de la ciudad de Bogotá D.C. facilitar la apropiación conceptual de la radiación térmica a

través de la articulación entre los fundamentos teóricos y las prácticas experimentales. Para lo anterior, se ha organizado el siguiente trabajo en 7 capítulos.

El primer capítulo titulado “Aspectos preliminares” se aborda el contexto problemático de la enseñanza de la física moderna y el caso particular del Experimento del cuerpo Negro (ECN), así como la pregunta problema que rige el trabajo, los objetivos y la justificación, donde se menciona la necesidad de establecer una aproximación histórica y fenomenológica a través del análisis de los instrumentos involucrados en la actividad experimental del cuerpo negro.

En el capítulo 2, “Los fundamentos de la radiación térmica: Del problema inicial del estándar luminoso al cuerpo negro”, se abordan los principios conceptuales e históricos que rigen el estudio de la radiación térmica y el problema del cuerpo negro. Asimismo, se definen magnitudes que caracterizan la radiación térmica como la absortancia y la emitancia, claves para caracterizar la interacción entre energía y superficies, realizadas por el Physikalisch-Technische Reichsanstalt (1850) hasta lo mencionado por Gustav Kirchoff (1860).

En el tercer capítulo titulado “Sobre la relación temperatura y radiación: la medición con un bolómetro” se discuten aspectos relacionados a la medición indirecta de la radiación térmica, así como la evolución del concepto de calor que permita la comprensión de la radiación. Desde el estudio histórico del cuerpo negro se encontró que el elemento usado para medir la radiación es el “bolómetro”. Posteriormente, se profundiza en la relación entre resistencia y temperatura, debido al diseño, construcción y análisis del bolómetro por parte del autor y que demuestra dicha relación por medio de la obtención de datos experimentales.

El capítulo 4 “El papel del experimento del cuerpo negro y su importancia en la comprensión de la medición de la radiación en física” revisa los aspectos epistémicos y fenomenológicos que rodean al experimento. Desde allí se establece el rol del instrumento (bolómetro) y cómo este ayuda a la construcción de significados, permitiendo transformar lo imperceptible (radiación infrarroja) en algo medible (variación de la resistencia eléctrica). Así, en el capítulo 5 se presenta la propuesta experimental para la construcción del concepto de radiación térmica a través de la relación que se puede establecer entre el experimento y la teoría del cuerpo negro. Esta propuesta se construye bajo una secuencia didáctica estructurada en tres ejes fundamentales: Sensibilización, experimentación y conceptualización que permite un tránsito entre las ideas previas y la construcción de un instrumento que permite medir la radiación térmica. Para finalizar en la reflexión y construcción de significados que se pueden construir desde esta relación.

El capítulo 6 titulado “Tejido y articulación: implementación y sistematización de las guías experimentales” tiene como objetivo principal sistematizar la experiencia de implementación de la propuesta didáctica en el Colegio Santa Luisa. Este proceso va más allá del registro detallado de lo ocurrido, para adentrarse en la interpretación crítica que permite analizar las elaboraciones y configuraciones realizadas por los estudiantes. Para esto se definieron 3 categorías que vinculan los hallazgos encontrados en el aula con los conceptos teóricos planteados desde el análisis de la radiación térmica como la absorción y la emisión.

Finalmente, el trabajo concluye con el capítulo 7 y la sección de Anexos. En el capítulo 7 se presentan las reflexiones finales del trabajo de grado, recogiendo los análisis de la sistematización, así como los resultados de los objetivos planteados, y permitiendo un

diálogo frente a las implicaciones de la propuesta para la docencia de las ciencias. La sección de anexos contiene el material pedagógico de la propuesta y, específicamente el escáner de las guías de aprendizaje completadas por los estudiantes.

Capítulo 1. Aspectos preliminares

En el ámbito educativo, la física moderna ha tomado un papel relevante a propósito del surgimiento y consolidación de nuevas tecnologías en la sociedad contemporánea, sin embargo, este protagonismo exige superar la inherente abstracción de sus conceptos. En el presente capítulo se establece el marco de partida de la investigación, centrado en las dificultades identificadas en la práctica docente al momento de enseñar temas relacionados con la física moderna, en particular lo relacionado con la mecánica cuántica. Para abordar este problema, el presente trabajo se estructura en torno a dos temas específicos: la propagación de calor (radiación) y el estudio histórico alrededor del concepto de radiación térmica. A continuación, se presentan los objetivos y la justificación que orientan y fundamentan este trabajo de grado.

1.1 Contexto Problemático

La enseñanza de la física moderna, en particular la mecánica cuántica, enfrenta desafíos significativos debido a su naturaleza abstracta, ya que sus conceptos están muy alejados de las percepciones cotidianas, desafiando incluso las nociones naturalizadas desde una escala macroscópica. El problema central que identifica esta investigación se sitúa en el análisis descontextualizado de los conceptos que rigen la física moderna, en particular, los conceptos que dieron origen a la teoría cuántica. Un caso particular de este conflicto se manifiesta en la forma en que se presenta históricamente y conceptualmente el experimento del cuerpo negro (ECN).

Tradicionalmente, los trabajos alrededor del (ECN) han tendido a centrar los trabajos desde un enfoque predominantemente teórico, restando importancia al papel fundamental que tuvieron los experimentalistas como Otto Lummer, Ernst Pringsheim, Heinrich Rubens

y Ferdinand Kurlbaum, cuyas técnicas de medición permitieron contrastar las predicciones teóricas con los datos empíricos del experimento del cuerpo negro. Como lo sostiene Allan Franklin, fueron sus esfuerzos y sus rigurosas técnicas de medición las que generaron los datos, los cuales permitieron contrastar las predicciones teóricas de la física clásica. Este alejamiento de la componente experimental en la narrativa educativa constituye un campo crítico el cual este trabajo busca examinar.

En la misma línea, la dificultad en el ámbito pedagógico, que afecta tanto a estudiantes como a docentes, radica en la mirada limitada de ciencia que se tiene, lo que implica omisiones en la relación crucial entre teoría y experimento, y a ignorar su importancia en la constitución del conocimiento científico. En coherencia con estudios previos (Fanaro, 2009; Solbes y Sinarcas, 2013) señalan que la falta de contextualización histórica y fenomenológica resulta en que la comprensión lograda por los estudiantes no les permite establecer relaciones significativas entre los conceptos abstractos con su contexto histórico - experimental.

Por consiguiente, este trabajo propone un enfoque que recupera la historia de la ciencia para reconstruir el proceso conceptual de la radiación térmica y su medición, como una forma de profundización disciplinar para el maestro. Este enfoque permite integrar la fenomenología observada, es decir, el comportamiento medible de la radiación con la construcción teórica que intenta explicarla. De esta manera, se logra superar un reduccionismo matemático que a menudo prevalece en la enseñanza de la física, donde las fórmulas se presentan como un punto de partida, en lugar de un proceso de indagación y experimentación que nace de un problema físico en concreto.

La reconstrucción histórica abarcará la evolución conceptual del fenómeno de cuerpo negro y la interpretación de la radiación térmica, desde las primeras aproximaciones de

Newton (sobre espectrometría), pasando por los análisis propuestos por Kirchoff (1860) y Wiën hasta las conceptualizaciones realizadas por Planck (1900), en donde formaliza las tensiones productivas generadas por los datos experimentales en la medición del cuerpo negro.

En este sentido, la radiación de cuerpo negro se posiciona como eje central de la problemática de autores como Planck, para dar explicación al fenómeno de la radiación decantando en los orígenes de la mecánica cuántica. Planck en su libro “Teoría de la radiación” (1909), realiza una narrativa para entender los fundamentos conceptuales de la radiación hasta la comprensión teórica de este fenómeno, lo que logró resolver la problemática experimental de la distribución espectral de energía radiante, que la física clásica no podía explicar.

Sin embargo, al presentar en el aula únicamente la construcción teórica de Planck como respuesta al problema de la radiación, se deja de lado la visión y el papel fundamental de los experimentalistas, quienes eran los que se encontraban en el laboratorio directamente en interacción con el fenómeno. Es decir, lo anterior deja a un lado la relación teoría - experimento, imposibilitando en algunos casos los procesos de la constitución del conocimiento en la ciencia.

Desde lo anterior, la desconexión entre la teoría y el experimento hace emerger dificultades como la falta de claridad sobre conceptos que adquirieron nuevos significados, así como a no cuestionarse la importancia del concepto en las nuevas construcciones de la física, lo que va en coherencia con lo que menciona (Moreira et al., 1988, pág. 392):

“Así mismo, se ha considerado que las temáticas de la física moderna son complejas y abstractas para los estudiantes de la básica y media; y que esta complejidad rebasa sus capacidades para entenderlas; no obstante, se desconoce que la enseñanza de la física clásica presenta una serie de dificultades para los estudiantes que ven los contenidos abstractos y sin ninguna relación con su entorno o con experiencias previas, lo que obstaculiza sus procesos de aprendizaje”

Por lo tanto, es necesario establecer desde la enseñanza de las ciencias condiciones que enriquezcan de manera significativa la comprensión de los conceptos, a partir de la construcción de elementos que den cuenta las relaciones que se pueden establecer desde el fenómeno y la experiencia sensible. Para lo anterior, Ayala (2006) menciona que es necesario hacer énfasis en una lógica conceptual donde se espera que la teoría además de constituir un sistema formal, este sea conceptualmente coherente. Desde este punto de vista, resulta imperante analizar no solo los conceptos físicos en su estado final, sino también las condiciones históricas y epistemológicas que permitieron su elaboración, las respuestas que se formularon frente a problemas específicos y la manera en que estos conceptos evolucionaron en diálogo con la evidencia experimental (Kuhn, 1962; Fanaro, 2009).

Este enfoque adquiere una pertinencia al abordar, desde una reflexión sobre la enseñanza de conceptos científicos, la construcción fenomenológica de los mismos y la estructura de relaciones que emergen a partir de la recontextualización histórica. En este marco, el experimento cobra gran relevancia didáctica y epistemológica, ya que el concepto asociado- un emisor y absorbedor de energía ideal- se convirtió en un problema central de la física a fines del siglo XIX, debido a la imposibilidad de la teoría clásica para dar cuenta de la distribución espectral que emitía. Fue así como en el desarrollo histórico de la física surgió

la necesidad de proponer y ampliar nuevas formas de explicación alrededor del concepto de radiación térmica, debido a la evidencia empírica que proporcionó el experimento del cuerpo negro (ECN), forzando a pensarse que la relación entre el experimento y la teoría no es de mera verificación, sino de tensión productiva, que puede llevar a reformulaciones profundas del conocimiento (Hanson, 1958; Ayala, 2006). El presente trabajo se sustenta, por tanto, en el siguiente planteamiento:

El estudio histórico del experimento del cuerpo negro ofrece claves fundamentales para comprender el concepto de radiación, particularmente mediante procesos de recontextualización de saberes, articulando tres dimensiones fundamentales: la reconstrucción histórica de las prácticas experimentales, la evolución conceptual de la radiación térmica y su implementación pedagógica mediante apuestas experimentales, que actúa como puente entre la experiencia y los modelos físicos (Ayala, 2006; Fanaro, 2009).

1.2 Justificación

La enseñanza de la física contemporánea ha sido considerada conceptualmente difícil y abstracta. Es decir, en la práctica frecuentemente se privilegia el formalismo matemático (las ecuaciones) por encima de la comprensión conceptual y la contextualización experimental, debido a que se entiende que desarrollar alguna ecuación, de alguna forma explica todo el fenómeno físico que se estudia. Esto va en línea con lo que se menciona desde Gunter (1980) y Fischler y Lichtfeld (1992) quienes, como se citan en Sinarcas y Solbes (2013) “Uno de los factores problemáticos en esta aseveración es la reducción de las temáticas a un formalismo matemático riguroso que tiende a ocultar los principios fundamentales” (p. 33).

Esto refuerza la idea que, en la enseñanza de la física moderna, un buen dominio matemático da por sentado que se entiende el tema, y es ese formalismo matemático el que

brinda la posibilidad de expresar toda su potencialidad explicativa. Debido a lo anterior, y al manejo en algunos casos del mero tratamiento formal, se tiene una pérdida de significados que van desde la malinterpretación de conceptos, y el poco anclaje que se le puede dar a los fenómenos al relacionarlos con la misma teoría (Moreira et al., 1988).

El presente trabajo de grado se justifica en la necesidad de intervenir esta problemática a través de un enfoque pedagógico que integra las dimensiones histórica y fenomenológica, que se articula en los siguientes puntos:

1. Reconstrucción histórica como anclaje conceptual: Los estudiantes están en contextos que refuerzan un marco conceptual predominantemente clásico, es decir, el mundo macroscópico está en la primera línea experiencial, por lo que es crucial buscar anclajes conceptuales que permitan describir y reconstruir los conceptos que movilizaron un cambio en la visión en el siglo XIX (Fanaro, 2009). El experimento de cuerpo negro (ECN) permite esta transición, ya que, muestra las tensiones teóricas que enfrentaron autores como Kirchoff, Stefan, Boltzmann y Wiën con los resultados experimentales. Desde allí, la reconstrucción histórica pone en marcha un conjunto de estudios previos que destacan la necesidad de vincular fenómenos con su contexto histórico, ya que esta es una principal problemática que se presenta en la mecánica cuántica, dificultando que los estudiantes establezcan anclajes conceptuales significativos (Solbes & Traver, 2003).

2. El ECN es un caso referente puesto que coloca en discusión la crisis de la física clásica (divergencia entre las predicciones de Rayleigh–Jeans y Wiën y datos experimentales), lo cual exigió una nueva forma de conceptualizar las mediciones realizadas (Kuhn, 1962). Es decir, que, aunque se midiera el mismo fenómeno, se tuvo que ver desde otra mirada el proceso de formalización. Esta reconstrucción de este proceso hace emerger nuevas formas

de estrategias que integren lo teórico (concepto de radiación) con lo fenomenológico (medición de la radiación térmica).

3. La instrumentación¹ como puente fenomenológico y epistemológico: El enfoque didáctico propuesto se centra en el estudio de radiación térmica a través de la fabricación y puesta en marcha de un prototipo experimental para medir radiación térmica, siendo este, el núcleo central de la propuesta. Pedagógicamente el prototipo sirve como un mediador entre la realidad física y la percepción (Rader, 2004). Aunque el prototipo se aleja del bolómetro de Langley, sirve como puente entre la teoría y la práctica (Langley, 1880).

4. El prototipo permite a los estudiantes vincular la experiencia sensible del calor con la medición cuantitativa directa (variación de la resistencia), haciendo evidente cómo el acto de medir transforma la percepción del fenómeno. Esto se alinea con la perspectiva fenomenológica, donde la instrumentación media la relación entre el observador y el objeto de estudio, generando nuevas formas de ver el mismo fenómeno (Malagón, 2015; Ayala et al., 2014).

5. Sistematización para la reflexión docente: La inclusión del análisis histórico crítico y la sistematización convierten este trabajo en un recurso para que el docente tenga una mirada enriquecida de los conceptos, permitiéndole reflexionar sobre su propia práctica educativa (Mejía, 2010). La sistematización busca visibilizar las tensiones que emergieron durante la

¹ Instrumentación: En el contexto de esta investigación, el término se refiere específicamente al proceso didáctico de diseñar, construir y poner en funcionamiento herramientas o prototipos experimentales. No se limita al uso de instrumentos comerciales, sino que enfatiza la actividad del estudiante en la creación de dispositivos que le permiten interactuar con el fenómeno de estudio y materializar conceptos teóricos.

implementación en la secuencia didáctica, y las elaboraciones conceptuales realizadas por los estudiantes al interactuar con el prototipo de medición de radiación térmica.

1.3 El análisis Histórico - Crítico en las ciencias

Desde la perspectiva del análisis histórico – crítico, la ciencia se propone como una actividad que está ligada a los contextos socio – culturales y a los desarrollos que se dan en una comunidad, dejando a un lado la característica habitual que desliga completamente la actividad científica de los productos que se generan con ella. En este sentido, la actividad científica que se desarrolla en una comunidad se va construyendo a partir de criterios y acuerdos, donde se define qué es aceptable y qué, no lo es. Esto convierte a los problemas de la enseñanza de la física en problemas de transposición didáctica² de teorías, que, al ser incorporadas en distintos contextos educativos, generan en individuos y colectivos, formas distintas de ver el mundo, según la teoría que corresponda y sea válida para la comunidad científica en ese momento en específico.

En este sentido, los maestros en ciencias juegan un rol relevante, ya que es sobre ellos que se han establecido estas nuevas demandas, y es desde allí que la didáctica de las ciencias ha logrado enriquecer su labor desde cada uno de los ámbitos mencionados. De esta manera los nuevos enfoques han cobrado relevancia y en particular los que ponen en juego un carácter constructivista del conocimiento científico ligado a su historicidad, por que ponen el contexto

² Transposición didáctica: Concepto de la didáctica de las ciencias que se refiere al proceso de transformación que sufre el conocimiento científico experto (saber sabio) para convertirse en un conocimiento apto para ser enseñado (saber enseñado). Este proceso implica simplificaciones, recontextualizaciones y adaptaciones que no son neutrales y que generan versiones particulares del conocimiento (Chevallard, 1985).

como elemento principal y llevan a repensar los distintos planos como un recurso de trabajo para el maestro en ciencias, así como lo menciona Ayala (2014):

“... [la historia de la ciencia] se ha planteado como un recurso para el trabajo del maestro de ciencias, en cuyo uso debe ser formado, y a la que se puede acudir con diferentes propósitos y, por ende, examinar desde diferentes planos: desde el plano de la motivación y de la caracterización de la “naturaleza” del conocimiento científico; pasando por el plano del rescate de argumentos para mostrar la ciencia como una actividad donde juega la razón; al plano de estrategia didáctica” (p.45).

Es en este último plano – el de la estrategia didáctica- donde la historia de la ciencia revela su potencial para transformar la práctica en el aula. Al usarla como estrategia, el docente puede trascender la mera exposición de conceptos para diseñar secuencias de aprendizaje que, al incorporar los problemas históricos que dieron origen a una ley, concepto o teoría, le permiten al maestro reflexionar sobre su práctica y enriquecer contextos de enseñanza. Esta aproximación, sitúa al maestro en dos ejes, el tradicional que prima la estructura lógica y los conocimientos consolidados por las ciencias y, por otro lado, el que prima una aproximación histórica y epistemológica, donde se recogen discusiones, errores y controversias más acorde a lo que es el desarrollo del conocimiento científico. Adicionalmente, esta segunda aproximación le permite al docente reflexionar sobre su propia práctica educativa, cuestionarse, diseñar y evaluar sus propias estrategias de enseñanza y finalmente contrastar ambas aproximaciones que lo conlleven a no solo preguntarse ¿Qué enseñar? sino ¿Cómo, por qué y para qué hacerlo? Dando un fundamento sobre las decisiones que toma en el aula para una comprensión más amplia de las ciencias.

En esta línea, la aproximación histórica al desarrollo científico, que se postula en este trabajo, requiere poner en valor el papel central de la actividad experimental vinculada al diseño de instrumentos (como el bolómetro de Langley, diseñado porque “la ciencia no poseía ningún instrumento que pudiera lidiar con éxito con cantidades tan diminutas de calor radiante”), el rol activo que toma el maestro en la construcción de conocimiento en el aula y el análisis de las tensiones conceptuales que emergen al intentar medir fenómenos invisibles como el de la radiación térmica. Desde allí, al comprender cómo la instrumentación modifica la comprensión del fenómeno es posible buscar anclajes conceptuales que faciliten la articulación entre el fenómeno, la teoría y la experiencia sensible, de esta articulación, surge la pregunta de investigación que guía este trabajo.

1.4 Pregunta problema

¿Cómo puede el estudio histórico y experimental de la radiación térmica contribuir al diseño de una propuesta de aula para construir explicaciones a partir de la articulación de la experiencia sensible con los conceptos teóricos en el marco de la enseñanza de las ciencias naturales?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Elaborar y sistematizar una propuesta de intervención pedagógica fundamentada en la reconstrucción histórica del experimento del cuerpo negro, que facilite la apropiación conceptual de la radiación térmica mediante la articulación entre los fundamentos teóricos y las prácticas instrumentales en contextos educativos de ciencias naturales.

1.5.2 Objetivos específicos - por componentes de formación (Investigativo, Disciplinar, pedagógico)

1. Analizar los modelos teóricos y los resultados experimentales que marcaron la evolución histórica del concepto de radiación térmica, con el fin de reconocer el origen y significado de propiedades radiativas como la absorptancia y la emitancia.
2. Reconocer los aportes de Kirchhoff, Wiën, Planck y Lummer a la comprensión de la radiación del cuerpo negro, estableciendo cómo sus perspectivas teóricas transformaron los fundamentos de la física térmica a finales del siglo XIX.
3. Aplicar los principios de la radiación térmica mediante el diseño y puesta en marcha de una actividad experimental de construcción de un prototipo de medición de radiación, vinculando las variables de medición con las experiencias sensibles de los estudiantes en el aula.

1.6 Fases de la investigación

A continuación, se detallan las fases de la investigación que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de la propuesta de grado. Se recogieron seis fases que describen el proceso investigativo de manera sistemática. Este proceso se estructuró para lograr la articulación entre el estudio histórico y experimental de la radiación térmica, tomando como referente central el problema del cuerpo negro (ECN).

1.6.1 Fase inicial: Revisión histórico - teórica del cuerpo negro y el concepto de medida

La fase inicial de la investigación se centró en la revisión bibliográfica y la reconstrucción del concepto de radiación térmica y su relación con la medida, desde los experimentos

iniciales de Newton (espectrometría - 1704) y Melvill (1752) hasta las formulaciones de Kirchoff (1860) y Planck (1900). Además, se analizaron las técnicas de medición fundamentales en fotometría, espectrometría y bolometría, examinando su papel en el desarrollo histórico del cuerpo negro. El análisis incluyó los aportes de experimentalistas como Otto Lummer y Ernst Pringsheim (1897) y Heinrich Rubens (1900), cuyos trabajos mostraron las discrepancias entre las predicciones teóricas planteadas como la ley de Wiën y la fórmula planteada por Rayleigh y Jeans y los resultados experimentales.

Posteriormente, se examinaron las discusiones históricas y epistemológicas que rodean a la medida, junto con los estudios de la profesora María Mercedes Ayala sobre la recontextualización de saberes y su aplicación en la enseñanza de las ciencias. A partir de este análisis, se identificaron los elementos conceptuales y epistémicos que permitieron replantear, para la enseñanza, la perspectiva clásica de la medición, permitiendo nuevas interpretaciones de fenómenos como la radiación del cuerpo negro.

1.6.2 Fase 2: Análisis histórico del experimento del cuerpo negro.

Se propuso revisar la relación entre el experimento y la teoría del cuerpo negro, haciendo énfasis en las mediciones que se realizaron sobre este y, que permitieran identificar las implicaciones sobre el entendimiento de la teoría - experimento y su repercusión en el concepto de medida. Se profundizó en tres ejes experimentales, el primero fue la contrastación de datos obtenidos por experimentalistas como Lummer – Brodhun (1889) sobre la validación de las leyes de absorción sobre el cuerpo negro; el segundo fueron los protocolos de medición que giraron alrededor de la emisividad de la radiación (Lummer – Pringsheim, 1898) y finalmente la relación que tuvieron estas mediciones con la ley de Stefan Boltzmann.

1.6.3 Fase 3: Derivación de elementos conceptuales para la enseñanza

A partir de las anteriores fases, se pretendió sistematizar los hallazgos de la fase 1 y fase 2 en tres categorías:

- **Conceptos fundamentales:** Se revisó la relevancia de términos como absorptancia (α), emitancia, isotropía de la radiación.
- **Procesos de calibración:** Calibración de instrumentos usados al momento de abordar la radiación de cuerpo negro como el bolómetro, control de variables como la temperatura y la longitud de onda.
- **Cambios de paradigma:** Transición de “medir propiedades” en mecánica clásica a “medir interacciones” a nivel cuántico.

1.6.4 Fase 4: Diseño de la propuesta experimental desde la relación Experimento - teoría.

Con el objetivo de enlazar la ruta interpretativa con los hallazgos en el estudio de la radiación y relacionarlos con el cuerpo negro, se propuso elaborar una propuesta experimental que integrara los hallazgos históricos, conceptuales y epistemológicos de las fases anteriores, centrada en la naturaleza de la medida en el contexto del cuerpo negro y la relación entre teoría y experimento.

1.6.5 Fase 5: validación y retroalimentación de la propuesta.

Se ajustó la propuesta revisando aspectos relevantes relacionados con la misma propuesta y sí se dio cumplimiento a los conflictos entre teoría y experimento en las fases 1 – 2.

1.6.6 Fase 6: Aplicación, sistematización y análisis de la propuesta

Esta fase constituyó la implementación práctica y la evaluación reflexiva de la propuesta, cerrando el ciclo entre el diseño teórico y la construcción de conocimiento a partir de la práctica educativa.

- Aplicación en el aula: Se implementó la secuencia didáctica en los estudiantes del grado 10° del Colegio Santa Luisa. Esta etapa se centró en la aplicación de las guías de sensibilización, experimentación y conceptualización.
- Sistematización de la experiencia: En esta etapa se reconstruyó e interpretó la práctica implementada.
- Análisis de los resultados: Se analizó la información sistematizada a la luz del planteamiento de las tres macro categorías definidas: Sensibilización, experimentación y conceptualización.

Capítulo 2. Los fundamentos de la radiación térmica: Del problema inicial del estándar luminoso al cuerpo negro

El siguiente capítulo tiene como propósito establecer los principios conceptuales e históricos que llevaron al estudio de la radiación térmica y al problema del cuerpo negro. Inicialmente, se explora la problemática tecnológica y científica en torno a la búsqueda de un estándar confiable para la medida de la luz a mediados del siglo XIX, un reto que obliga a repensar la naturaleza del calor. Asimismo, se establece una distinción entre la radiación de calor y la radiación térmica- entendida como un fenómeno idéntico a los rayos de luz que no necesita un medio para propagarse-, así como la necesidad de una instrumentación específica (fotómetro y bolómetro de Langley) decantó en la definición de magnitudes esenciales. Estas magnitudes incluyen la Absortancia y la emitancia, que son fundamentales en la caracterización de cómo interactúan la energía y las superficies. Finalmente, se aborda el cuerpo negro por parte de Gustav Kirchoff y el papel crucial de los instrumentos metrológicos del PTR, que permitieron la medición de la radiación térmica y sentaron las bases para la posterior crisis de la física clásica.

Al inicio de la década de 1850, en el laboratorio de óptica del Physikalisch-Technische Reichsanstalt (PTR) en Berlín-Charlottenburg se buscaba establecer el estándar de la medida que se le iba a atribuir a la luz. La problemática de este estándar se centraba en la poca confiabilidad de sus antecesores que provenían de lámparas de aceite y velas, y de la poca investigación que se tenía sobre estas. En el devenir de las posibilidades, se establecieron a lo largo de Europa distintas propuestas, en las que se resalta la definición de la unidad de luminosidad por la radiación; debida a una placa de platino fundida de 1cm^2 . El principio de esta propuesta consistía en mantener fundido el platino y mantener constante la

temperatura durante mucho tiempo, debido a que se consideraba que esta placa emitía una cantidad fija de luz por unidad de radiación térmica. El problema de la reproducción de este estándar era su costo considerable y, sus medidas no eran muy confiables debido a que la emisión luminosa dependía de la pureza de la placa de platino, así como de su geometría.

Otras propuestas se encuentran como la vela Hefner, que consistía en una lámpara de aceite que quemaba acetato de amilo y proporcionaba una unidad utilizable y barata de la intensidad luminosa. Al igual otras velas de la época dependían de muchos factores relativos como la humedad, la presión atmosférica entre otros.

De la problemática anterior, la investigación sobre el parámetro de la luz y su interacción con la materia se vio obligada a converger en el estudio de la radiación electromagnética, debido a una crisis metrológica y conceptual. En el intento de establecer un estándar para la luz (luminosidad), fue necesario descartar la propuesta de basarse en una placa de platino fundida, debido a que la premisa de su funcionamiento es que esta emitiría una cantidad fija de luz por unidad de radiación térmica a una temperatura constante. Pero esto dependía necesariamente de la pureza de la placa, así como de su geometría, lo que reveló un problema fundamental, y es que era imposible separar la luz visible del estudio del calor radiante.

Estos obstáculos en la medición empujaron a autores como Kirchhoff, Wiën y Planck a replantear las explicaciones y a entender que los rayos de calor y los rayos de luz son fenómenos de la misma naturaleza. Esta naturaleza común es lo que conocemos como radiación electromagnética, la cual tiene la capacidad de propagarse en el vacío, tal como lo hace la energía que recibimos del sol, acá en la tierra.

Desde estas problemáticas emergen nuevos conceptos y principios relacionados como lo son la radiación de calor, radiación térmica, absorptancia, emitancia entre otros.

2.1 Transferencia de calor

La forma en que el calor se puede propagar en un medio (incluso el vacío) está dada por tres mecanismos distintos. La primera hace referencia a la conducción que depende directamente de la diferencia de temperatura entre dos puntos en el espacio, conocida como el gradiente de temperatura y de las propiedades del material. La segunda es la convección que implica la transferencia de calor debido al movimiento del propio medio (generalmente aplicado a los fluidos).

La radiación térmica por otro lado es fundamentalmente distinta. Es independiente del medio por el que pasa (de hecho, es más eficaz en el vacío) y no hay necesidad de un contacto directo. Como señala Planck (1902), esta forma de radiación:

“...es independiente del medio que atraviesa - siendo incluso más eficaz en el vacío - y no requiere de contacto directo entre los cuerpos” (p. 15).”

Para comprenderla completamente, es necesario analizar la intensidad de energía que se transmite en todas las direcciones posibles. Sin embargo, esta energía que sale de un cuerpo no siempre es igual a la que otro cuerpo absorbe, puesto que depende de las características de las superficies involucradas

Esta particularidad, en el comportamiento de la radiación permite entender cómo se da la transferencia neta de energía, la cual se rige por las propiedades de las superficies que están involucradas como la absorptancia (α), que es la fracción de radiación incidente sobre la superficie, capaz de absorber. Y la emitancia (ϵ), que es la eficiencia con la que una superficie

emite energía radiante, en comparación con un cuerpo ideal conocido como “cuerpo negro”. Estos principios establecen que la energía total transferida por radiación en la interacción entre dos cuerpos depende de sus temperaturas, su orientación geométrica y de sus propiedades de absorción y emisión.

Desde la perspectiva de la teoría ondulatoria, la intensidad de un rayo de calor viene dada por la energía transmitida por el mismo y su unidad de tiempo. Para describirla, el intervalo de tiempo de medición debería ser considerablemente más largo que el periodo de su oscilación, lo que permite promediar las variaciones rápidas y obtener un valor estable. Esta consideración es necesaria para tener en cuenta por parte de Planck, ya que, la puede comparar con la teoría acústica, determinando así que las “pulsaciones” son entonces los cambios en la intensidad de forma periódica, de tal manera que el intervalo de tiempo usado para medir la intensidad debe ser considerablemente más corto para capturar los cambios en la intensidad y, por lo tanto, debe entonces ser más extenso que el periodo de vibración, para promediar las oscilaciones rápidas. Esta relación implica que la frecuencia de las oscilaciones supera ampliamente la de las variaciones en intensidad. Así, el planteamiento de Planck establece una distinción entre pulsaciones, referidas a modificaciones graduales en la intensidad, y oscilaciones, entendidas como cambios rápidos de la radiación. Esta distinción es necesaria, ya que, permite saber que las pulsaciones son medibles, mientras que las oscilaciones representan un comportamiento teórico postulado por Planck.

No obstante, el estudio clásico de la radiación suponía una restricción, desde la escala mínima para la acción física propuestos desde la termodinámica (órdenes de magnitud macroscópicos) y los procesos a escala de la longitud de onda de la radiación. A partir de lo anterior Planck expone lo siguiente “... *nos vemos obligados a introducir desde el principio*

una cierta restricción con respecto al tamaño de las partes del espacio que se deben considerar” (Planck, 1914, p. 7), es decir que, para Planck existe una diferencia crucial. Por un lado, están los “órdenes de magnitud” de los objetos y procesos que la física clásica podía tratar, que eran considerablemente grandes. Por otro lado, se encuentran las “longitudes de onda” de la radiación, que son mucho más pequeñas. Para poder aplicar las leyes de la termodinámica, era necesario trabajar con volúmenes de espacio lo suficientemente grandes como para que contuviera un número elevado de estas ondas, para promediar así su comportamiento. Esta distinción entre lo grande y lo pequeño también es importante para los intervalos de tiempos largos y cortos para medir la intensidad de la radiación.

Lo anterior menciona que la correcta medición de la intensidad de radiación térmica requiere un equilibrio en la elección del intervalo de tiempo, lo suficientemente amplio para promediar las oscilaciones, pero lo suficientemente breve para recoger las variaciones lentas en la intensidad. Esta descripción de Planck amplía el conocimiento de la radiación térmica y revela una carencia inicial en el PTR, donde no se entendía muy bien la naturaleza de la luz y en particular la relación entre la energía térmica (la temperatura de la placa de platino) y la energía luminosa que emitía, lo que conlleva a pensar ¿Por qué una placa de platino a una temperatura fija emitía una cantidad aparentemente fija de luz? Teniendo implicaciones directas para iniciar el estudio de la radiación térmico

2.2 Radiación térmica

El concepto de radiación térmica se refiere a la transferencia de energía que emiten los cuerpos debido a su temperatura, en forma de radiación electromagnética (REM), y se distingue por no necesitar un medio para propagarse.

Históricamente, el estudio de este fenómeno evidenció que los rayos de calor son idénticos a los rayos de luz de la misma longitud de onda; por lo tanto, el concepto de radiación térmica se refiere a fenómenos físicos de idéntica naturaleza que la luz visible. Esta equivalencia fue crucial en el contexto del problema del estándar luminoso, ya que demostró la imposibilidad de separar la luz visible del estudio del calor radiante.

Dado que la radiación térmica y los rayos son idéntica naturaleza que la luz visible, esta energía puede analizarse mediante las leyes relacionadas con la óptica experimental, como la reflexión y la refracción. La propagación de la energía radiante es abordada utilizando la convención de “rayos” justificada en que las longitudes de onda de los rayos de calor son extremadamente pequeñas en comparación con las dimensiones de los aparatos de laboratorio (Planck, 1902). Por esta razón, fenómenos de difracción, quedan fuera de este estudio, ya que los efectos resultan despreciables frente a los fenómenos de reflexión y refracción que dominaban la transferencia de calor radiante.

Lo más importante para la radiación térmica es la fuente de la que proviene generalmente la creación del rayo de calor que se denota con la palabra emisión. La energía térmica de un cuerpo es la causa que este emita rayos de calor y esta radiación proviene de partículas materiales y no de volúmenes geométricos abstractos , ni de superficies *per se*, por lo que, cuando se habla de que la superficie del cuerpo es la que irradiara, no se habla con cierto rigor, puesto que ésta realmente es la que deja pasar una parte de los rayos del interior y la otra parte la refleja nuevamente hacia el interior, dependiendo de la cantidad que deje pasar, la superficie parece entonces emitir radiaciones más o menos intensas (Planck, M,1900). Se establece, de manera simplificada que el estado físico de la sustancia emisora

depende únicamente de la variable de la temperatura (T), excluyendo fenómenos de la fluorescencia, la fosforescencia, la luminosidad eléctrica y química.

De esta manera, es necesario ver cómo se propaga la radiación a través del medio, teniendo en cuenta aspectos como si el medio es isótropo y homogéneo³. (Planck, 1900). Se sugiere que, si se cumple con estas condiciones, la propagación debe ser de manera lineal y con la misma velocidad en todas las direcciones, más aún, cuando se dé la propagación y choca con una de las paredes del recipiente, ésta se dispersa en otras direcciones. Entonces, la radiación térmica, al ser radiación electromagnética, se comporta bajo los principios ópticos de la luz visible. Esto se hace evidente, ya que, sigue las leyes de la reflexión y puede sufrir refracción al cambiar de medio, aunque sus longitudes de ondas más largas hacen que los efectos como la difracción sean perceptibles en escalas diferentes.

Sin embargo, este efecto de dispersión generalmente es despreciable si la partícula (por ejemplo, una partícula de polvo) es muy pequeña y se encuentra a una distancia de la fuente que es significativamente menor que la longitud de onda de la radiación incidente. De esta forma la energía de la radiación dispersa se propaga desde el lugar donde se produce la dispersión, funcionando como una fuente emisora secundaria, irradiando energía en todas las direcciones del espacio, pero su intensidad es demasiado baja que no altera el sistema para el análisis de la transferencia de calor por radiación.

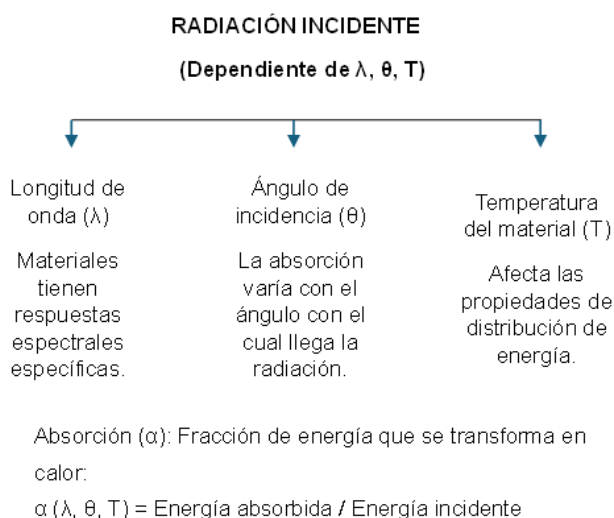
³ **Isótropo:** Propiedad del medio en la que sus características físicas (en este caso, las relacionadas con la propagación de la radiación, como su índice de refracción o su coeficiente de absorción) son idénticas en todas las direcciones. **Homogéneo:** La composición y las propiedades físicas del medio son uniformes en todo el espacio que ocupa. Un medio homogéneo es el mismo en todos sus puntos; no hay variaciones espaciales que puedan afectar localmente la propagación de la radiación, como cambios en la densidad o la composición.

2.3 Absortancia y reflectancia

La capacidad de una superficie para absorber radiación se da en torno a su longitud de onda, el ángulo de incidencia y la temperatura, indicando la fracción de energía radiante que es absorbida en lugar de ser reflejada o transmitida (Figura 1). Cuando la luz llega a la superficie desde una dirección en específico, parte de su energía se convierte en calor, y esta proporción varía según las propiedades del material y las condiciones de iluminación.

Para el propósito de medir la absortancia perfecta –un concepto clave para la calibración de instrumentos y probar teorías como la de la radiación de cuerpo negro- los experimentalistas del siglo XIX (Lummer y Pringsheim) hicieron uso de cavidades con pequeñas aberturas y superficies internas ennegrecidas por distintos materiales como el Hollín y el óxido de Uranio. Se usaban estos materiales porque la radiación incidente se reflejaba múltiples veces, aumentando de esta manera la probabilidad de que fuera absorbida.

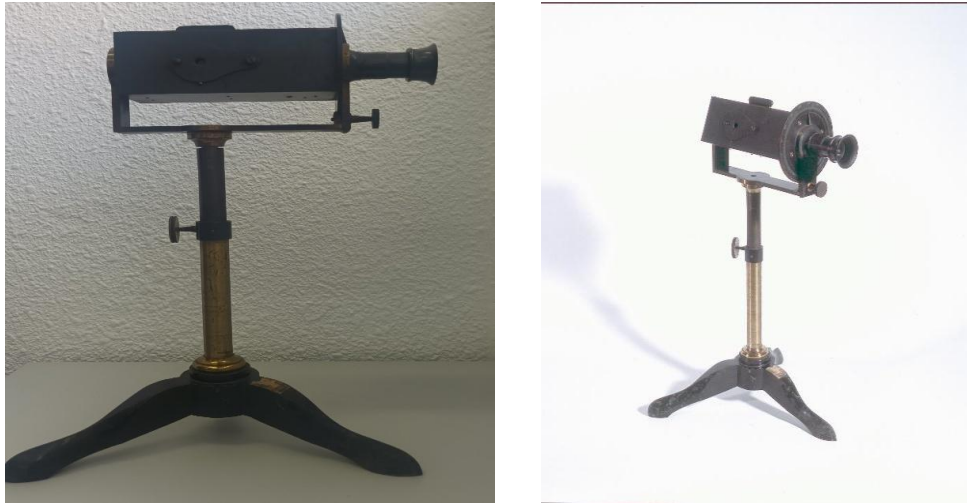
FIGURA 1. Factores que determinan la absortancia (α) de una superficie.



Nota. La absortancia depende de la longitud de onda (λ), el ángulo de incidencia (θ) y la temperatura (T) del material, determinando la fracción de energía radiante convertida en calor. Adaptado de Propiedades de la radiación térmica. Elaboración propia.

Los resultados obtenidos entonces dentro de la cavidad eran $\alpha \approx 1$, $\rho \approx 0$, donde “ α ” correspondía a la absorción y “ ρ ” a la reflectancia, consecuentemente esto suponía que para materiales reales $\alpha < 1$ y por ejemplo para materiales como metales pulidos $\rho \approx 0.9$.

FIGURA 2 ⁴Fotómetro de Lummer-Brodhun.



Nota. Adaptado de Fotómetro de Lummer-Brodhun, por Universidad de Sevilla,

Departamento de Física Aplicada, s.f.

(https://fisica.us.es/divulgaci%C3%B3n/museo/instrumentos_de_medida/fotometro).

Copyright [2014] por Universidad de Sevilla.

La reflectancia, por otro lado, hace referencia a la capacidad de la superficie de reflejar luz incidente, más específicamente a la fracción del flujo de energía incidente que es reflejado por dicha superficie. Esta energía puede ser de distinta naturaleza, como energía lumínica o

⁴ El fotómetro Lummer-Brodhun permite comparar intensidades luminosas mediante la observación simultánea de dos campos adyacentes iluminados por distintas fuentes. Su diseño, que incluye un conjunto de prismas (cubo Lummer-Brodhun), proyecta las imágenes de las fuentes en una misma línea visual —por ejemplo, un disco central y un anillo periférico— facilitando la detección de mínimas diferencias de brillo por contraste. El ajuste se realiza modificando las distancias entre las fuentes y el instrumento hasta lograr la igualdad aparente de iluminación en ambos campos.

térmica, ya que se entiende que un rayo de luz puede ser considerado como un rayo de calor. De esta manera se establece que, si un material refleja mucha luz, tiene una reflectancia alta; si absorbe la mayor parte, su reflectancia es baja.

Las mediciones de la reflectancia se hicieron a través de los fotómetros de contraste (figura 2) creados por Lummer - Brodhun (1889), que tenían la particularidad de tener una precisión mayor, debido a que su diseño con el cubo Lummer-Brodhun, permite una división muy nítida y un campo de visión de contraste o igualdad, que otros métodos realizados anteriormente. Para su medición se comparaba la luz reflejada por una muestra con una fuente estándar de la época que correspondía a la vela Hefner. Posteriormente se media “ ρ ” para diferentes ángulos de incidencia. Se obtenía entonces que para materiales como metales y más específicamente para superficies metálicas lisas una alta reflectancia especular ($\rho \approx 0.8 - 0.95$), y en superficies rugosas una reflectancia difusa dominante, es decir no se seguía en correspondencia la ley de Snell, si no que se redistribuye la radiación incidente en un hemisferio completo y no se conserva la dirección del haz incidente.

A continuación, se muestra una tabla comparativa con las características correspondientes a cada una de las reflectancias.

Tabla 1: Reflectancia Difusa vs Especular

Característica	Reflectancia Difusa dominante	Reflectancia especular
Distribución angular	Es uniforme en todas las direcciones	Según la ley de Snell el ángulo debe ser igual al ángulo incidente

Dependencia de λ	Débil (para rugosidad $> \lambda$)	Fuerte por interferencia / color
Ejemplo en el PTR	Paredes en cavidades del cuerpo negro	Espejos de Platino en bolómetros
Ecuación	$I_r \propto \cos \theta_r$ Ley del coseno de Lambert, refleja la luz uniformemente en todas las direcciones.	$I_r \propto \delta(\theta_i - \theta_r)$ La radiación solo se refleja en el ángulo igual a la incidencia.

Nota: Leyenda de símbolos de las ecuaciones:

I_r : intensidad reflejada; θ_r : ángulo de reflexión; λ : longitud de onda;

δ : función delta Dirac indica reflexión en la dirección especular; $\theta_i =$ ángulo de incidencia.

Entonces desde un balance energético y reflectancia, en un material opaco (sin transmisión) se cumple que, la energía incidente se reparte entre absorción y reflexión:

$$\alpha + \rho = 1 \quad (1)$$

Donde:

- α = absorción (fracción absorbida)
- ρ = reflectancia (fracción reflejada)

En casos como en la radiación de un cuerpo negro, donde se supone que el material absorbe toda la radiación, sin reflejar ninguna fracción entonces se cumple, que:

$$\alpha + \rho = 1 \quad (2)$$

- $\alpha = 1$ (absorción completa)
- $\rho = 0$ (no hay reflexión)

En la siguiente tabla se muestran algunas comparaciones entre propiedades radiativas, que se cumplen para el experimento planteado por el (PTR).

Tabla 2: Comparación entre propiedades radiativas

Propiedad	Definición	Rango	Ejemplo Experimental del PTR
Absortancia (α)	Fracción de radiación absorbida	$0 \leq \alpha \leq 1$	Cavidades ennegrecidas $\alpha \approx 1$ (Lummer y Pringsheim, 1897)
Reflectancia (ρ)	Fracción de radiación reflejada	$0 \leq \rho \leq 1$	Plata pulida: $\rho \approx 1$ (medido con el fotómetro de Lummer)
Transmitancia (τ)	Fracción de radiación transmitida	$0 \leq \tau \leq 1$	No aplicable, ya que el PTR trabajó con medios opacos, $\tau = 0$

(Fuente: Producción propia a partir del análisis conceptual e histórico del PTR y las referencias de Lummer y Pringsheim (1897) (Capítulo 2))

La tabla 2. expone las tres propiedades fundamentales para caracterizar la interacción de la radiación con una superficie, conceptos que se usaron Lummer Y Pringsheim para hablar de la termodinámica de la radiación. Según el principio de conservación de la energía se exige que para cualquier superficie la absortancia (α) reflectancia (ρ) y la transmitancia (τ), debe ser igual a 1 por lo que se cumple que:

$$(\alpha + \rho + \tau = 1) \tag{3}$$

Cumplíéndose que el contexto del PTR se trabajaba con cavidades opacas por lo que la transmitancia ($\tau = 0$), concluyendo en las ecuaciones ideales anteriormente descritas para un cuerpo negro.

2.4 Emisividad

La radiancia espectral ($L_{\lambda,b}$) describe cómo un cuerpo negro ideal emite energía en función de la longitud de onda (λ) y la temperatura (T). En la experimentación del PTR se estableció el concepto de emisividad que compara la radiación de un objeto real con la de un cuerpo negro. Este concepto fue desarrollado operativamente por el PTR para estudiar la emisividad espectral direccional en una dirección dada bajo la siguiente expresión:

$$\epsilon (\lambda, \theta', \phi', T) = \frac{L_{\lambda,em}(\lambda, \theta', \phi', T)}{L_{\lambda,b}(\lambda, T)} \quad (4)$$

Donde:

$L_{\lambda,em}$: Radiación medida del material real.

$L_{\lambda,b}$: Radiación del cuerpo negro (obtenida con las cavidades del PTR)

De igual manera se establece el término de emisividad esférica $\epsilon(2\pi)$, que considera la eficiencia con la que una superficie real emite radiación térmica en todas las direcciones del espacio, comparada con un cuerpo negro ideal a la misma temperatura, su expresión:

$$\epsilon (2\pi) = \frac{M_{em}(T)}{M_b(T)} \quad (5)$$

Donde:

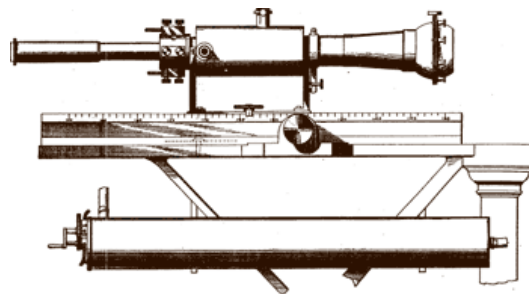
- $M_{em}(T)$: Emitancia total (potencia emitida por unidad de área y está dada por la superficie real)

- $M_b(T)$: Emitancia del cuerpo negro, y se establece a través de la ley de Stefan – Boltzmann $M_b = \sigma T^4$

Estos conceptos surgieron a partir de las mediciones en los experimentos de Lummer y Pringsheim (1897), en donde se usaban cavidades metálicas con pequeñas aberturas para aproximar la emisión, para ello se escogieron materiales como el hollín debido a que este tiene una estructura micro porosa y una alta rugosidad superficial, siendo un material conocido por su mayor absorción en el espectro visible e infrarrojo, permitiendo que funcione a bajas temperaturas donde la radiación se emite en longitudes de onda de $3 \mu\text{m}$, atrapando la radiación. Por otra parte, se usaba el óxido de uranio para altas temperaturas, debido a que el hollín tiende a deteriorarse, además de tener una alta absorción en las longitudes de onda en el infrarrojo.

A través de esto, se confirmó que la radiación en la cavidad era isotrópica (igual en todas las direcciones) y validó el concepto de emisividad esférica.

FIGURA 3 Fotografía del bolómetro construido por Samuel P. Langley.



La imagen se utiliza para ilustrar el diseño físico y los componentes clave del instrumento original, que fue fundamental para sus mediciones pioneras de la radiación solar. Nota. Adaptado de “Langley’s Solor Heat Machine,” por el Earth Observatory, NASA, 2000

https://earthobservatory.nasa.gov/features/Langley/langley_2.php). *Derechos de dominio público.*

Si bien, en el experimento se usaban las cavidades esféricas para integrar la radiación en todas sus direcciones fue el instrumento de medición “el bolómetro de Langley – (fig. 3)” el que permitió realizar dichas mediciones para luego contrastarlas con el cuerpo negro -al que se dedicará un desarrollo posterior en este trabajo-. Para obtener estos resultados el procedimiento que se seguía consistía en calentar las muestras de distintos materiales como metales y óxidos a temperaturas controladas y constantes, midiendo la $M_{em}(T)$ e integrando la radiación en todas las direcciones para posteriormente compararse con $M_b(T)$. Los resultados obtenidos a partir de los distintos materiales confirmaron que, en las superficies rugosas y oscuras, la emisividad era $\epsilon \approx 0.9$ y en metales pulidos esta era $\epsilon \approx 0.5$.

Consecuentemente los experimentos confirmaron que, en equilibrio térmico se cumple:

$$\epsilon(2\pi) = \alpha(2\pi) \quad (6)$$

Donde α es la absortancia hemisférica demostrando así que, en un buen absorbedor como por ejemplo el de la cavidad negra es un buen emisor $\epsilon \approx 1$ y un reflector perfecto como un espejo tiene $\epsilon \approx 0$.

El siguiente cuadro muestra la comparación de las distintas emisividades como la direccional, la hemisférica y la espacial.

Tabla 3. Distintos tipos de emisividades

Tipo de emisividad	Definición	Ejemplo Experimental del PTR
Direccional $\epsilon(\theta)$	Razón de radiancia en una dirección θ respecto al cuerpo negro.	Las mediciones que se realizaron no fueron un foco principal en el PTR. La instrumentación de la época, como los espectrómetros de ángulo fijo, no estaban optimizados para caracterizar la variación angular de la emisión.
Hemisférica $\epsilon(2\pi)$	Razón de potencia total emitida en todas las direcciones.	Se realiza las mediciones a través de bolómetros y cavidades de cuerpo negro por parte de Lummer & Pringsheim, 1998.
Espacial (ϵ_λ)	Dependencia con la longitud de onda	Datos de Rubens & Kurlbaum (1900) obtenidos estudiando el infrarrojo lejano y mostrando $\epsilon_\lambda \neq cte$

(Fuente: producción propia a partir de las comparaciones realizadas de los distintos tipos de emisividades de las referencias de Lummer y Pringsheim (1897))

A partir de la anterior tabla, se evidencia cómo el trabajo realizado por el PTR no sólo recopiló datos, sino que definió conceptualmente las distintas formas de medir la emisión térmica. Entonces la elección de qué tipo de emisividad medir (hemisférica o espectral) depende del fenómeno a estudiar. En general la emisividad hemisférica se usó para la metrología y en la construcción del estándar de la luz a partir del cuerpo negro. En cambio,

la emisividad espectral posteriormente se convertiría en la piedra angular de la relación entre la materia y la radiación a nivel atómico.

2.5 El Experimento del cuerpo negro

El “cuerpo negro” es un término acuñado en el siglo XIX y principios del XX, para hacer referencia a un cuerpo ideal con propiedades específicas en las cuales se determina una relación entre la capacidad de un cuerpo de emitir energía radiante y la capacidad de absorberla. Esta relación surge al estudiar como un cuerpo que se calienta emite energía en forma de luz visible, infrarroja, entre otras, que se denomina radiación térmica y cómo ésta depende de la temperatura. Este concepto fundamental en la física térmica nace de los experimentos realizados por **Physikalisch-Technische Reichsanstalt (PTR)** de Berlín a finales del siglo XIX. Este cuenta con dos características clave para poder ser definido, la primera aborda la definición teórica proporcionada por físicos de la época como Gustav Kirchoff y la otra proviene de la realización experimental proporcionada por Lummer, Pringsheim, Rubens (1897 – 1900).

Para Kirchoff un cuerpo negro ideal es un absorbedor perfecto, es decir, absorbe toda radiación incidente ($\alpha = 1$), sin reflejar ($\rho = 0$) ni transmitir ($\tau = 0$), esto lo hace un emisor perfecto, por lo tanto, su radiación depende únicamente de su temperatura, y no del material o la forma y está descrita por la ley de Planck.

Por otro lado, la realización experimental del cuerpo negro realizada por Lummer, Pringsheim y Rubens en el PTR, demostró que ningún material es un cuerpo perfecto, y que su aproximación práctica se logra con una cavidad cerrada con una pequeña abertura, en las cuales se puede destacar que la radiación entrante en esta cavidad sufre múltiples reflexiones internas hasta que finalmente es absorbida, lo que hace que la emisión sea $\alpha \approx 1$ y además

la radiación emitida por la abertura sigue la distribución espectral del cuerpo negro ideal. De lo anterior se expone:

“Estas cavidades son realizadas con materiales como esferas de porcelana o metal (cobre, hierro) recubiertas inicialmente con hollín para bajas temperaturas y óxido de Uranio para altas temperaturas, el control térmico de estas se realizaba a través de la inmersión de estas esferas en baños de aire líquido (-188°C), agua hirviendo (100°C), y algunas sales fundidas con temperaturas mayores a 300°C. La estructura de los cuerpos negros fue realizada por tubos de platino o grafito calentado de forma eléctrica, lo que permitía alcanzar temperaturas de hasta 1500°C en vez de la vela Hefner la cual solamente alcanzaba temperaturas entre 700°C y 800°C, esta innovación vino acompañada con aislamiento térmico por medio de distintas capas de amianto y los termopares⁵ para medir la temperatura interna” (Siegel & Howell, 2002)

Los anteriores desarrollos experimentales dan paso para que se estudie de forma sistemática la radiación térmica. Precisamente, el cuerpo negro es un experimento que ha llamado la atención debido a que su problemática de estudio lo centra en el preámbulo de la creación de la mecánica cuántica, haciéndolo un importante punto de partida para revisar distintos conceptos que sufrieron alteraciones en su comprensión -como el de la medición y su posterior conceptualización-. Cabe destacar que la concepción del concepto de medida no

⁵ Termopar: Dispositivo utilizado en el PTR para medir temperatura, compuesto por dos metales diferentes unidos en un extremo. Al calentarse esta unión, se genera un voltaje eléctrico proporcional a la temperatura, permitiendo mediciones precisas en los experimentos con cuerpo negro.

cambia con el postulado de Planck para el cuerpo negro, esa transformación ocurre después con los trabajos de físicos como Niels Bohr y Werner Heisenberg.

2.5.1 El primer acercamiento al cuerpo negro - Sir. Isaac Newton (1642 - 1727)

En el siglo XIX ya era bien sabido que el cuerpo negro era la idealización de un experimento con el cual se intentaba descubrir las leyes que rigen la radiación, aunque el concepto se cree que fue mencionado inicialmente en los escritos de Gustav Kirchoff, ya a inicios de siglo XVIII, Newton hizo mención sobre este en la cuestión 6 de la Óptica (Newton, 1704/1979)

“Acaso la luz no engendra el calor en los cuerpos negros con mayor facilidad que en los de otros colores, debido a que al incidir sobre ellos no se refleja hacia afuera, sino que, penetrando en ellos, se refracta y refleja muchas veces en su interior hasta que se absorbe y se pierde”

Es posible que este sea un desarrollo sobre su trabajo de prismas de vidrio en el cual la luz se descompone en colores distintos, produciendo lo que denominó “espectros”.

Análogamente encontró que al combinar nuevamente estos colores obtenía la luz normal. Newton expondría sus hallazgos en 1671-72 en la “Philosophical Transactions - Royal Society” en el cual se rescata el aporte que hace mencionando que los colores que aparecían al pasar la luz blanca inicialmente por los prismas no son productos de la cualidad dada por refracciones y reflexiones debido al prisma si no propiedades originales o innatas de la misma luz. Estas propiedades no fueron retomadas sino hasta un siglo después por Thomas Melvill, cuando calentó distintos cuerpos y descubrió que estos emiten radiación, cuando alcanzan ciertas temperaturas. Haciendo pasar por un prisma la luz emitida por los cuerpos, observó

un espectro continuo, intermediado por unas líneas brillantes. Por el momento es el primer registro que se tiene de un espectro de emisión.

2.5.2 El cuerpo negro – Gustav Kirchoff

Cuando Kirchoff mencionó por primera vez el cuerpo negro, lo hizo bajo el contexto del estudio de sus observaciones en espectroscopía acompañado de Bunsen, donde estudiaban las líneas D oscuras observadas en el espectro solar, con las líneas brillantes emitidas por muestras de llamas que contenían sodio. Para ellos, se hacía uso del espectroscopio, que en principio consistía en una caja oscura que albergaba 4 prismas, que lograba mostrar el espectro de forma en que las rayas se observaban de forma más clara. La referencia es que los cuerpos emitían luz y calor- luz invisible- dichos cuerpos tenían la capacidad de emisión y absorción, y el cociente entre estos $\frac{\epsilon}{\alpha}$, era común a todos los cuerpos y esta era una función que depende únicamente de la longitud de onda (de la radiación emitida o absorbida) y de la temperatura Kirchoff, G. R (1860).

Kirchoff introdujo la noción de cuerpo negro haciendo referencia a un cuerpo ideal, inalcanzable donde menciona “«Quiero llamar a semejante cuerpo», fueron sus palabras «cuerpo negro perfecto, o de modo abreviado, negro»” (Kirchoff 1860: 277)”. De esta manera, un cuerpo que absorbe toda la luz visible como el hollín o el carbón aparece negro a nuestros ojos; pero es su extensión al calor que el término “negro” toma relevancia pues este hace referencia a la absorción de todo tipo de radiación térmica incluyendo el infrarrojo e independiente a su longitud de onda. También asegura:

“«Un cuerpo caliente emite rayos de calor. Lo sentimos claramente cerca de una estufa caliente. La intensidad de los rayos de calor que un cuerpo caliente emite

depende de la naturaleza y de la temperatura del cuerpo, pero es en general independiente de la naturaleza de los cuerpos sobre los que caen los rayos. Sentimos los rayos de calor solamente en el caso de los cuerpos muy calientes, pero todos los cuerpos los emiten, cualquiera que sea su temperatura, aunque su magnitud disminuye con la de esta” (Kirchhoff, 1860 pp. 375-301).

Por lo tanto, Kirchhoff establece al cuerpo negro como un caso límite, pues no hay ningún cuerpo real que emita y absorba el 100% de su radiación. Aunque el término “negro” parece ser irónico pues que en altas temperaturas el cuerpo negro emite luz visible, reafirmando el hecho de que lo “negro” se refiere a su capacidad de absorción y no a su apariencia cuando este se calienta.

Para el análisis de su propuesta, Kirchhoff analizó una cavidad esférica con paredes perfectamente absorbentes, conservando el equilibrio térmico dentro de la misma cavidad. De esta manera, la radiación dentro de la cavidad es isotrópica y homogénea. Desarrollando entonces lo que se conoce como la intensidad espectral $K_\lambda(T)$, una función que describe la energía radiante por unidad de área, ángulo sólido y longitud de onda (λ). Teniendo en cuenta que la radiación emitida por las paredes es absorbida completamente $\alpha = 1$, Kirchhoff demuestra que, en equilibrio térmico, la emisividad espectral e_λ y la absorción α_λ se relacionan mediante:

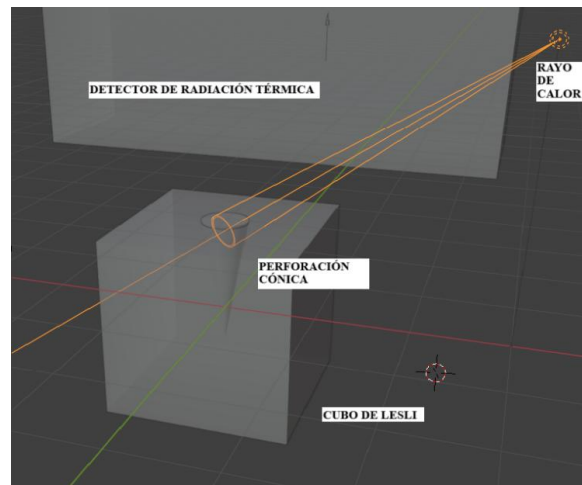
$$\frac{e_\lambda}{\alpha_\lambda} = K_\lambda(T) \quad (7)$$

Donde $K_\lambda(T)$ es una función universal que solo depende de λ y T , independiente del material, por lo tanto, se cumple para un cuerpo negro que sí, entonces:

$$e_\lambda = K_\lambda(T) \quad (8)$$

Corresponde a que un cuerpo negro emite máxima radiación posible para λ , T . Esta expresión cobra relevancia en aquel momento debido a que, si se pudiese medir $K_\lambda(T)$, entonces la radiación de una estrella, por ejemplo, se podría calcular T .

FIGURA 4 Representación del Cubo de Leslie



Dispositivo utilizado en experimentos de radiación térmica. Consistía en un cubo metálico con perforaciones cónicas en sus caras, diseñadas para aumentar la emisividad y aproximarse al comportamiento de un cuerpo negro al alcanzar una emisividad cercana a 1. Nota. Ilustración de creación propia basada en descripciones históricas del experimento de Christiansen.

Las mediciones experimentales sobre lo propuesto por Kirchoff provinieron de años más adelante, su verificación fue descuidada, quizás porque su relevancia fue dejada a un lado. El montaje experimental se conformaba básicamente de láminas de metal preparadas con materiales especiales como oxidantes y cubiertas del negro de las lámparas, además de ser rugosas, para alcanzar una mayor negrura. Estos montajes tenían un acercamiento de cuerpo negro únicamente para un rango de longitud de onda y temperatura. Otros acercamientos fueron realizados por físicos como el danés Christian Christiansen con lo que se denominó

el cubo de Leslie, realizando perforaciones cónicas (figura 4), y hallando que estos irradian con una emisividad de aproximadamente 1.

Al mismo tiempo Charles St. John también trabajaba la emisividad de los cuerpos radiantes formados por tierras raras, sus resultados mostraban que la radiación emitida por un espacio de calentamiento de temperatura homogénea muestra propiedades similares a las de un cuerpo negro:

"La radiación que proviene de cualquier cuerpo en un horno de calentamiento uniformemente templado y herméticamente cerrado tiene, según Kirchhoff, casi la misma naturaleza que si proviniera de un cuerpo negro, y por lo tanto puede usarse con gran ventaja para mediciones absolutas y relativas de la radiación". (Kirchhoff, 1860 pp. 275-301)

2.5.3 La ley de Radiación de Stefan - Boltzmann

Adolph Wüllner (1871) había expuesto que "... la cantidad de calor emitida aumenta considerablemente más rápido que la temperatura, especialmente a temperaturas elevadas" (Wüllner, 1871) aunque su mención fue producto de las mediciones realizadas por Tyndall, fue una inspiración para Josef Stefan que expone una ley bajo el comentario de Wüllner sobre la radiación que emite un hilo de platino al que el paso de corriente eléctrica sobre el mismo lo hace brillar y por el cual expuso que la radiación calorífica es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura absoluta. Este planteamiento fue netamente experimental, la propuesta teórica no se desarrollaría años más tarde debido a Ludwig Boltzmann, donde expone que la presión debido a la radiación debe ejercer un trabajo, recogiendo los principios termodinámicos de la conservación de la energía y la entropía, y el trabajo de Kirchoff sobre

la correspondencia de que la energía radiante (u) es función de (T) llega a la conclusión de que:

$$u = \sigma.T^4 \quad (9)$$

Donde (u) es la potencia de la potencia de radiación, (σ) una constante y T^4 la temperatura a la cuarta potencia. La relevancia de esta descripción es que impone un límite superior para la potencia emitida por los cuerpos reales que está dada por la ecuación:

$$u = \varepsilon\sigma(T_e)^4 \quad (10)$$

Donde (ε) es la propiedad de radiación denominada emisividad (explicada anteriormente en el apartado 2.4). Los valores que toma ε están dados por ($0 \leq \varepsilon \leq 1$), dependiendo entonces del material de la superficie, la longitud de onda y de la temperatura.

2.6 Relación del fotómetro y el bolómetro con el cuerpo negro

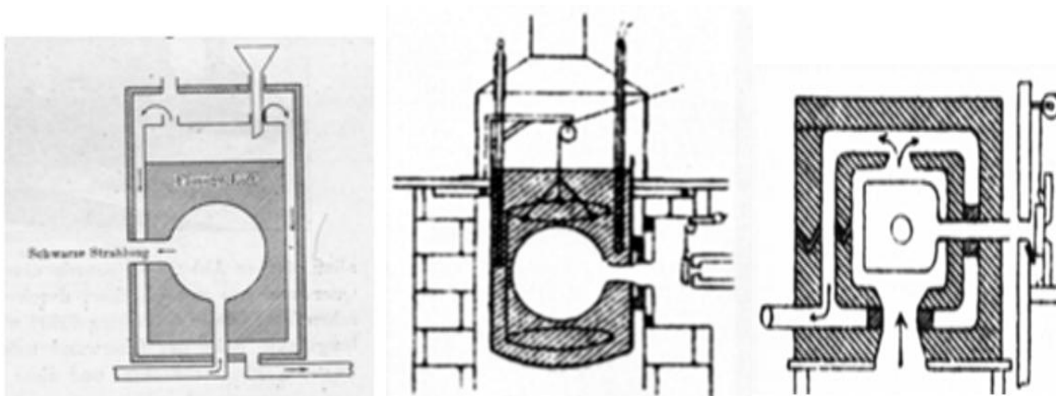
Wiën y Lummer, tal como otros en el siglo XIX buscaban no solamente comprobar las leyes de la radiación, su búsqueda del estándar de la luz los llevó a producir en el campo experimental distintas propuestas sobre el montaje experimental del cuerpo negro y el uso de distintos instrumentos con los cuales establecer sus mediciones. El alcance del experimento no solo estaba en el perfeccionamiento del mismo cuerpo negro, si no, aquello que iba a mediar las interacciones con el fenómeno de radiación. Es decir, los instrumentos que se usan como el fotómetro para la luz visible y posteriormente el bolómetro para la detección de los rayos infrarrojos.

2.6.1 El Fotómetro de Lummer

El desarrollo del cuerpo negro completo eléctrico incandescente supuso una mejora en los diseños anteriores al de cuerpo negro que suponían el uso de fluidos en donde se bañaba el

cuerpo negro con el fin de tener un entorno controlado con temperaturas en un rango de -188°C hasta 1200°C (véase figura 5)

FIGURA 5: Distintos montajes de cuerpo negro sumergidos en distintas sustancias –fluidos–



Nota: (a la izq. “sumergido en aire líquido”, centro “agua caliente”, der. “otros líquidos”, las sustancias a temperatura bien definida. (tomado de Figura 3: Radiadores de cuerpo negro sumergidos en baños de fluido, diseñados por O. Lummer y E. Pringsheim 1897/98, p. 4 recuperado de <https://es.scribd.com/document/406937330/Reporte-Experimento-Lummer-Prongsheim>).

Así, el desarrollo del nuevo instrumento instó a la comprobación de las leyes de radiación establecidas previamente como la ley de Stefan – Boltzmann y la ley de desplazamiento de Wiën. Aun así, el fotómetro perfeccionado por Lummer era sólo utilizado para rangos de luz visible del espectro, por lo tanto, dejaba a un lado los rayos infrarrojos, de lo cual se encargaría otro instrumento creado por Lummer que denominó “el bolómetro”.

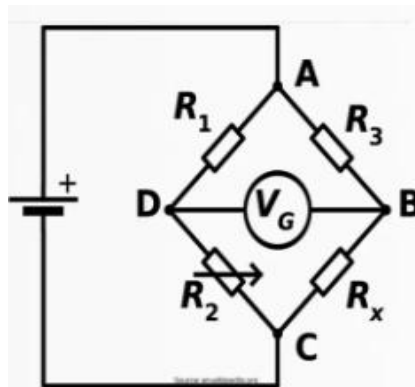
2.6.2 El bolómetro de Lummer

En mención de lo anterior, las técnicas utilizadas en el fotómetro de Otto Lummer fueron fundamentales en estudio de la óptica, pero no abarcaban todo el espectro electromagnético,

condición que posibilitó el diseño de un nuevo aparato que diera cuenta del rango infrarrojo, para ello se realizó la construcción del bolómetro.

Samuel Langley en 1881 crea el bolómetro, un instrumento donde su base fundamental es un puente Wheatstone, su principio de funcionamiento es un circuito eléctrico que se usa para medir alguna de sus resistencias.

FIGURA 6 Puente de Wheatstone



Nota: Usado para medir alguna resistencia que se desconozca en su montaje. Tomado de:

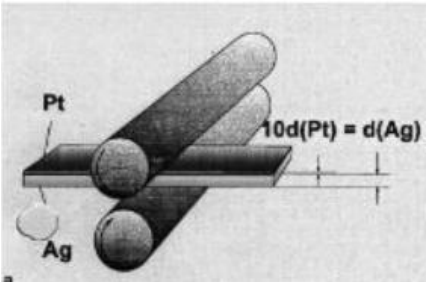
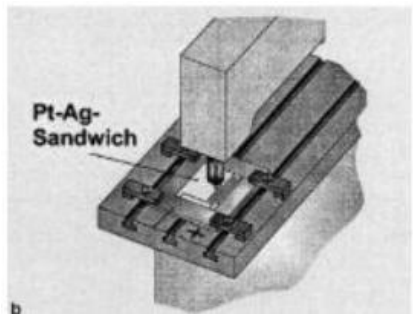
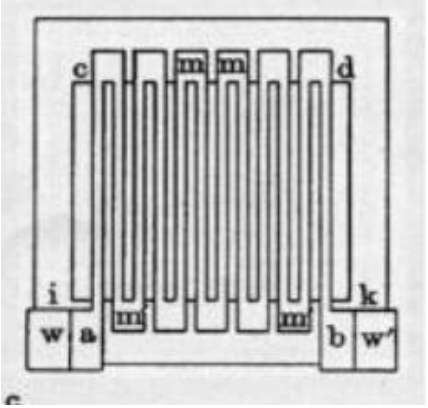
(CollegeSidekick, s.f.)

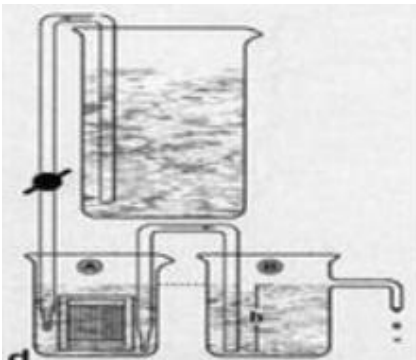
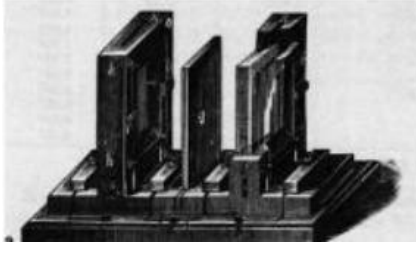
El principio operativo del instrumento se fundamenta en la relación inversa entre la temperatura y la resistencia eléctrica. El núcleo del bolómetro consistía en una delgada lámina de platino, ennegrecida para optimizar la absorción de radiación (CollegeSidekick, s.f.). Al recibir la energía radiante, la temperatura de la lámina se elevaba, generando una variación medible en su resistencia eléctrica.

El éxito del diseño radica en dos características, la primera que emplea el uso de un sistema de doble brazo configurado en un puente de Wheatstone. Este esquema hace uso de esas láminas idénticas, pero únicamente una era expuesta a la radiación térmica,

compensando los cambios debido a factores externos como el ambiente. La segunda, era la posibilidad de aislarlo del exterior, lo que permitía minimizar las pérdidas de calor por convección, concentrando el efecto térmico de la radiación y maximizando la sensibilidad del dispositivo. La fabricación del instrumento y su calibración se sitúa en 5 momentos:

Tabla 4. Momentos en la construcción y calibración del Bolómetro de Langley.

Momento	Descripción	Imagen
Laminación	En este momento, una fina lámina de platino está soldada a una lámina de plata de 10 veces su grosor. Finalmente, esta acomodación se enrolla hasta lograr un espesor del platino de aproximadamente 10^{-6} metros.	
Corte	El enrollado de la lámina se adhiere a una placa de vidrio y se corta en una máquina divisora.	
Fijación en el marco	Luego de retirar la estructura, la hoja se fija en un marco y se cubre con laca, se conectan a sus extremos los electrodos.	

Lavado	El marco se coloca en un recipiente de ácido cloroplátinico que graba la plata. Este proceso es indispensable, ya que la estructura del platino residual es muy frágil, lo que conlleva a que tenga que ser lavada.	
Ennegrecimiento de la pieza	Se ennegrece la pieza en una llama. Se hace uso del Platinmoor, un tipo de platino que se produce electrolíticamente, cuya negrura es mucho mejor y más reproducible.	

Nota. Adaptado de [Diagrama del bolómetro], por CollegeSidekick, s.f.

(<https://www.colubeseidekick.com/study-docs/3517868>). Derechos de autor en poder de

CollegeSidekick.

Finalmente, a lo largo del capítulo se logró definir y diferenciar los mecanismos de transferencia de calor, haciendo énfasis en las diferencias que rodean la radiación con respecto a la conducción y la convección, en la cual la radiación no requiere un medio material para propagarse e incluso suele ser más eficaz en el vacío. Así mismo, se precisaron las propiedades radiativas que sustentaron los postulados de Kirchhoff: la absorptancia (α), entendida como la fracción de energía radiante que un cuerpo logra absorber, y la emitancia (ϵ) que refleja la eficiencia de los materiales para emitir energía comparándolo con el cuerpo negro ideal. Estos desarrollos permitieron consolidar la noción de cuerpo negro como absorbedor y emisor perfecto ($\alpha = 1$, $\epsilon = 1$), cuya radiación depende de la temperatura.

Desde la perspectiva del quehacer docente, los elementos conceptuales y procedimentales mencionados anteriormente, resultan relevantes al momento de orientar una propuesta de aula, la cual busca conectar las experiencias sensibles de los estudiantes con la práctica experimental, puesto que es desde allí, que se pueden establecer distintas relaciones como por ejemplo, la relación que se crea en el dominio del cuerpo negro, donde existe una distinción entre luz visible y radiación térmica permitiendo comprender que un cuerpo puede emitir calor sin necesidad de emitir luz visible. Esta comprensión justifica la necesidad de hacer uso de materiales absorbentes de color oscuro, ya que presentan una alta absorción que favorece la medición de la radiación.

En el ámbito procedimental, resulta clave la posibilidad de medir de manera indirecta lo que no es directamente observable. Por lo tanto, el bolómetro de Langley resulta relevante para la detección de radiación infrarroja y para el avance de la metrología de la radiación. Así, se configura la relación entre la temperatura y la variación de la resistencia eléctrica del instrumento de medición vinculando el fenómeno bajo estudio -la radiación térmica- con una magnitud eléctrica medible: la resistencia.

En el siguiente capítulo se centrarán los esfuerzos para profundizar el concepto de calor como base para comprender la radiación, y en el principio de variación de resistencia mediante el bolómetro.

Capítulo 3: Sobre la relación temperatura y radiación: “la medición con un bolómetro”

En el capítulo anterior se realizó un recorrido histórico sobre el problema del cuerpo negro y su medición, estableciendo las relaciones fundamentales entre temperatura y la variación de la resistencia en instrumentos como el bolómetro. Desde allí, este capítulo avanza sobre esa base para presentar y analizar una propuesta experimental concreta: el diseño, construcción y validación de un prototipo para medir la radiación térmica. Se realizaron diferentes montajes experimentales, a partir de los cuales se analizaron cuantitativamente las relaciones entre temperatura y radiación, conectando los principios físicos de la radiación con una implementación práctica que servirá como base para producir una propuesta para el aula. Esta propuesta está pensada bajo los principios históricos, pero modificada para ser construida con materiales accesibles y de fácil adquisición, de esta manera se permite medir indirectamente la radiación térmica a partir de los registros de cambios en la resistencia eléctrica, estableciendo un puente entre la teoría y la experimentación.

3.1 El concepto de calor en la comprensión de la radiación.

El calor ha sido una parte fundamental de la experiencia humana y fue usada para referirse a la sensación que es contraria al frío, dada por nuestros antepasados. Desde la creación del fuego, esta también fue usada para hacer referencia a la posibilidad de conservar los alimentos, por ejemplo, cuando se exponían al fuego, se cocinaban y, por lo tanto, evitaban que entraran en contacto con bacterias que causan la descomposición. Estas experiencias sensibles fueron organizadas y llevaron al estudio del concepto de calor a través de los años, que iban desde consideraciones iniciales del calor como un fluido llamado “calórico” que impregnaba los cuerpos, así como su estudio de distintos fenómenos asociados a la radiación,

concretados por los trabajos de científicos como Joule (1850), Boltzmann (1857), Planck (1902), así como experimentalistas como Wiën (1893), Lummer y Pringsheim (1859 - 1917). A propósito, de estos trabajos se recogen y proponen algunas preguntas que serán de gran importancia para el entendimiento del concepto de radiación.

Cuando la experiencia cotidiana- percepción sensorial- de “sentir calor” - por ejemplo, al exponerse a una fuente lumínica- y se traslada al campo científico, puede interpretarse como “radiación de calor”⁶. Esta interpretación se basa en la identidad de los fenómenos, ya que los “los rayos de calor”, que se desprenden de la fuente luminosa, se consideran idénticos a los rayos de luz de la misma longitud de onda. Esta equivalencia es fundamental, pues establece que cada rayo de luz implica simultáneamente la presencia de un rayo de calor.

Dado que los “rayos de calor” son iguales a los “rayos de luz”, se establece una relación directa entre el calor y la radiación térmica formalizada. Esta conexión es crucial para la complejización del concepto, ya que permite llevar un fenómeno percibido en el contexto cotidiano, como la “luz que emite el sol”, al ámbito científico como “radiación” definida por su temperatura y no necesariamente por su brillo visible.

A partir de lo anterior, un primer ejercicio que podemos realizar es caracterizar el calor desde nuestra experiencia cotidiana. ¿Qué podemos decir del calor? ¿Qué características físicas podemos asociar al calor? Por ejemplo, podemos decir que el calor necesita una fuente que puede ser luminosa como “el sol”, “una fogata” o el calor puede ser generado por la fricción de nuestras palmas. James Prescott Joule realizó experimentos fundamentales que

⁶ Los rayos de calor y los rayos de luz son fenómenos de idéntica naturaleza (radiación electromagnética). La radiación de calor se utiliza a menudo como el término general para esta propagación de energía. El concepto de radiación térmica representa la formalización rigurosa de esta energía emitida por todos los cuerpos en función de su temperatura, detectable por medición térmica, no por brillo.

establecen la equivalencia entre trabajo mecánico y calor, demostrando que es un tipo de energía en tránsito y no una sustancia (Tomé López, 2017).

De igual manera, es común que los términos “calor” y “temperatura” tiendan a confundirse en la cotidianidad, para este trabajo se considera que el calor es la transferencia de energía térmica entre sistemas debido a una diferencia de temperatura, y esta a su vez es la medida de la energía interna promedio de un sistema (Leskow, 2019)

Así con la definición de calor, surgen otras cuestiones relacionadas como, por ejemplo, saber distinguir las formas en ¿Cómo se propaga? ¿Si se propaga de forma distinta, esta tiene alguna implicación en cómo afecta a los cuerpos? ¿Qué cambios puedo observar y registrar, para saber si un cuerpo está siendo afectado por el calor? Estas cuestiones resultan particularmente necesarias para distinguir los tipos de propagación de calor y reconocerlas en los entornos cotidianos y así estructurar ideas que den cuenta de la radiación y no de los otros dos tipos de propagación.

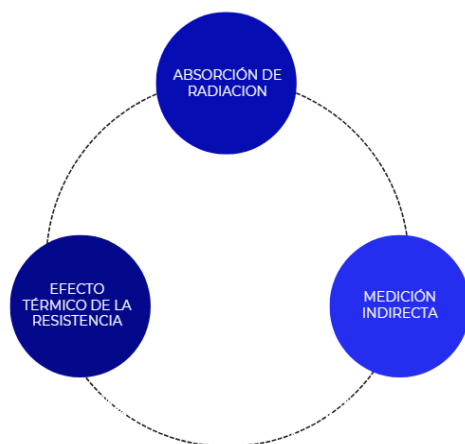
De ahí, que el calor sea el primer vistazo para entablar relaciones que se concretan para hablar de radiación térmica, así como la temperatura y la variación de resistencia en un circuito. Para darle un sentido más estricto a la comprensión de radiación térmica esta no solo se limita a su conceptualización teórica, sino también a la posibilidad de medir y cuantificar. Es desde allí que surge la relación entre la temperatura y la variación de resistencia en un circuito, en la construcción del instrumento para medir la radiación térmica (bolómetro). Si bien, el bolómetro es un instrumento que no es común de encontrar en los laboratorios de física en el contexto colombiano, es posible realizar una aproximación bastante buena realizando la fabricación de un instrumento que mantiene la relación radiación térmica y temperatura, midiendo la variación de resistencia eléctrica que se tiene al momento de

exponer el instrumento a la radiación. El bolómetro entonces emerge como un instrumento clave, permitiendo vincular la experiencia sensible del calor con datos cuantitativos, lo que lo convierte en una herramienta pedagógica ideal para abordar el concepto de radiación térmica desde un enfoque experimental.

3.2 Principio físico del bolómetro: de la radiación térmica a la variación de resistencia eléctrica

Como se ha revisado en anteriores apartados la transición epistemológica del calor como sensación a su formulación como fenómeno termodinámico constituye un eje central para comprender cómo la radiación térmica emerge como concepto científico. Nuestros estudiantes, al igual que los científicos que se enfrentaron a los fenómenos termodinámicos, parten de experiencias concretas: la sensación de calor al exponerse al sol contrasta con los efectos de la sombra y el frío presente en esta, revelando diferencias en la transferencia energética. Otra manera, es concebir un carbón que con anterioridad se ha prendido, y posteriormente este deja de brillar, pero aún sigue quemando, lo que conlleva a cuestionarse ¿Existe un vínculo entre la luminosidad y transferencia energética? Y si es así ¿Cómo influye el color de un material al momento de estudiar la radiación térmica? De lo anterior, el bolómetro opera bajo tres fenómenos interconectados

FIGURA 7. Conexión de fenómenos sobre los que opera el bolómetro en la medición de la radiación térmica.



Fuente: elaboración propia a partir de conectar los principios teóricos de la radiación con la experiencia práctica y la instrumentación.

3.2.1 Descripción de los fenómenos físico sobre los que opera el bolómetro

Absorción de radiación: relación de un material oscuro (lamina negra – papel de aluminio pintado con témpera negra mate) y cómo esta absorbe radiación incidente, aumentando su temperatura.

Efecto térmico en la resistencia: El material absorbente está acoplado a una termorresistencia (NTC. Negative temperature coefficient – $4.7\text{ k}\Omega$), donde su resistencia disminuye al aumentar su temperatura.

Medición indirecta: Un circuito electrónico (con multímetro) registra los cambios de resistencia, que se correlacionan con la intensidad de la radiación recibida.

3.3 Montaje experimental (prototipo de medición de radiación térmica)

El presente diseño y montaje experimental responde directamente a los objetivos de la investigación. Este desarrollo propio busca concretar en un dispositivo funcional los principios físicos del bolómetro estudiados en anteriores capítulos. El prototipo permite observar cómo se relaciona la relación térmica con cambios medibles en la resistencia eléctrica. Mediante su implementación se espera que se logre concretar los conceptos teóricos en una experiencia práctica de medición que constituya un paso fundamental para la sustentación de la propuesta experimental que se presentará en el capítulo final.

3.3.1 Variables a consideración a propósito del montaje experimental

Las variables descritas a continuación fueron consideradas originalmente en el diseño del bolómetro por R. Langley y retomadas en el desarrollo del cuerpo. Estos factores toman relevancia para el análisis de la radiación y de datos, así como la generación de reflexiones que conlleven a la construcción del concepto de radiación térmica:

1. Distancia (S) de la fuente de radiación térmica al bolómetro: Se debe tener en cuenta que cualquiera que sea la naturaleza de la radiación, la propagación de esta se da desde la posibilidad de dos ámbitos, la primera en línea recta debido a un medio homogéneo, y la segunda se dispersa debido a un medio heterogéneo. En cualquiera de los dos casos, la radiación disminuye con la distancia debido a fenómenos de atenuación, incluso en condiciones ideales para la propagación. Esta atenuación se presenta en una reducción medible en la señal que detecta el instrumento, lo que convierte la variable (S) esencial al momento de calibrar el dispositivo.

Adicionalmente, el control de la variable distancia (S) es fundamental para aislar y estudiar otras variables. En particular, permite estudiar la eficacia del material absorbente, así como la intensidad de fuente lumínica.

2. Material absorbente (Papel aluminio – liso – lado opaco): Este componente del montaje experimental funciona como el receptor principal de la radiación. La selección del papel aluminio se basó en sus propiedades de baja reflectancia, su capacidad de soportar temperaturas moderadas y su favorable conductividad térmica. Se debe tener en cuenta que el papel tiene que estar liso, debido a que, si se encuentra corrugado, este facilita la reflexión difusa no deseada. Las dimensiones que se han escogido son de aproximadamente 10cmx10cm. Este papel absorbe la radiación térmica proveniente de la fuente de una manera más fácil, ayudando a que se vea los cambios de temperatura de una manera más rápida que en otros papeles como de plástico o papel entre otros.

Una vez definido el receptor de radiación, es necesario caracterizar la fuente que la emite. En este caso, se tiene que definir la naturaleza y la potencia de la fuente, ya que determinan la cantidad de energía térmica disponible para ser absorbida, constituyéndose como una variable a tener en cuenta en el montaje experimental.

3. Fuente de luz (fósforo, carbón blanco) La variable intensidad lumínica entra en consideración, puesto que, cuando se nos presenta la “luz de un fósforo” en comparación con la “la luz de una linterna” o “la luz de una fogata” esta varía en términos de su intensidad, por ejemplo, se puede ver la luz de un fósforo al aire libre máximo a unos 10 metros de distancia más lejos de esta distancia, observar el brillo que emite el fósforo es difícil. En cambio, ver el brillo que genera una linterna o el de una fogata es posible a una distancia de 10 metros o más. De esta manera se establece una relación entre intensidad lumínica y distancia.

La variable de la intensidad lumínica, así como la energía emitida por la fuente y la que absorbe el material están influenciadas por el entorno en el que se realiza el experimento, por lo tanto, es necesario mantener estas condiciones ambientales controladas.

4. Ruido de radiación: Esta variable agrupa las condiciones ambientales presentes durante la realización de la actividad experimental, las cuales mantuvieron una temperatura ambiente de 20°C y humedad relativa en un rango de 40% - 60% y una presión de aire de 1.028 hPa. Si bien estas condiciones influyen en la toma de datos, esta no es netamente significativa. Una modificación en estas condiciones afecta principalmente a la fuente de radiación, provocando variaciones en la intensidad lumínica en un rango de 2% a 10% de exactitud en la medición. Los datos son recolectados de manera general a través de información climática que se encuentra disponible en la red, en distintas fuentes de datos meteorológicos. Los usados en esta experiencia fueron dados por el IDEAM⁷ para el día 2 de septiembre del 2025.

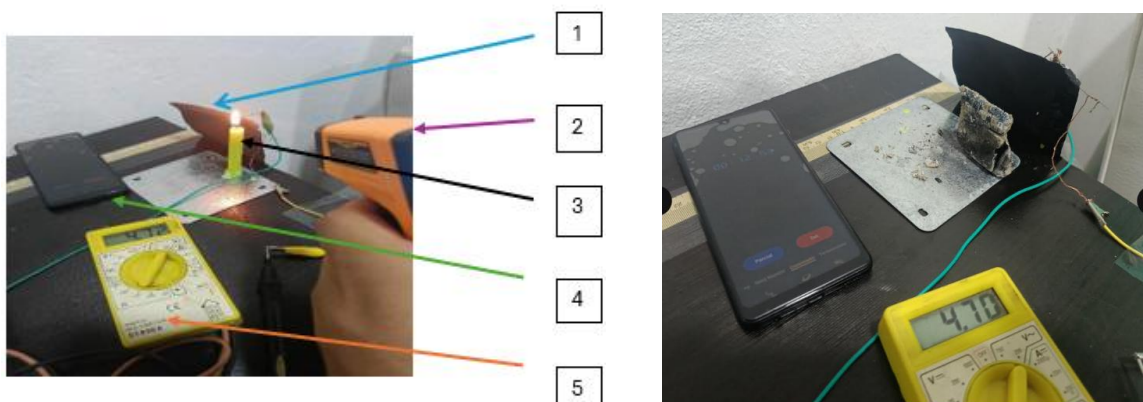
Después de reconocer estas variables, el montaje experimental del prototipo de medición de radiación térmica consta de distintas partes que ayudan a capturar la energía radiante. En este sentido, el bolómetro se establece como un mediador que vincula la experiencia sensible del calor con los datos cualitativos. El prototipo experimental usado en esta propuesta mide la radiación de manera indirecta mediante la termorresistencia NTC (Negative Temperature Coefficient). Este sensor, junto con un material absorbente oscuro (papel aluminio pintado de negro), opera bajo un principio que genera un efecto observable: el material oscuro, que se aproxima al cuerpo negro (alta absorbancia), absorbe radiación incidente (principalmente

⁷ El IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, es la entidad gubernamental encargada de brindar información y asesoría técnica en temas relacionados con el clima, el agua, el medio ambiente y los recursos naturales.

infrarroja), provocando un aumento en la temperatura. Este aumento de temperatura induce un cambio eléctrico en la (NTC), la cual hace que disminuya su resistencia al aumentar la temperatura.

Por lo tanto, el indicio de la existencia de radiación térmica y su efecto observable en el experimento es la disminución en la resistencia eléctrica, la misma que es registrada por el multímetro, correlacionada con la intensidad de la radiación recibida. Para ello, se ha dispuesto de la siguiente manera el montaje experimental.

FIGURA 8. Montaje experimental propuesto por el autor de este trabajo para medir la radiación térmica.



Momento 1: Distintas fuentes de calor con papel aluminio. 1. pantalla de aluminio oscuro 2. Termómetro infrarrojo. 3. Fuente de calor. 4. Cronómetro. 5. Multímetro (Medidor de resistencia) Momento 2: Distintas fuentes de calor con papel aluminio pintado de color negro.

La disposición del montaje experimental sigue los parámetros según lo enunciado en el apartado 3.3.1. El papel aluminio (pantalla) junto con la resistencia ($4.7\text{ k}\Omega$) que se encontraba en medio de las dos láminas fueron calentadas con distintas fuentes. Los extremos de la resistencia estaban conectados a un multímetro para revisar los cambios de resistencia

que se efectuaban al exponerse a la radiación de ambas fuentes de calor. El tiempo de exposición fue de $\Delta t = 10 \text{ minutos}$. Se consideraron distintas distancias de entre 1 cm y 10 cm (Tabla 6), obteniendo una mayor variación de resistencia ($\Delta\Omega$) en la distancia 1 cm por lo que se optó por tener esa distancia para los demás momentos en la experiencia. En el primer momento experimental se utilizó papel aluminio como material absorbente en su estado natural, empleando su lado opaco con dimensiones de 10x10 cm. Posteriormente, en una segunda fase del experimento, se aplicó pintura negra sobre el mismo material, conservando así la configuración geométrica inicial, pero modificando sus propiedades superficiales de absorción.

Las condiciones iniciales del montaje como el tamaño del papel, así como la distancia y el tiempo de exposición fueron tenidas en cuenta, debido a que al realizar alguna variación de estas confluyen en una obtención de datos poco confiable para la revisión de las relaciones que se pueden dar entre las variables a estudiar, así como, mantener las variables ambientales como temperatura ambiente y humedad relativa constantes.

Las relaciones que se establecen entre las variables y las condiciones a considerar, con la fundamentación teórica del PTR y el montaje experimental se presentan en la tabla 5.

Tabla 5 Relación entre las variables, PTR y el prototipo experimental propuesto

Variable	Fundamentación histórica (PTR)	Aplicación en el montaje del prototipo
Material absorbente	Lummer y Pringsheim hacen uso de cavidades con superficies ennegrecidas (hollín, óxido de uranio) para maximizar la absorción.	Se empleó el papel aluminio (10x10 cm) en dos momentos: sin pintar y pintado de negro, manteniendo la geometría, pero variando la absorción en la superficie del material.
Distancia	En el PTR los experimentalistas	Se probaron distancias entre 1-10

fuente-sensor	controlaban la distancia entre la cavidad del cuerpo negro y el bolómetro para regular la intensidad radiante recibida.	cm, seleccionando 1 cm por presentar la mayor variación de resistencia ($\Delta\Omega$).
Tiempo de exposición	Los registros del PTR especifican tiempos de exposición controlados para alcanzar el equilibrio térmico en las mediciones.	Se estableció un tiempo fijo de exposición ($\Delta t=10$ minutos) para todos los ensayos
Condiciones ambientales	Los experimentos con cuerpo negro se realizaban en entornos controlados para minimizar interferencias térmicas.	Se mantienen condiciones ambientales constantes como temperatura ambiente (20°C) y humedad relativa (40-60%)
Sistema de medición	El bolómetro de Langley medía la radiación mediante la variación de resistencia eléctrica por efecto térmico.	Se utilizó una resistencia NTC ($4.7\text{ k}\Omega$) conectada a un multímetro para registrar los cambios de resistencia.

Posterior a esto, se procedió a revisar las temperaturas correspondientes de la pantalla con un termómetro digital infrarrojo con un rango de temperatura entre (-50°C , 450°C) o (-58°F , 842°F) en distintos intervalos de tiempo, a su vez también se revisó la variación de resistencia en el multímetro. Adicionalmente se mantuvo constante la temperatura de la fuente (aprox. 86°C). A partir de lo anterior, se obtuvieron los siguientes datos

Tabla 6. Momento 1 – Papel aluminio – Distancia (5 cm – $\Delta S1$)

Medida	Tiempo segundos (s)	Valor de la resistencia ($k\Omega$)	Valor de la temperatura T ($^{\circ}\text{C}$)
1	0	4.7	20.4
2	30	4.72	20.4
3	60	4.72	20.4
4	120	4.72	20.5
5	180	4.72	20.6

6	240	4.72	21.7
7	330	4.72	22.0
8	450	4.72	23.5
9	580	4.72	22.6
10	820	4.71	27.2

Tabla 7. Momento 1 – Papel aluminio – Fuente vela - Distancia (1 cm – $\Delta S2$)

Medida	Tiempo (segundos)	Valor de la resistencia ($k\Omega$)	Valor de la temperatura T ($^{\circ}C$)
1	0	4.73	20.4
2	1	4.73	30.1
3	2	4.72	31.1
4	5	4.71	34.2
5	25	4.70	35.5
6	35	4.69	39.2
7	78	4.68	42.2
8	108	4.66	40.8
9	112	4.64	47.2
10	120	4.61	51.1

Los registros de las Tablas 6 y 7 muestran que, al reducir la separación entre la fuente de calor y la pantalla, la temperatura del material absorbente aumenta al pasar el tiempo. Con la temperatura de la fuente ($T = 86^{\circ}C$), manteniéndose constante en ambas experiencias, se

observa que la disposición a 1 centímetro de distancia produjo un calentamiento más intenso en la pantalla con respecto a la colocada a 5 centímetros.

De igual manera se realizó el registro de valores de temperatura de la pantalla cuando estaba frente a la fuente de calor, en este caso carbón blanco con una temperatura inicial registrada de 25 °C, de los cuales se obtienen los siguientes datos:

Tabla 8. Momento 3 – Papel aluminio - Fuente Carbón - Distancia (1 cm)

Medida	Tiempo (segundos)	Valor de la resistencia ($k\Omega$)	Valor de la temperatura T (°C)
1	5	4.73	25
2	10	4.70	115
3	60	4.69	100
4	120	4.69	85
5	240	4.69	75
6	300	4.69	72
7	360	4.70	50
8	480	4.70	40
9	540	4.73	25
10	600	4.73	25

Tabla 9. Momento 3 – Papel aluminio oscuro - Fuente Carbón - Distancia (1 cm)

Medida	Tiempo (segundos)	Valor de la resistencia ($k\Omega$)	Valor de la temperatura T (°C)
1	0	4.72	25
2	60	4.71	38

3	120	4.69	54
4	180	4.67	63.4
5	240	4.64	78.3
6	300	4.63	86
7	360	4.63	94.2
8	400	4.62	126
9	540	4.61	180
10	600	4.61	182

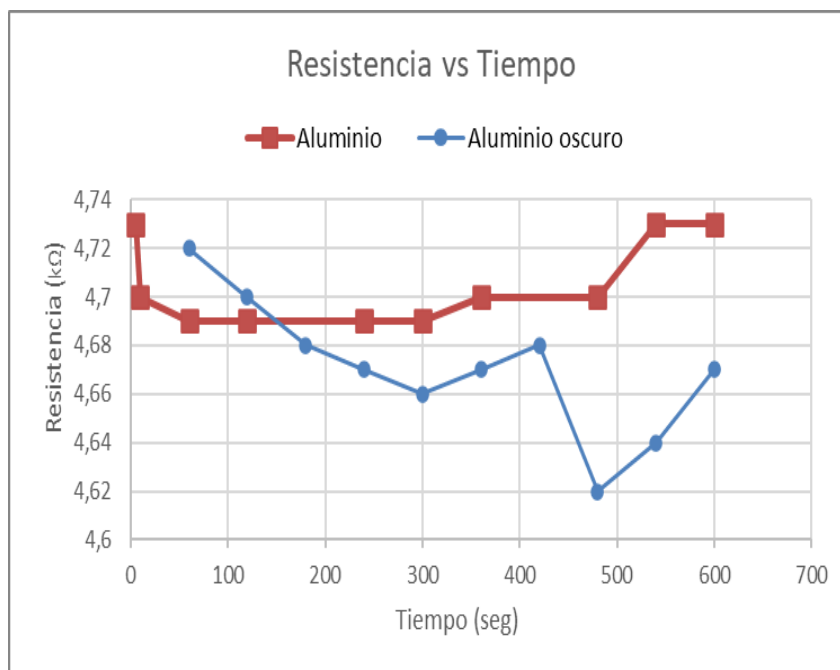
De la tabla 8, (Fuente: Carbón) evidencia el comportamiento del prototipo ante una fuente de calor de alta intensidad, manteniendo la distancia de 1 centímetro. Se observa que la temperatura del carbón se eleva rápidamente influyendo en la temperatura de la pantalla. El registro de los datos obtenidos muestra que el prototipo al absorber la intensidad de radiación de la fuente registró variaciones rápidas de temperatura, alcanzando un valor máximo de 208°C. Esta absorción térmica produjo cambios en la resistencia ($\Delta\Omega$) desde un valor de 4.72 ($k\Omega$) hasta un mínimo de 4.62 ($k\Omega$). Estos registros van en línea con el funcionamiento del prototipo de medición, la radiación calienta la superficie de un material, lo que provoca que la resistencia NTC disminuye de manera inversa a la temperatura.

Al realizar una comparación de los resultados de la tabla 7 (Fuente: vela) y la tabla 8 (Fuente: Carbón), ambos manteniendo la distancia de 1 centímetro, se logra establecer la relación directa entre temperatura de la fuente y la respuesta del prototipo. Es decir, la Fuente: vela (Tabla 7) generó una temperatura máxima de 51.1°C tomada en la pantalla, mientras que la fuente: carbón (Tabla 8) se registró una temperatura de 208 °C. Los datos obtenidos,

marcan una diferencia con respecto a la vela y el carbón, donde se infiere que, a mayores temperaturas de la fuente, la resistencia tiene una mayor variación. Así, también se puede deducir que el prototipo presenta una sensibilidad ante la energía radiante emitida tanto por la vela, cómo por el carbón, produciendo un efecto más visible en la resistencia NTC.

A continuación, se presenta la siguiente gráfica, que evidencia los datos recolectados en el momento 3 (Tabla 8 y 9).

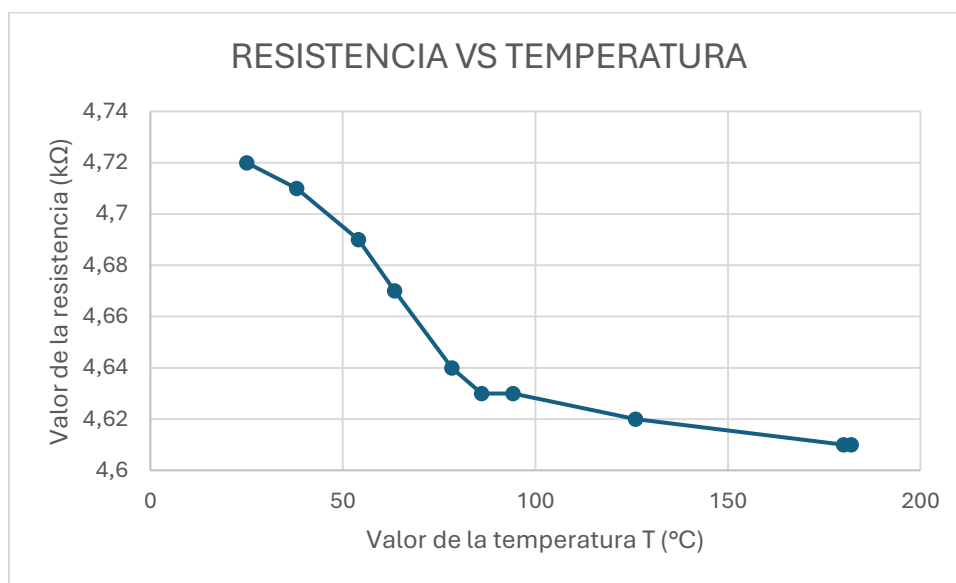
FIGURA 9 Gráfica 1. Resistencia vs tiempo (Tabla 8 y 9 - Fuente: Carbón)



Se puede analizar de la gráfica que hay una ligera disminución de la resistencia $\approx 0.03k\Omega$ durante el periodo de medición de los 600 segundos, indicando que el papel aluminio pintado de negro absorbe más radiación térmica que el aluminio, ya que en el momento 3 la resistencia casi no varía $\approx 4.72k\Omega$ (Tabla 8), y en el caso del aluminio negro tuvo una variación de $\approx 0.10k\Omega$, lo que representa que el recubrimiento negro mejora la absorción de radiación térmica. Cabe recalcar que el recubrimiento de la pintura añade masa y cambia las

propiedades de conducción de calor, y sin embargo su comportamiento se asimila al comportamiento de las superficies oscuras del principio de Kirchoff donde estas absorben y emiten mejor la radiación.

FIGURA 10. Gráfica 2. Resistencia vs temperatura (Tabla 9 - Fuente: Carbón)



Los resultados graficados (Figura 10) a partir de la Tabla 9, muestran la relación inversa entre la temperatura y la resistencia. A medida que la temperatura se incrementa de 196° C a 198°C, se observa una disminución de la resistencia (4.72 kΩ - 4.68 kΩ). La tendencia a tener mayores temperaturas y registrar variaciones negativas de resistencia se sigue manteniendo, lo que demuestra que el aumento de la energía térmica absorbida por el material conduce a esa reducción proporcional y predecible de la resistencia. Por lo tanto, la gráfica muestra que, se puede usar la magnitud de resistencia eléctrica como una medida indirecta para medir los cambios de temperatura generados por la radiación térmica.

El comportamiento después del dato correspondiente a la resistencia $4.62\text{ k}\Omega$ de la gráfica corresponde a una disminución en la temperatura de la fuente por lo que la resistencia desde ese dato comenzará a volver a su valor original $4.72\text{ k}\Omega$.

Desde lo anterior, se puede establecer que si el prototipo se aleja del bolómetro de Langley (debido a limitaciones en los materiales y los aislamientos de los factores externos como los ambientales), sirve como puente entre la teoría y la práctica, evidenciando que es posible realizar acercamientos de los experimentos que sentaron las bases de importantes teorías modernas, con materiales asequibles en cualquier entorno escolar.

Si bien los datos principales de la práctica experimental se obtuvieron utilizando el carbón como fuente de calor debido a su mayor intensidad térmica, la vela empleada en los primeros acercamientos sirvió como base fundamental para observar y comprender los cambios iniciales, constituyendo así el primer momento clave dentro de la secuencia de montajes propuestos en la actividad experimental.

Capítulo 4: El papel del experimento del cuerpo negro y su importancia en la comprensión de la medición de la radiación en física.

El experimento del cuerpo negro ocupa un lugar importante en la determinación de la ley de Planck, así como, impacto que determinó la conceptualización del concepto de medida y de radiación térmica. Desde sus inicios, la necesidad de realizar mediciones precisas fue un factor determinante en la evolución de la experimentación. La radiación de cuerpo negro, por su naturaleza, requiere instrumentos que puedan detectar y cuantificar la radiación con alta precisión, ya que los cambios en la radiación emitida son sutiles y suelen estar relacionados en gran medida con el estado del objeto y las condiciones ambientales.

El bolómetro se convirtió en un instrumento clave para este tipo de medidas. A título personal, la construcción del bolómetro es una experiencia clave para determinar los aspectos involucrados en la construcción de una práctica experimental, por lo que, se hace necesario considerar la intervención de los dispositivos que componen el experimento son cruciales para el desempeño y la interpretación de la experiencia y, por lo tanto, deben tenerse en cuenta.

4.1 La construcción del sentido en el experimento y la instrumentación

Una visión integral de la experimentación científica contempla la importancia de no solo centrarse en controlar las interacciones entre el sistema experimental y su entorno, sino también realizar un análisis detallado del instrumento como tal, puesto que este mismo entra en el entorno específico. La realización y comprensión de un experimento depende de una interpretación teórica de lo que sucede en lo material al realizar el proceso experimental” (VisionLearning, 2017). Esta afirmación, se sustenta bajo el hecho de que el experimento

tiene como objetivo lograr una correlación reproducible entre una característica observable del aparato y una característica del objeto investigado.

En el experimento del cuerpo negro, la característica investigada es la radiación térmica emitida por la cavidad del cuerpo negro. Esta radiación se mide de forma indirecta con el bolómetro, cuyo principio de operación se centra en la variación de la resistencia eléctrica debido a la exposición a la radiación. Así, el cambio en la resistencia en el bolómetro (característica observable del aparato) puede ser correlacionado para cuantificar la intensidad de la radiación emitida por el cuerpo negro (característica del objeto investigado).

Esta correlación, también permite saber lo que se puede aprender del objeto, al inspeccionar el aparato y teniendo en cuenta los conocimientos teóricos sobre el sistema experimental y su entorno. Esto se alinea con lo señalado por Trumper (2003, citado en Villacrez, 2017) donde menciona que la literatura educativa se aborda principalmente en los aspectos educativos de la realización de los experimentos; en su papel en el aprendizaje y en las cuestiones prácticas relacionadas con la enseñanza, dejando a un lado el papel del experimento en la construcción de nuevo conocimiento y en la formación del significado de los conceptos teóricos.

Desde allí, la construcción del sentido de los experimentos no puede entenderse únicamente en términos de los resultados numéricos o proposiciones teóricas, sino que está ligado a las condiciones y contextos en los cuales las mediciones se realizan. Por lo tanto, la construcción de significado en el experimento de cuerpo negro, en particular en la medición de su radiación, debe entonces pasar por la interacción entre el científico, la instrumentación y el fenómeno que se observa. El rol del científico es crucial por que la medición, en este contexto, no es un acto técnico, si no un proceso de construcción de conocimiento. De esta

manera, la radiación térmica se vuelve un fenómeno que se revela por medio de un diseño experimental y es atravesado por el juicio de quien realiza la misma práctica, puesto que este es quien les da sentido a los datos obtenidos al realizar la medición del montaje experimental.

Es así como el bolómetro, media la realidad física del cuerpo negro y la percepción. La forma en cómo es construido, ajustado y calibrado le permite transformar lo imperceptible - como la radiación infrarroja- en magnitudes eléctricas medibles. Es decir, a partir de la construcción del instrumento, este influye en la interpretación de los datos, donde el bolómetro no funciona como un “traductor neutral”, sino como constructor de significados que, a su vez, confiere rigurosidad a la medida de la radiación. De este modo, la precisión de la medición no solo depende de la calidad del dispositivo, sino también de cómo se comprende y contextualiza su uso dentro del experimento.

Por otra parte, la validación de la medición no se da únicamente en términos de su precisión técnica, sino que también da cuenta de cómo la construcción de significado del fenómeno depende del acto de medición en circunstancias específicas, en un proceso que está asociado a las mediaciones de los instrumentos con los que se realiza esta medición. La instrumentación, por tanto, adquiere relevancia no sólo como medio de adquisición de datos, sino como una parte integral en la construcción del conocimiento científico, generando una interpretación que configura nuestra comprensión de la radiación del cuerpo negro.

4.2 Una mirada fenomenológica a la construcción de significados con relación a la medición en el experimento del cuerpo negro

La perspectiva fenomenológica en la enseñanza de las ciencias naturales ofrece un marco teórico y metodológico para entender cómo se construyen los significados científicos a partir de la interacción entre la experiencia sensible, la instrumentación y la teorización. En este

sentido, el experimento de cuerpo negro permite analizar cómo a partir de la medición de la radiación no es un acto técnico, si no un proceso de construcción de conocimiento que tiene como ejes centrales la percepción, la interpretación y la reconfiguración de conceptos físicos. Autores como María Mercedes Ayala y Francisco Malagón destacan la importancia de esta aproximación para superar dicotomías tradicionales como sujeto – objeto o teoría - experimento, sin que se consideren por separado y mucho menos considerar la existencia de una sin la otra (Ayala et al., 2014; Malagón et al., 2015).

4.2.1 La fenomenología y la construcción del fenómeno científico

La fenomenología, desde la tradición de Husserl y Merleau-Ponty, entiende el fenómeno como aquello que se manifiesta a la conciencia en un contexto determinado, rechazando la idea de una realidad independiente del observador (Husserl, 1952/2005; Merleau-Ponty, 1964/1975). En el caso del cuerpo negro, el fenómeno de la radiación térmica emerge a través de la interacción entre los instrumentos de medición (como el bolómetro), las condiciones experimentales y las interpretaciones teóricas de científicos como Planck, Wien y Kirchoff.

María Mercedes Ayala (2014) señala que *“la construcción de un dominio fenomenológico implica la organización de efectos sensibles, elaboración de un lenguaje especializado y la síntesis de relaciones entre fenómenos”*. De este modo, en la medición de la radiación de cuerpo negro, se necesitó tanto del desarrollo de técnicas como la espectroscopía o la fotometría, así como de la creación de conceptos tales la emisividad y la absortancia, que permitieron dar cuenta de lo observado con las teorías físicas.

4.2.2 La medición como proceso fenomenológico

En el experimento de cuerpo negro, la medición no se constituye únicamente como la obtención de datos empíricos; el acto de medir carga significados que transforman la

percepción del fenómeno. Como lo plantea Malagón (2013), la instrumentación media la relación entre el observador y el objeto de estudio, generando nuevas formas de ver y organizar la experiencia. El bolómetro, por ejemplo, no sólo registraba la radiación térmica, si no que le permitió a Lummer y Pringsheim contrastar las predicciones teóricas con los resultados experimentales, lo que decantaría posteriormente en la crisis del modelo clásico y el surgimiento de la teoría cuántica.

Es entonces que, desde la perspectiva fenomenológica, este proceso de medición del cuerpo negro puede analizarse en tres segmentos que construyen el fenómeno:

4.2.2.1 Segmento 1: Percepción y detección

El experimento de cuerpo negro involucra instrumentos como el bolómetro, ejemplificando un proceso donde la experiencia sensorial del científico se traslada a través de la medición transformándose en un conocimiento objetivo.

El bolómetro, en sus etapas de construcción y calibración, requiere que el experimentador tenga una percepción afinada de las variaciones térmicas y de la respuesta del aparato. La sensibilidad del dispositivo, la estabilidad de la calibración, y la capacidad de detectar los cambios mínimos en la radiación debido a la medición en los cambios de la resistencia, influye en la manera en cómo se vivencia y se interpreta el mismo fenómeno de la radiación del cuerpo negro. De esta manera, el bolómetro de Langley transformó lo imperceptible (radiación infrarroja) en magnitudes eléctricas medibles; los espectrómetros de rejilla descompusieron la percepción unitaria de la luz en componentes espectrales discretas, y las cámaras de vacío aislaron fenómenos térmicos de interferencias ambientales.

4.2.2.2 Segmento 2: Interpretación conceptual

Como lo señala Malagón (2015), la fenomenología de la medición implica “una dialéctica entre lo sensible y lo inteligible” (p.47), donde conceptos como la emisividad o temperatura de radiación emergen de la interacción con dispositivos como el bolómetro. Este proceso está mediado por la corporeidad del acto de medir (calibración del bolómetro), la mediación instrumental, donde el bolómetro no sirve como un “traductor neutral” si no como coproductor de significado. Así mismo, los registros del PTR (1897-1900) muestran cómo los científicos debían distinguir entre el ruido experimental (artefactos térmicos y condiciones de medición como la temperatura ambiente, la uniformidad del detector y las técnicas de aislamiento térmico) y señales válidas, un juicio que combinaba la experiencia sensorial y el conocimiento teórico.

Es entonces, que la construcción de conceptos como absorptancia (α) o radiancia espectral (λ) surgieron de operacionalizar percepciones, es decir en el caso de la emisividad (ϵ) se definió al contrastar mediciones de cavidades ennegrecidas ($\epsilon \approx 1$) con metales pulidos ($\epsilon \approx 0.5$), validando la ley de Kirchoff: $\epsilon(\lambda, T) = \alpha(\lambda, T)$ (Planck, 1900). Esto ilustra lo que Merleau-Ponty (1948) llama "la encarnación de lo simbólico en lo sensible" (p. 89).

4.2.2.3 Segmento 3: Síntesis fenomenológica

La integración entre la experiencia, instrumento y teoría decanta en lo que puede llamarse la síntesis fenomenológica. El uso del bolómetro en el PTR (1897-1900) cristalizó una nueva forma de entender la medición, puesto que pone sobre la mesa nuevas elaboraciones conceptuales y teóricas validadas mediante el experimento del cuerpo en el transcurso del devenir de la actividad científica. Por ejemplo, la sensación a la magnitud: Lo que comenzó como una percepción difusa de "calor radiante" se codificó en magnitudes como emitancia

(M) y absorptancia (α), gracias a la capacidad del bolómetro para comparar fuentes térmicas bajo condiciones controladas. De igual manera, la integración de dominios fenomenológicos: Las mediciones con el bolómetro unificaron fenómenos dispersos (emisión de metales, radiación de cavidades, espectros térmicos) bajo una misma lógica experimental, creando un lenguaje común para describir la radiación (Ayala, 2011, p. 203).

Es entonces que, con la perspectiva fenomenológica establecida para el cuerpo negro y su análisis por medio de los 3 segmentos en este trabajo, se puede establecer un montaje experimental que dé cuenta de los procesos de anclaje conceptuales alrededor de la radiación térmica. Esto permite, que se desde la misma propuesta se pueda abordar y relacionar a través de la experiencia directa, las nociones como la emisividad, la transferencia de calor por radiación y las leyes que rigen la emisión de un cuerpo ideal. De esta manera, se espera que se consolide la construcción alrededor de la radiación térmica en entornos educativos.

**Capítulo 5: Propuesta experimental - construcción del concepto de radiación térmica
a través de la relación experimento - teoría del cuerpo negro.**

En la construcción de los capítulos anteriores se ha realizado una descripción amplia de la radiación térmica, y su importancia en el experimento de cuerpo negro. Esta recontextualización del experimento a través de la historia permite reconocer los factores por los cuales se debe atribuir una importancia al aprendizaje de conceptos como radiación, radiación de calor, y radiación térmica. Desde allí, esta propuesta se enmarca en la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales de la Universidad Pedagógica Nacional, con el objetivo de diseñar una secuencia didáctica que permita al estudiante acercarse y construir “desde sus propias experiencias” el concepto de radiación térmica haciendo uso de una perspectiva fenomenológica, histórica y experimental. Desde allí, se centra el estudio del cuerpo negro y el uso del bolómetro como herramienta de medición articulando tres ejes fundamentales:

Tabla 10. Ejes fundamentales de la propuesta de intervención

EJE FUNDAMENTAL	NOMBRE	OBJETIVO EN EL AULA	OBJETIVO EN LA INVESTIGACIÓN
1.Sensibilización	“De lo cotidiano a lo científico”	Activar ideas previas sobre radiación térmica mediante fenómenos conocidos (sol, fogatas, objetos calientes)	Identificar las concepciones espontáneas de los estudiantes sobre el entendimiento de conceptos como calor, color y emisión.

2. Experimentación	“El bolómetro: nuestro puente entre lo sensible y lo medible”	Construir y calibrar un bolómetro casero para medir radiación en diferentes fuentes (microondas, luz solar, linterna)	Analizar cómo la instrumentación modifica la comprensión del fenómeno ¿El fenómeno cambia al registrar y ver datos cuantitativos?
3. Conceptualización	“Reflexiones sobre la radiación térmica: una puesta en escena desde la actividad experimental”	Establecer relaciones entre temperatura, resistencia, color y emisión de radiación haciendo uso de modelos históricos.	Construir significados y reflexiones acerca de las actividades experimentales sobre radiación térmica (después de la intervención)

5.1 Aspectos iniciales de la propuesta

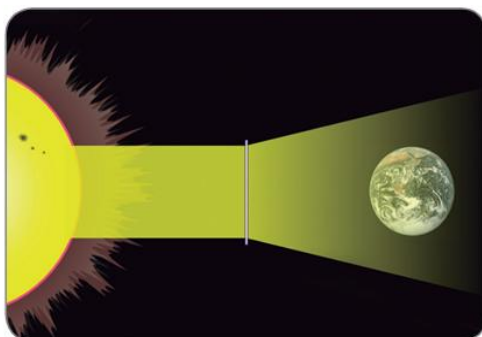
En este apartado se aborda la descripción detallada de cada uno de los ejes fundamentales relacionados con la propuesta.

5.1.1 Fase 1: Sensibilización “De lo cotidiano a lo científico”

En la página oficial de Colombia Aprende (2014) se encuentra la caracterización de tres formas de propagación de Calor: 1. Conducción. 2. Convección. 3. Radiación. La primera y la segunda forma de propagación (conducción y convección) no se define directamente en la guía y es un trabajo de construcción de conceptos mediante las relaciones que puede establecer a partir de situaciones como, por ejemplo, una salida de excursión en el campo y como se calienta agua en una olla. Para efectos de este trabajo, la conducción se relaciona con la transferencia de calor en los sólidos; de igual manera la convección se relaciona con la transferencia de calor en líquidos y gases y en ambas se realza la importancia de hablar de

las colisiones moleculares en estos dos procesos. Mas, sin embargo, cuando se revisa el proceso de propagación por radiación se presenta únicamente la siguiente imagen:

FIGURA 11. Representación radiación por el Ministerio de Educación Nacional



Nota: Imagen recuperada de [MG S G09 U03 L01.pdf](#) – Colombiaaprende.edu.co

En esta fase se recurre a una discusión guiada a partir de la siguiente pregunta de apertura “¿Por qué el sol nos hace sentir calor, aunque esté a 150 millones de kilómetros (km)?”

Posteriormente se realiza la siguiente guía de aprendizaje con los estudiantes de grado 10°

Colegio Santa Luisa	Guía de aprendizaje	Área: Ciencias Naturales
Grado 10	SENSIBILIZACIÓN SOBRE RADIACIÓN TÉRMICA Y FENÓMENOS COTIDIANOS	Duración 1 Sesión (110 minutos)

Docente: Jhonny Florez Tovar

Asignatura Física

Objetivo: Establecer conexiones entre el concepto de radiación térmica y experiencias cotidianas (sol, fogatas, objetos calientes) utilizando estrategias cercanas a la fenomenología del cuerpo negro para activar conocimientos previos y generar preguntas investigativas.

Introducción: ¿Sabías qué?

Materiales

- Imágenes del sol, fogatas y electrodomésticos que emiten calor)

--	--	--	--	--



- Termómetros infrarrojos
- Tarjetas con preguntas problematizadoras: Se dividen en 3 subgrupos, abordando características intuitivas sobre la radiación.

Sobre percepción y experiencia: Los estudiantes responden las preguntas de las tarjetas, se hace registro en el papelógrafo bajo dos categorías. “Percepción” (lo que sienten) y “Explicación” (Lo que creen que ocurre).

Para ello se realiza una división por grupos de 4 integrantes. Las tarjetas se encuentran divididas en tres subgrupos. El primer subgrupo que relaciona la percepción y sensación sobre conceptos relacionados con radiación (calor, diferencias de material). Un segundo grupo de tarjetas que contiene preguntas problematizadoras acerca de la invisibilidad de la radiación térmica y finalmente el tercer subgrupo que habla sobre el color y la radiación.

La dinámica consiste en que cada estudiante toma una tarjeta, e intenta dar respuesta de la pregunta que aparece en la misma. Inicialmente el estudiante de forma individual contesta la pregunta, para posteriormente compartir su respuesta o hallazgo con el resto de los integrantes del grupo. En este momento de diálogo, se realiza la invitación a los demás compañeros a compartir sugerencias, complementar o adicionar cualquier opinión que exprese su perspectiva sobre la pregunta. El segundo grupo de tarjetas hace referencia a la necesidad de pensarse la radiación no solamente como producto de una fuente calor que brilla, si no también que puede provenir de una fuente calor que no necesariamente “brilla” a nuestros ojos. El tercer grupo de tarjetas reconoce la importancia de elementos como el color para dar cuenta de la radiación térmica.

- Primer grupo de tarjetas:

FIGURA 12. Tarjetas 1er momento de la propuesta



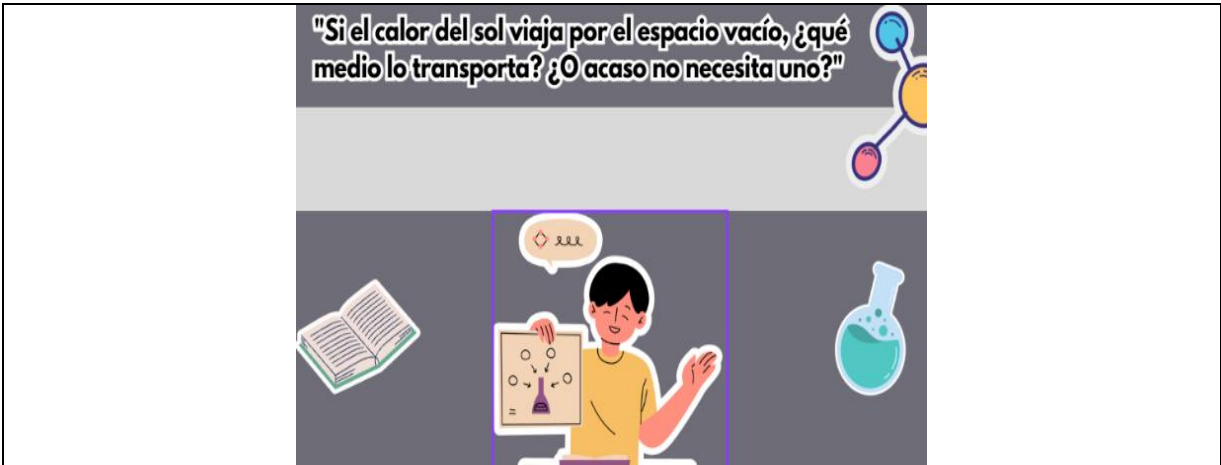
Nota: Fuente Propia. Tarjetas realizadas haciendo uso de la aplicación Canva.

- Segundo grupo de tarjetas:

Sobre invisibilidad de la radiación térmica

FIGURA 13. Tarjetas 1er momento de la propuesta





Nota: Fuente Propia. Tarjetas realizadas haciendo uso de la aplicación Canva.

- Tercer grupo de tarjetas:

Sobre color y radiación:

FIGURA 14. Tarjetas 1er momento de la propuesta



Nota: Imagen generada con el mensaje " Realizar una imagen de la siguiente situación: "En un día frío, ¿por qué preferimos usar ropa oscura en lugar de blanca? ¿Tiene esto que ver con la radiación?" Hacer lo mismo con: "Si el carbón al rojo vivo emite luz, ¿por qué deja de brillar cuando se enfría, pero sigue quemando al tocarlo?" Hacer lo mismo con: "Los termómetros infrarrojos miden temperatura sin contacto. ¿Qué tipo de energía están detectando?" Hacer lo mismo con: "¿Por qué las superficies claras reflejan más radiación que las oscuras?" por [Chat 4 gpt], [2025].

Tabla 11. Registro de experiencias y discusiones por grupo

Pregunta de la tarjeta	Percepción (¿Qué es lo que se siente?)	Explicación (¿Qué creemos que ocurre?)	Comentarios y aportes del grupo

A partir de lo anterior, queremos conocer a qué conclusiones hemos podido llegar al asociar la radiación térmica con fenómenos de la cotidianidad. Para concretar las ideas que hemos recogido desde el diálogo grupal, respondemos a modo de reflexión final las siguientes preguntas.

Tabla 12 Preguntas orientadoras – Momento 1

Pregunta	Reflexiona
¿Qué diferencias notaste entre lo que sentiste y lo que crees que ocurre con la radiación térmica?	
¿Cómo te ayuda la experiencia del juego a entender mejor qué es la radiación térmica?	
¿Qué preguntas investigativas te gustaría explorar más sobre este tema?	

5.1.2 Momento 2: Experimento - "El misterio del calor invisible"

Propósito: Cuestionar la asociación directa entre luz visible y calor, explorando el misterio de los fenómenos donde el calor es perceptible pero la luz visible no está presente.

Después de analizar con detenimiento el momento 1 de la práctica, plantea tu respuesta a la siguiente pregunta:

*"Imaginen un carbón que dejó de brillar al rojo vivo, pero sigue quemando al tocarlo.
¿Cómo es posible?"*

Discusión guiada:

Respuesta:

Ahora es necesario, reunirnos nuevamente en grupos para compartir nuestros hallazgos. Posterior a esto responde desde lo que hemos construido hasta este momento:

¿El calor siempre va acompañado de luz?	
¿Podemos sentir calor sin ver su fuente?	

Momento 3: Demostración con termómetro infrarrojo: Medir la temperatura de una bombilla apagada pero caliente y para otra medición un trozo de metal negro al sol vs. uno blanco.

Tabla 13 Registro de datos sobre el momento 3

Registrar datos en la **Tabla 1**:

Objeto	Temperatura (°C)	¿Emite luz visible?	¿Se siente calor?
Bombilla apagada			
Metal negro			

"¿Qué nos dice esto sobre la relación entre lo que vemos y lo que medimos?"

"¿Cómo explicarían ahora la radiación térmica?"

Guía 2 (Fase 2): Experimentación “Del tacto a los datos: Midamos lo invisible”

En esta fase se recurre a la construcción del bolómetro casero para medir radiación térmica indirectamente a través de los cambios de resistencia eléctrica, identificando variables como el aislamiento térmico y la calibración del dispositivo.

Posteriormente se realiza la siguiente guía de aprendizaje con los estudiantes de grado 10°

Colegio Santa Luisa	Guía de aprendizaje	Área: Ciencias Naturales
Grado 10	Construcción y experimentación con el prototipo de medición de radiación térmica casero.	Duración 2 Sesiones (4 horas)

Nombre: _____ Fecha: _____
Curso: _____ Sesión: _____

Objetivo: Construir el prototipo y su calibración para la medición de radiación térmica de distintos tipos de fuentes (microondas, luz solar, láser y linterna) analizando cómo la instrumentación transforma la comprensión del fenómeno.

Durante la sesión anterior, hemos estado observando algunas evidencias de la radiación térmica, así damos cuenta que, por ejemplo, el color negro absorbe mayor radiación que el color blanco. De igual manera, se ha revisado que la radiación térmica puede ser un fenómeno que es invisible. Pero será que ¿Podemos medir lo invisible? Y si es así ¿Cómo podremos hacerlo?

Preguntas desencadenantes:

¿Qué es el calor para ti?

--

¿Sabes por qué sientes el calor de una fuente luminosa (por ejemplo, el sol)?

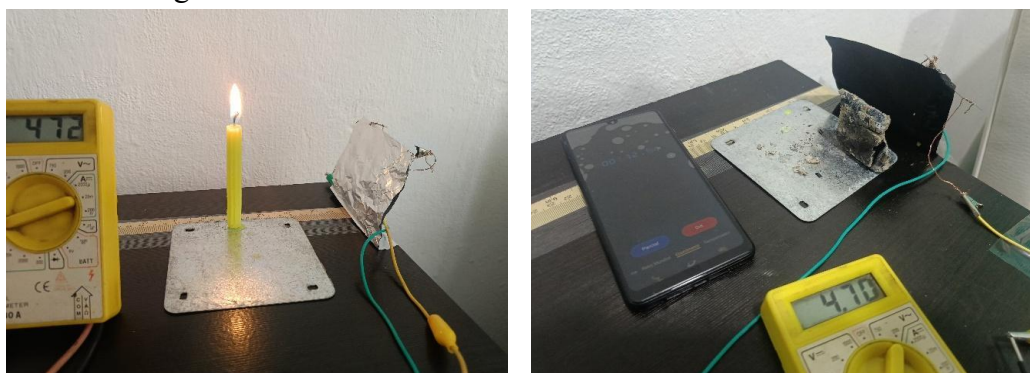
¿Alguna vez te has preguntado por qué el calor puede propagarse sin necesidad de contacto directo?

En esta parte, realizaremos la construcción de un instrumento que nos ayudará a medir lo invisible. Buscaremos la forma en cómo podemos medir la radiación por medio de la ciencia y un poco de curiosidad.

¿Qué necesitas? - Montaje del bolómetro

- Papel aluminio liso (10cm x 10cm)
- Pintura negra mate (témpera o acrílica)
- Resistencia NTC (Negative Temperature Coefficient - termorresistencia)
- Multímetro digital
- Fuente de calor (vela, fósforo, carbón encendido)
- Termómetro infrarrojo digital
- Soportes para fijar papel y resistencia
- Cronómetro
- Hojas para anotación y tablas.

FIGURA 15 Diagrama del funcionamiento del bolómetro



Nota: Momento 1 (Izq.): Fuente de Luz → Papel aluminio → Resistencia NTC → Multímetro (Medición). Momento 2 (Der.) Fuente de Luz → Papel aluminio negro → Resistencia NTC → Multímetro (Medición).

¿Cómo lo haremos?

Prepararemos el papel aluminio, para ello cortamos las láminas 10x10cm e intentamos que no se arrugue en el proceso (primer momento con papel aluminio sin pintar y segundo momento con pintura negra mate).

Colocaremos la resistencia NTC ($4.72\text{ k}\Omega$) entre dos láminas de papel aluminio.

Conectar la resistencia al multímetro para medir la resistencia eléctrica cada segundo durante 10 segundos.

Calentar la lámina con una fuente de calor (vela o fósforo) a una distancia fija de 1 cm sin que haya contacto directo con la fuente de calor.

Registrar los valores de resistencia y temperatura de la lámina de aluminio con el termómetro infrarrojo en la tabla.

Repetir la medición para papel aluminio sin pintar y luego con pintura negra.

Para poder registrar cada uno de nuestros hallazgos, haremos uso de la siguiente tabla la cual nos servirá como apoyo en todo lo que podamos describir y decir. Además, encontraremos algunas preguntas que nos pueden guiar en ayudarnos a entender acerca de la radiación térmica.

FORMATO DE REGISTRO DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO (CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE MEDICIÓN DE RADIACIÓN TÉRMICA)	
Nombres y Apellidos	
Fecha:	
Pregunta de indagación (Escribe con tus palabras qué pregunta guio este experimento)	
Hipótesis (Escribe lo que crees que va a ocurrir con el papel aluminio cuando se exponga a la fuente de luz)	

REGISTRO DE OBSERVACIONES		
DESCRIPCIÓN	Momento 1	Momento 2
Sube una foto o dibuja el montaje experimental en el momento 1 y momento 2		

Tabla 14: REGISTRO DE OBSERVACIONES – TABLA MOMENTO 1 (Resistencia)

Tiempo (segundos)	Valor de la resistencia (Ohms)	Temperatura (°C)	Observaciones
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Tabla 15: TABLA MOMENTO 2 (Resistencia y aluminio)

Tiempo (segundos)	Valor de la resistencia (Ohms)	Temperatura (°C)	Observaciones
0			
1			
2			
3			
4			
5			

Tiempo (segundos)	Valor de la resistencia (Ohms)	Temperatura (°C)	Observaciones
6			
7			
8			
9			
10			

RESULTADOS			
Describe qué ocurrió durante el experimento y los cambios observados:			
Montaje	¿Cómo cambió la resistencia al aumentar la temperatura?	¿Qué impacto tuvo la pintura negra en el papel aluminio como material absorbente?	¿Se puede establecer alguna relación de la fuente de luz, y los resultados obtenidos con la resistencia y la temperatura?
1			
2			

ANÁLISIS DE LA PRÁCTICA	
PREGUNTA	TU RESPUESTA
¿Qué relación encuentras entre la variación de la resistencia y la temperatura?	
¿Por qué es importante usar un material absorbente oscuro para medir radiación?	

¿Cómo afecta la distancia entre la fuente de calor y el bolómetro a la medición?	
¿Qué errores o dificultades encontraste durante el experimento?	
¿Cómo relacionas la radiación térmica con la luz visible emitida por la fuente?	
¿Qué mejoras propondrías al montaje experimental?	
¿Tu hipótesis inicial fue correcta? ¿Por qué sí o por qué no?	

Dinámica de socialización: Trabajamos en grupos pequeños para comparar resultados y discutir posibles fuentes de error (distancia, tiempo de exposición, condiciones ambientales). Posteriormente presentamos conclusiones breves al grupo completo.

¿Qué es lo que tratamos de entender? Escribe en esta parte lo que has aprendido y que puedes decir ahora sobre la radiación térmica.

El diseño de la secuencia didáctica, incluyendo la guía de sensibilización (Fase 1) y la guía de Experimentación (Fase 2), constituye el material pedagógico implementado en el

aula. Los formatos completos y detallados de estas guías, tal como fueron entregados por los estudiantes, se encuentran disponibles en la sección de anexos del documento.

5.2 Caracterización del Contexto Institucional: Colegio Santa Luisa, Localidad de Kennedy

Finalmente, la propuesta experimental propuesta en el Capítulo V, bajo el diseño de la secuencia didáctica se implementó en el Colegio Santa Luisa. Ubicado en la localidad de Kennedy de la ciudad de Bogotá. La institución educativa es de carácter mixto con una trayectoria de 63 años de servicio dedicados a la formación integral de niños y jóvenes de calidad. Su proyecto educativo se centra en la formación espiritual basados en el paradigma pedagógico Ignaciano. Con un total de 1900 estudiantes aproximadamente, su modelo formativo se centra en el componente de orientación vocacional y socio ocupacional, con el objetivo de guiar a los estudiantes en el autoconocimiento, la exploración de sus intereses y aptitudes.

5.2.1 Población objeto de la implementación

El estudio se dirigió de manera específica a la población de estudiantes de décimo grado. Se trabajó con una muestra de 4 grupos, cada uno integrado por cuatro estudiantes, para un total de 16 participantes. La elección de este nivel es porque va en línea con su proceso vocacional, donde los estudiantes comienzan a tomar decisiones más concretas. Las edades de los estudiantes se encuentran entre 15 y 16 años. Los 4 grupos escogidos de los 8 que conformaban el curso 10°B, tuvieron un criterio de elección a partir del desarrollo de las guías de forma completa, así como, su apropiación en cada uno de los momentos relacionados a la práctica. De esta manera se realizará la distinción de cada uno de los grupos, por lo tanto, para el grupo 1 (G1), grupo 2 (G2), grupo 3 (G3) y grupo 7 (G7).

Los registros obtenidos en la práctica fueron usados como insumo central en el capítulo 6: Tejido y articulación: Implementación de las guías didácticas. Se hizo la categorización de las respuestas dadas por los estudiantes en las guías por medio del programa Notebook LM⁸, que clasificó según las categorías propuestas por el autor de este trabajo de grado.

Desde la anterior clasificación este capítulo no sólo registrará y documentará los resultados, sino que buscará visibilizar las tensiones y las elaboraciones que emergieron a partir de la implementación, así como las eventualidades que surgieron en la instrumentación y finalmente, las reflexiones de los estudiantes sobre el concepto de radiación térmica a partir de la interacción con el prototipo.

⁸ Prompt usado en Notebook LM (2025), para la clasificación de las respuestas de los estudiantes: Realizar la matriz de categorías y subcategorías dividiéndose por ejemplo en tres cuadros, el primero que se refiera a la categoría macro 1, y a sus subcategorías, en ese cuadro deben ir todo lo mencionado desde cada uno de los grupos y realizar en ese mismo cuadro el análisis de cada una de las experiencias y el conjunto de evidencias o referencias. Así, el segundo cuadro corresponderá a la categoría macro 2 y subcategorías, con todos los grupos sus análisis y las evidencias o referencias. así será con el cuadro 3 que será lo mismo.

Capítulo 6: Tejido y articulación: Implementación y sistematización de las guías experimentales.

La sistematización en este trabajo de grado se configura como un ejercicio de reconocimiento de la práctica pedagógica como un escenario donde docentes y estudiantes, se constituyen como intelectuales que reinterpretan su realidad. Como lo señala Mejía (2010), este enfoque “significa explicitar las apuestas que se ponen en juego al realizarla” (p.5), reconociendo que la elección metodológica define el tipo de práctica social y de conocimiento que se produce. En esta línea la sistematización no busca universalizar resultados, sino visibilizar las tensiones que emergieron durante la implementación de la secuencia didáctica, desde el conocimiento cotidiano y el científico, las resistencias frente a la instrumentación, y las elaboraciones conceptuales realizadas por los estudiantes desde la fabricación e interacción con el prototipo para medir radiación térmica.

6.1 Manejo de la sistematización

Se recoge los registros obtenidos en la implementación de la propuesta, buscando, reconociendo y condensando los elementos que se abordan desde los tres ejes fundamentales, la sensibilización alrededor del concepto de radiación térmica, la experimentación que se encuentra a la base de la construcción del concepto y finalmente la reflexión del concepto de radiación que gira en torno a las interacciones de los ejes de la sensibilización y la experimentación. Para ello, se recoge la siguiente Tabla 16: “Matriz de instrumentos de diseño de intervención en el aula”, que permite dilucidar un plano general relacionando cada uno de los tres ejes fundamentales, y lo trabajado por los estudiantes en el aula.

TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO		Estudio sobre concepto de radiación térmica a partir del caso del cuerpo negro - una propuesta desde la historia de las ciencias	PROBLEMA TRABAJO DE GRADO	¿Cómo puede el estudio histórico y experimental la radiación térmica – tomando como referente central el problema del cuerpo negro- contribuir a que los estudiantes de grado 10 construyan explicaciones a partir de la articulación de su experiencia sensible con los conceptos teóricos en el marco de la enseñanza de las ciencias naturales?		
Propósito		Enriquecer la experiencia Cotidiana de los estudiantes, A partir de la percepción, y Del cuestionamiento de los fenómenos termodinámicos				
EJES	SESIONES (momento)	PROPÓSITOS ESPECIFICOS	DESCRIPCIÓN DE LA FASE	ACTIVIDADES	RECURSOS	REGISTRO
Actividad desencadenante: “ ¿Por qué el sol nos hace sentir calor, aunque esté a 1 millones de kilómetros (km)?” Eje fundamental 1: Sensibilización “ De lo cotidiano a lo Científico”	Momento 1: Sobre percepción y experiencia	Enriquecer la experiencia Cotidiana de los estudiantes, A partir de la percepción, y Del cuestionamiento de los fenómenos termodinámicos.	Los estudiantes se enfrentan a preguntas acerca de ciertos fenómenos relacionados con la radiación Térmica, donde se limitará los eventos en los que Se pueden relacionar con calor y radiación.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Juego de pregunta metro, donde se construye un ejercicio de acercamiento a fenómenos Térmicos, en el que se amplía la Perspectiva sobre calor y Radiación. 2. Guía de aprendizaje, donde se Establece la ruta 3. organización de los equipos de Trabajo. 4. Registro de respuestas en papelógrafo en categorías: “Percepción” (lo que sienten) y “explicación” (Lo que creen que ocurre). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guía de aprendizaje 2. Presentación de la Guía. 3. Imágenes del sol, fogatas y electrodomésticos. 4. Tarjetas con preguntas problematizadoras. 	<p>Respuesta de preguntas desencadenantes.</p> <p>Respuesta de preguntas del pregunta metro.</p>
	Momento 2: El misterio del Calor invisible	Cuestionar la asociación directa entre la luz visible y el calor, explorando fenómenos donde el calor es perceptible pero la luz visible no.	<p>- Se busca que los estudiantes analicen el momento 1 para responder a la pregunta central de la discusión guiada.</p> <p>- Discusión guiada sobre si el calor siempre va acompañado</p>	<p>Discusión guiada y reflexión escrita sobre preguntas desencadenante “Imaginen un carbón que dejó de brillar al rojo vivo, pero sigue quemando al tocarlo ¿Cómo es posible?”</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Respuesta de preguntas desencadenantes. (Continuación de la guía de aprendizaje) 	<p>Respuesta a la discusión guiada (¿El calor siempre va acompañado de luz?)</p>

				de luz o su se puede sentir calor sin ver su fuente.	- Respuesta sobre el Planteamiento del caso del carbón que no brilla, pero quema.		
		Momento 3: Demostración Con termómetro infrarrojo	Mostrar la diferencia entre percepción sensorial y medición objetiva.	Medición de la temperatura de objetos que emiten calor sin emitir luz visible, para contrastar la percepción con la medición instrumental.	Medir la temperatura de una bombilla apagada pero caliente y un trozo de metal negro vs. Uno blanco expuestos al sol.	1. Termómetro infrarrojo. 2. Bombilla, metal negro y blanco.	Registro de temperaturas en la tabla de la bombilla apagada. Análisis de las conclusiones de los estudiantes sobre luz visible, energía invisible que el ojo no percibe.
Eje fundamental 2: Experimentación: “ El bolómetro: nuestro puente entre lo Sensible y lo medible”		Momento 1: “Del tacto a los Datos: Midamos lo invisible”	Construir el prototipo de bolómetro. Comprobar la influencia del material (color) y la distancia en la absorción de radiación	- Construcción de un prototipo casero de bolómetro usando una resistencia NTC y láminas de papel aluminio (sin pintar y pintado de negro mate). - Medición de la resistencia y temperatura al exponerlo a una fuente de calor a 1 cm	- Preparación de láminas de papel aluminio (5x5 cm o 10x10 cm). Colocación de la resistencia NTC (4.72 k Ω) entre láminas. - Medición de resistencia y temperatura (IR) durante 10 segundos para aluminio liso y aluminio negro.	- Papel aluminio liso. - Pintura negra mate. - Resistencia NTC (4.72 k Ω) - Multímetro digital. - Fuente de calor (vela, carbón encendido) - Termómetro infrarrojo digital. - soportes, cronómetro.	Registro de resistencias en la tabla. Registro de temperatura ambiente en la tabla. Registro de temperatura de la pantalla en la tabla. Registro sobre indagación de la hipótesis inicial.

<i>Eje fundamental 3: Conceptualiza “ Reflexiones sobre la radiación térmica: una puesta en escena de</i>	<i>Reflexiones sobre la radiación térmica: una puesta en escena de</i>	<p>Momento 2: “Análisis de la práctica”</p>	<p>Analizar cómo la instrumentación modifica la comprensión del fenómeno</p>	<p>Análisis de los datos registrado en el momento 1, discutiendo las relaciones observadas entre las variables.</p>	<p>- Responder preguntas de análisis sobre la relación entre resistencia y temperatura, la importancia del material absorbente pintado de negro, el efecto de la distancia, y las dificultades encontradas.</p>	<p>- Formato de registro con preguntas de análisis.</p>	<p>- Análisis sobre registros, en material aluminio liso, aluminio obscurecido.</p> <p>- Relación sobre las distancias y los cambios en temperaturas y radiación.</p>
	<p>Momento 1: Socialización</p>	<p>Establecer relaciones entre temperatura, resistencia, color y emisión de radiación.</p> <p>Construir significados y reflexiones acerca de las actividades experimentales.</p>	<p>Dinámica de trabajo en grupo para comparar hallazgos, discutir fuentes de error y sistematizar el aprendizaje sobre radiación térmica.</p>	<p>Dinámica de socialización para comparar resultados y discutir posibles fuentes de error (distancia, tiempo, ambiente)</p> <p>Presentación de conclusiones breves al grupo completo.</p> <p>Redacción de conclusiones sobre la radiación térmica.</p>	<p>Conclusiones sobre lo aprendido.</p>	<p>Conclusiones de los estudiantes sobre la radiación térmica.</p> <p>Conclusiones sobre medición indirecta de fenómenos físicos relacionados con radiación térmica.</p>	

Tabla 16. Matriz de instrumentos de diseño de intervención en el aula.

Esta articulación entre los tres ejes genera una dinámica de complejización alrededor del concepto de radiación. Las categorías propuestas no funcionan de manera aislada, sino que se interrelacionan de forma interdependiente y no lineal. Entonces, el proceso que emerge desde esa interrelación trasciende las características individuales de cada eje, lo que permite que el estudiante pueda movilizarse y reestructurar su comprensión del fenómeno a partir de las construcciones que realiza entre su experiencia sensorial, la experimentación y la reflexión conceptual.

Adicionalmente y de las prácticas relacionadas a la construcción de prototipo de medición de radiación térmica, los resultados obtenidos se analizaron bajo categorías que se enmarcan en los tres ejes que se propusieron en la propuesta (sensibilización, experiencia y conceptualización) y su articulación a través de la interacción constante de los estudiantes entre elementos como la experimentación, la discusión grupal y la reflexión teórica. Es desde de allí que, se establecen los criterios para reconstruir la experiencia de los estudiantes, donde se establecen las categorías y análisis que decantan en la complejización sistemática del concepto de radiación térmica por parte de los estudiantes.

A propósito de las categorías, estas se proponen desde la pregunta problema donde se identifica la categoría epistemológica en el eje de la sensibilización, la categoría práctica-experimental en el eje de la experimentación y finalmente la categoría teórica - reflexiva vinculada al eje de conceptualización. A partir de allí se decantan subcategorías que hacen posible la organización y operacionalización del análisis de la propuesta

6.2 Categoría Macro 1: Construcción teórica del concepto de radiación térmica.

Esta macro categoría emerge desde la necesidad de dar respuesta a la pregunta *¿Cómo se transforman las ideas previas de los estudiantes sobre calor y la luz hacia explicaciones científicamente fundamentadas de la radiación térmica?*

Para eso se establecen las siguiente Subcategorías, registradas en la tabla 17.

Tabla 17. Subcategorías tipo 1 pertenecientes a la Macro Categoría 1.

Subcategorías	1.1 Evolución de las concepciones previas	1.2 Apropiación de la naturaleza de la radiación térmica	1.3 Integración de lo cotidiano con lo científico:
Descripción de las categorías	Ideas iniciales sobre calor vs. temperatura	Uso de las explicaciones para dar cuenta de las observaciones	Integración de lo cotidiano con lo científico
	Comprensión de los mecanismos de transferencia de calor (conducción, convección, radiación).	Comprensión del cuerpo negro como modelo ideal.	Ejemplos: "¿Por qué el asfalto negro se calienta más?" → Emisividad y absorción

6.3 Categoría Macro 2: Procedimientos de Medición y Experimentación

Esta categoría establece el proceder experimental en la práctica para la construcción del prototipo para medir radiación térmica, en esta categoría se explora los acercamientos y aproximaciones que tienen los estudiantes en el momento 3 de la práctica 1 para dar respuesta a la siguiente pregunta

¿Cómo la construcción y el uso del prototipo de medición de radiación térmica modifican la relación de los estudiantes con lo invisible?

Para eso se establecen las siguientes subcategorías:

Tabla 18. Subcategorías sobre procedimientos y experimentación.

2.1. Dominio instrumental del prototipo para medir radiación térmica.	2.2. Transformación de lo cualitativo en cuantitativo:	2.3. Reconocimiento de limitaciones y errores:
Comprensión de su principio de funcionamiento (radiación → calor → resistencia eléctrica)	De "se siente caliente" a "la resistencia disminuyó 200 Ω".	Integración de lo cotidiano con lo científico.
Calibración y manejo de variables (distancia, color, temperatura).	Uso de datos para validar o refutar hipótesis.	Identificación de fuentes de error (ej.: aislamiento térmico imperfecto).

6.4 Categoría Macro 3: Proceso Colectivo en la construcción de significados

Esta categoría establece la construcción de conocimiento a partir de las conclusiones que establecen los estudiantes con respecto al abordaje de las guías propuestas y al proceso de construcción del prototipo de radiación térmica. Desde allí es interés dar respuesta a la siguiente pregunta:

¿De qué manera la participación colectiva y el compromiso con la indagación modifican el rol del estudiante, valorando la experimentación como fuente primordial en la construcción de conocimiento sobre la radiación térmica?

Desde lo anterior se establecen las siguientes subcategorías (Tabla 19):

Tabla 19. Subcategorías sobre la construcción de significados debido al trabajo grupal.

Subcategorías	3.1 Compromiso con la indagación:	3.2 Trabajo colaborativo y negociación de significados	3.3. Valoración de la experimentación como fuente de saber.
	Formulación de preguntas propias durante el experimento	Discusiones grupales para interpretar datos.	Confianza en datos sobre intuiciones

Descripción de las categorías	Persistencia frente a desafíos técnicos o conceptuales	Construcción de consensos sobre explicaciones.	Ejemplos: "¿Por qué el asfalto negro se calienta más?" → Emisividad y absorción
-------------------------------	--	--	---

6.5 Sistematización y análisis

Se realiza el registro de las experiencias de los estudiantes en las subcategorías establecidas en la sección anterior. Esto se realiza con la finalidad de organizar y categorizar las respuestas de cada uno de los grupos, para poder establecer los criterios bajo los cuales van a ser analizadas. Este proceso revela cómo los estudiantes afrontan las tensiones, y configuran nuevos discursos sobre la construcción del concepto de radiación térmica, además establece las relaciones de la transición de percepciones cotidianas

6.5.1 Sistematización y Análisis de las Guías de Aprendizaje (Grupos 1, 2, 3, 4, 7)

Categoría Macro 1: Construcción teórica del concepto de radiación térmica

En la tabla 20, se revela un proceso en el cual los estudiantes entran en una complejización conceptual de la radiación térmica, transitando desde las concepciones sensoriales y clásicas del calor, a una concepción abstracta donde, pueden realizar mediciones sobre algo que puede ser “invisible” a sus ojos. Desde allí, comienza un proceso en donde los estudiantes buscan desacoplar la luz visible y la radiación térmica, este desacoplamiento transforma el calor de una sensación ligada al brillo, a una que relaciona la radiación térmica con la temperatura y la absorción del material, un paso que refleja y va en la línea de la crisis histórica que se tuvo y que dio paso al estudio del cuerpo negro. Esta complejización del concepto de radiación térmica se presenta en los estudiantes cuando logran trascender dos ideas “clásicas”: la primera es alrededor de la idea de que el calor necesita un medio para su propagación y la segunda, relacionada a que un cuerpo con calor intenso siempre brilla o se

puede ver (luz visible). Los hallazgos evidencian una transición de la idea del calor como “energía que se siente por diferencia de temperatura” [G1, 1.1] a una comprensión de la radiación como energía emitida por todos los cuerpos en forma de ondas electromagnéticas que no necesitan un medio para propagarse [G1, G4, G7].

Adicionalmente, se realiza una reflexión sobre las relaciones que establecen los estudiantes, con respecto a los conceptos que nacen desde el estudio de la radiación térmica, como absorptancia, emitancia y/o radiancia, abordados en el segundo capítulo de este trabajo de grado.

Tabla 20. Sistematización de las guías desde la categoría macro 1 y sus subcategorías.

Grupo	Subcategorías y hallazgos encontrados	Análisis detallado para la construcción del concepto	Evidencias o referencias
G 1	<p>(1.1) Evolución en las concepciones previas: El calor es energía que se transfiere por diferencia en la temperatura. Inicialmente, lo que se siente (calor en la piel) no siempre coincide con lo que se ve.</p> <p>(1.2) Apropiación de la naturaleza de la radiación térmica: La radiación transmite energía en forma de ondas y no se necesita de un contacto, ni un medio material para propagarse. La radiación térmica es energía emitida por todos los cuerpos (infrarrojos), se detecta por temperatura, no por brillo.</p> <p>(1.3) Integración (color/emisividad): El color oscuro absorbe más radiación y el claro reflejo</p>	<p>El grupo desde su proceso con la guía logra distinguir la radiación térmica del calor por conducción / convección, al referirse que no se requiere de un contacto directo para la propagación de calor. Desde la mención que el “carbón que quema sin brillar y la bombilla apagada pero caliente” se obtiene un anclaje fenomenológico que fuerza la comprensión de la invisibilidad del fenómeno:</p> <ul style="list-style-type: none"> - “la radiación infrarroja es la energía emitida, y esta es invisible” - El experimento valida que el color negro absorbe más calor. 	<p>¿Sabes por qué sientes el calor de una fuente luminosa (por ejemplo, el sol)?</p> <p>Porque el sol emite radiación en muchas longitudes de onda que es absorbida por mi piel y se transforma en energía térmica.</p> <p>¿Qué errores o dificultades encontraste durante el experimento?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mantener la distancia fija. • Quitar contacto directo entre la fuente y el sensor. • Quitar alambres en el aluminio que cambien la absorción. <p>“¿Cómo explicarían ahora la radiación térmica?”</p> <p>La radiación térmica es energía emitida por todos los cuerpos en forma de ondas (principalmente infrarrojas); esa energía calienta otros cuerpos aunque no produce luz visible.</p>
	<p>(1.1) El calor es una sensación que se produce por el choque de partículas (rápido)</p> <p>(1.2) Las serpientes detectan radiación infrarroja. El carbón deja</p>	<p>En el grupo existe la idea de partículas activas en movimiento para mencionar que aún hay calor dentro del carbón, más sin embargo el grupo identifica</p>	<p>“Imaginen un carbón que dejó de brillar al rojo vivo, pero sigue quemando al tocarlo. ¿Cómo es posible?”</p> <p>Respuesta: Creemos que aunque el carbón ya no este rojo todavía sigue habiendo partículas activas y en movimiento dentro de el carbón.</p>

G2	<p>de brillar porque no tiene suficiente energía para emitir luz visible, pero sigue emitiendo calor. La radiación térmica es emitida por cualquier cosa.</p> <p>(1.3) Los autos negros se calienta más al sol porque el color negro absorbe con mayor facilidad el calor al no reflejarlo</p>	<p>correctamente la radiación infrarroja como la energía invisible que explica el ¿Cómo ven las serpientes? En el uso de los instrumentos como, por ejemplo -el termómetro digital infrarrojo- refuerza la idea de que la absorción depende del color del material, siendo el negro el absorbente superior.</p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="1245 228 1430 293">¿El calor siempre va acompañado de luz?</td> <td data-bbox="1430 228 1904 293">No siempre porque en el ejemplo claro es la noche de agosto cuando ya no hace calor y no la luz</td> </tr> </table>	¿El calor siempre va acompañado de luz?	No siempre porque en el ejemplo claro es la noche de agosto cuando ya no hace calor y no la luz																		
¿El calor siempre va acompañado de luz?	No siempre porque en el ejemplo claro es la noche de agosto cuando ya no hace calor y no la luz																						
G3	<p>(1.1) Se logra sentir calor en la piel, pero se reconoce que lo que se siente muchas veces no es igual a lo que se ve.</p> <p>(1.2) La radiación térmica se expande para calentar a distancia (fogata). El calor del sol viaja por el espacio vacío y no necesita transporte. La luz visible y la radiación térmica no son lo mismo.</p> <p>(1.3) La ropa oscura concentra el calor. El carbón sigue emitiendo radiación térmica, aunque la emisión de luz visible haya bajado</p>	<p>El grupo enfatiza en particular en la diferencia conceptual entre luz y calor, se menciona “un objeto puede estar caliente (emitir radiación térmica) sin emitir luz visible” Para el grupo la medición de la bombilla apagada (45°C) y el metal negro (60°C) sin luz confirma el hecho de que existe un fenómeno térmico -radiación- invisible pero medible.</p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="1245 597 1472 716">¿Cómo te ayuda la experiencia del juego a entender mejor qué es la radiación térmica?</td> <td data-bbox="1472 597 1904 716">Ayuda a lograr distinguir entre lo que se ve y lo que se siente, la radiación aunque esto no se pueda ver.</td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="1245 760 1904 781">*¿Qué nos dice esto sobre la relación entre lo que vemos y lo que medimos?*</td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="1245 792 1904 862"> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="1249 797 1808 818">¿Qué la luz visible y la radiación térmica no son lo mismo.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1249 818 1808 862">Un objeto puede estar caliente sin emitir luz visible, medir la temperatura con un termómetro detecta energía que no se ve a simple vista.</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="1245 873 1904 894">*¿Cómo explicarían ahora la radiación térmica?*</td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="1245 906 1904 976"> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="1249 911 1808 976">La radiación térmica es energía emitida por todos los cuerpos en forma de ondas, esa energía calienta otros cuerpos sin necesidad de producir luz visible.</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>	¿Cómo te ayuda la experiencia del juego a entender mejor qué es la radiación térmica?	Ayuda a lograr distinguir entre lo que se ve y lo que se siente, la radiación aunque esto no se pueda ver.	*¿Qué nos dice esto sobre la relación entre lo que vemos y lo que medimos?*		<table border="1"> <tr> <td data-bbox="1249 797 1808 818">¿Qué la luz visible y la radiación térmica no son lo mismo.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1249 818 1808 862">Un objeto puede estar caliente sin emitir luz visible, medir la temperatura con un termómetro detecta energía que no se ve a simple vista.</td> </tr> </table>		¿Qué la luz visible y la radiación térmica no son lo mismo.	Un objeto puede estar caliente sin emitir luz visible, medir la temperatura con un termómetro detecta energía que no se ve a simple vista.	*¿Cómo explicarían ahora la radiación térmica?*		<table border="1"> <tr> <td data-bbox="1249 911 1808 976">La radiación térmica es energía emitida por todos los cuerpos en forma de ondas, esa energía calienta otros cuerpos sin necesidad de producir luz visible.</td> </tr> </table>		La radiación térmica es energía emitida por todos los cuerpos en forma de ondas, esa energía calienta otros cuerpos sin necesidad de producir luz visible.							
¿Cómo te ayuda la experiencia del juego a entender mejor qué es la radiación térmica?	Ayuda a lograr distinguir entre lo que se ve y lo que se siente, la radiación aunque esto no se pueda ver.																						
¿Qué nos dice esto sobre la relación entre lo que vemos y lo que medimos?																							
<table border="1"> <tr> <td data-bbox="1249 797 1808 818">¿Qué la luz visible y la radiación térmica no son lo mismo.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1249 818 1808 862">Un objeto puede estar caliente sin emitir luz visible, medir la temperatura con un termómetro detecta energía que no se ve a simple vista.</td> </tr> </table>		¿Qué la luz visible y la radiación térmica no son lo mismo.	Un objeto puede estar caliente sin emitir luz visible, medir la temperatura con un termómetro detecta energía que no se ve a simple vista.																				
¿Qué la luz visible y la radiación térmica no son lo mismo.																							
Un objeto puede estar caliente sin emitir luz visible, medir la temperatura con un termómetro detecta energía que no se ve a simple vista.																							
¿Cómo explicarían ahora la radiación térmica?																							
<table border="1"> <tr> <td data-bbox="1249 911 1808 976">La radiación térmica es energía emitida por todos los cuerpos en forma de ondas, esa energía calienta otros cuerpos sin necesidad de producir luz visible.</td> </tr> </table>		La radiación térmica es energía emitida por todos los cuerpos en forma de ondas, esa energía calienta otros cuerpos sin necesidad de producir luz visible.																					
La radiación térmica es energía emitida por todos los cuerpos en forma de ondas, esa energía calienta otros cuerpos sin necesidad de producir luz visible.																							
G4	<p>(1.1) El calor es una energía térmica que fluye en lo frío y caliente. Inicialmente se presenta confusión e intriga sobre cómo algo invisible transmite calor.</p> <p>(1.2) La radiación térmica es la energía que emiten los cuerpos</p>	<p>El grupo logra una comprensión acerca de cómo se propaga el calor-radiación-, y es mediante ondas electromagnéticas, es decir, que no requieren un medio para propagarse, superando la idea inicial de que el calor se</p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="1245 1110 1514 1166">¿Tu hipótesis inicial fue correcta? ¿Por qué sí o por qué no?</td> <td colspan="3" data-bbox="1514 1110 1904 1166">no por que realmente no espere que sucediera eso</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1245 1170 1381 1226">¿Cómo es posible que algo invisible transmita calor?</td> <td data-bbox="1381 1170 1514 1226">Intriga</td> <td data-bbox="1514 1170 1671 1226">Por lo contrario a que se transmita el calor</td> <td data-bbox="1671 1170 1904 1226">Es extraño que en 5 segundos pueda transmitir el calor</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1245 1226 1381 1284">¿Cómo es esto que ver con la radiación?</td> <td data-bbox="1381 1226 1514 1284">Confusion</td> <td data-bbox="1514 1226 1671 1284">Por que el negro transmite mas el calor</td> <td data-bbox="1671 1226 1904 1284">el negro al ser lo mas oscuro de todos los colores se calienta mas rapido</td> </tr> <tr> <td colspan="4" data-bbox="1245 1284 1904 1305">¿Qué es el calor para ti?</td> </tr> <tr> <td colspan="4" data-bbox="1245 1305 1904 1360">Es una energía térmica entre objetos fluyendo de lo frío a lo caliente</td> </tr> </table>	¿Tu hipótesis inicial fue correcta? ¿Por qué sí o por qué no?	no por que realmente no espere que sucediera eso			¿Cómo es posible que algo invisible transmita calor?	Intriga	Por lo contrario a que se transmita el calor	Es extraño que en 5 segundos pueda transmitir el calor	¿Cómo es esto que ver con la radiación?	Confusion	Por que el negro transmite mas el calor	el negro al ser lo mas oscuro de todos los colores se calienta mas rapido	¿Qué es el calor para ti?				Es una energía térmica entre objetos fluyendo de lo frío a lo caliente			
¿Tu hipótesis inicial fue correcta? ¿Por qué sí o por qué no?	no por que realmente no espere que sucediera eso																						
¿Cómo es posible que algo invisible transmita calor?	Intriga	Por lo contrario a que se transmita el calor	Es extraño que en 5 segundos pueda transmitir el calor																				
¿Cómo es esto que ver con la radiación?	Confusion	Por que el negro transmite mas el calor	el negro al ser lo mas oscuro de todos los colores se calienta mas rapido																				
¿Qué es el calor para ti?																							
Es una energía térmica entre objetos fluyendo de lo frío a lo caliente																							

	<p>debido a su temperatura, en forma de ondas electromagnéticas, no necesitan un medio para propagarse.</p> <p>(1.3) El color negro retiene más calor. El carbón preserva el calor y sigue quemando, aunque deje de brillar</p>	<p>transmite por “corriente de aire”. El análisis que hace el grupo se centra en la propiedad de retención del calor por parte del material oscuro (negro)</p>	
G7	<p>(1.1) El calor es una forma de energía que se transfiere por diferencia de temperatura hasta alcanzar el equilibrio.</p> <p>(1.2) El calor del sol se siente porque emite radiación que viaja por el vacío mediante ondas electromagnéticas. El carbón puede seguir caliente (200-500 °C) emitiendo radiación infrarroja que no se ve. Lo que vemos no siempre refleja lo que ocurre; un objeto puede estar caliente sin emitir luz visible</p> <p>(1.3) Entre más oscuro, más calor absorbe. La radiación térmica transfiere energía sin contacto directo y los materiales oscuros absorben más calor</p>	<p>El grupo logra integrar ideas de propagación en el vacío (ondas electromagnéticas) con el mecanismo de absorción de la piel. Esto conlleva a una complejización del concepto, ya que, no solo reduce el calor a un mero caso de propagación de la energía, si no que, suma cualidades a este, por ejemplo, se refuerza la idea sobre la invisibilidad de la radiación térmica más allá de lo que se puede ver por el ojo humano debido al ejercicio del carbón.</p>	<p>¿Qué es el calor para ti?</p> <p>El calor es una forma de energía en tránsito que se transfiere de un cuerpo a otro debido a la diferencia de temperatura. Siempre pasa del cuerpo más caliente al más frío hasta que ambos alcanzan el equilibrio térmico.</p> <p>¿Sabes por qué sientes el calor de una fuente luminosa (por ejemplo, el sol)?</p> <p>Se siente calor del sol por que emite radiación que viaja por el espacio y al llegar a la piel es absorbida, transfiriéndose en energía térmica que eleva la temperatura del cuerpo.</p> <p>¿Alguna vez te has preguntado por qué el calor puede propagarse sin necesidad de contacto directo?</p> <p>Gracias a la radiación, que es la transferencia de energía mediante ondas electromagnéticas. Así el calor viaja incluso a través del vacío, como ocurre con la energía del sol que llega a la tierra.</p>

6.5.1.1 Aproximaciones conceptuales a Absortancia y emitancia.

De igual forma se puede rastrear algunos hallazgos que mencionaron los estudiantes y relacionarlos desde la problemática que dio origen a la investigación del (ECN), puesto que los estudiantes mencionan que “la luz visible y la radiación térmica no son lo mismo” [G3,1.2], además que la radiación térmica se detecta por temperatura, no por el brillo [G1, 1.2], dando así una característica fundamental dada para el cuerpo negro por Kirchoff, y es que este cuerpo aunque “negro y perfectamente absorbente”, puede emitir luz que es visible a altas temperaturas, y su radiación depende solo de la temperatura.

Así, también se evidencia aproximaciones conceptuales alrededor de la absortancia, ya que los estudiantes del G1 y G3 muestran las siguientes conclusiones “El color oscuro absorbe más radiación y el claro lo refleja”. En línea con lo que menciona, se destaca la absortancia como base experimental, y es, que los materiales oscuros -como el metal negro al sol- es crucial para los procesos de absorción, aproximando su comportamiento al de un cuerpo negro.

Los grupos G2, G3 y G7 mencionan que el carbón sigue quemando sin brillar, y que la bombilla apagada pero caliente [G3, G7], esta reflexión permite que los estudiantes reconozcan la naturaleza invisible (infrarroja) de la radiación térmica, logrando un contraste entre la visión clásica, expuesta en el capítulo 2 de este trabajo, donde se asociaba la luz visible y el calor.

Desde lo anterior, y al concluir los estudiantes que la radiación térmica es invisible y que puede estar presente en el cuerpo sin la necesidad de brillar, le permite interiorizar la misma conclusión y preguntarse si es posible ¿Medir lo invisible?

Esta posibilidad que moviliza al estudiante le permite diferenciar entre “lo que sentimos” y “lo que podemos medir” algo causal que le obliga a preguntarse ¿Y si es posible? ¿Cómo lo podríamos realizar? Conllevando a que se tenga que recurrir a la instrumentación, como posible solución.

6.5.2 Sistematización y Análisis de las Guías de Aprendizaje (Grupos 1, 2, 3, 4, 7)

Categoría Macro 2: Procedimientos de Medición y Experimentación

En la tabla 21, se recogen los registros correspondientes a la sistematización de la macro categoría 2, donde se hace uso de la instrumentación para el tránsito de los conceptos al campo experimental. Para ello, se realizó la pregunta ¿Podemos medir lo invisible? Desde allí, se examina cómo la construcción y el uso del prototipo propuesto para medir radiación permite modificar las relaciones de los estudiantes con la idea de la radiación térmica invisible.

A partir de lo anterior, se busca entonces, encontrar ese paso crítico y fundamental en la complejización del concepto, que le permita al estudiante establecer un puente entre lo sensible y lo medible, transformando las condiciones que le permiten hablar al estudiante de “poder sentir calor” a “poderlo medir”. Estas situaciones, se organizan desde las micro categorías, que permiten comprender cómo la instrumentalización le permite al estudiante, mediante su uso, llegar a conclusiones que implican la comprensión del fenómeno. El recorrido por cada una de las micro categorías permite entonces establecer el mecanismo por el cual funciona el prototipo de radiación térmica y cómo desde allí, el estudiante asocia la transformación de lo cualitativo a lo cuantitativo.

En la micro categoría 2.1 se establece el dominio experimental del estudiante con relación a cómo se mide la radiación térmica por medio del prototipo experimental, en este punto es

clave que el estudiante comprendiera la relación de tipo inverso que se establece entre la temperatura y el cambio de valores en la resistencia NTC. Además, se revisan las relaciones adicionales que se pueden establecer como la relación distancia vs tiempo vs resistencia, así como relación distancia vs tiempo vs temperatura. En este punto es relevante establecer la micro categoría 2.2 pues es allí donde se destaca la importancia de la hipótesis cualitativa de la fase de sensibilización (“el negro absorbe más calor”) y como este se puede evidenciar con las mediciones, registros numéricos y transformaciones de los datos, a partir de los diferentes montajes experimentales que se realizaron en la propuesta experimental.

De igual manera se establece la micro categoría 2.3 donde se revisa los aspectos acerca de las limitaciones del montaje experimental, y que se relacionan con las dificultades históricas a las que se enfrentaron los experimentalistas del PTR. Esta micro categoría cobra relevancia, ya que, introduce al estudiante en el ámbito donde enfrenta la integración de lo que puede decir desde lo cotidiano a un ámbito científico a partir de las mediciones que realiza.

Tabla 21. Sistematización y análisis de las guías desde la Macro categoría 2 – y sus subcategorías.

Grupo	Subcategorías y hallazgos encontrados	Análisis detallado para la construcción del concepto	Evidencias o referencias																
G 1	<p>(2.1) ¿Cómo podemos medir lo invisible? Se realiza una relación en donde se establece que los valores de la resistencia NTC disminuyen al aumentar la temperatura.</p> <p>(2.2) Análisis cuantitativo donde el papel aluminio negro alcanzó 38.2°C y tuvo una mayor caída en su resistencia (4720 a 4375 Ohms). La relación de tipo inversa entre la resistencia y temperatura se verifica.</p> <p>(2.3) Limitaciones en el montaje experimental: Se menciona la imposibilidad de mantener la distancia fija, evitar el contacto directo, evitar arrugas en el aluminio que alteren la absorción. Se propone hacer uso de soportes rígidos y añadir una barrera para evitar corrientes de aire.</p>	<p>En el proceso de experimentación se válida la hipótesis de que el color negro absorbe más radiación, posibilitando que haya una transformación en esta noción cualitativa a una en donde se puede realizar un registro a través de la caída de resistencia eléctrica (NTC). Así, que el grupo reconozca los limitantes en los montajes experimentales, expresa la existencia de una complejidad al momento de la medición de la radiación térmica.</p>	<p>Hipótesis (Escribe lo que crees que va a ocurrir con el papel aluminio cuando se exponga a la fuente de luz)</p> <p>El papel aluminio pintado de negro absorberá más radiación que el papel aluminio sin pintar, por lo que la resistencia NTC disminuirá más rápido y la temperatura registrada será mayor en el aluminio negro.</p> <table border="1" data-bbox="1262 526 1808 597"> <tr> <td>4</td> <td>4580</td> <td>33.0</td> <td>Absorbe mucho calor</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>4320</td> <td>34.8</td> <td>Resistencia baja más</td> </tr> </table> <p>¿Qué errores o dificultades encontraste durante el experimento?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mantener la distancia fija. • Evitar contacto directo entre la fuente y el sensor. • Evitar arrugas en el aluminio que cambien la absorción. <p>¿Cómo relacionas la radiación térmica con la luz visible emitida por la fuente?</p> <p>A veces van juntas, pero muchas veces hay radiación sin luz visible; la radiación térmica se detecta por temperatura, no por brillo.</p> <table border="1" data-bbox="1262 1170 1808 1242"> <tr> <td>5</td> <td>4530</td> <td>34.8</td> <td>Resistencia baja más</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>4980</td> <td>36.0</td> <td>La temperatura fue</td> </tr> </table> <p>¿Tu hipótesis inicial fue correcta? ¿Por qué sí o por qué no?</p> <p>Si es por el aluminio pintado de negro absorbe más radiación por eso baja la temperatura y más cae la resistencia.</p>	4	4580	33.0	Absorbe mucho calor	5	4320	34.8	Resistencia baja más	5	4530	34.8	Resistencia baja más	6	4980	36.0	La temperatura fue
4	4580	33.0	Absorbe mucho calor																
5	4320	34.8	Resistencia baja más																
5	4530	34.8	Resistencia baja más																
6	4980	36.0	La temperatura fue																
	<p>(2.1) ¿Cómo podemos medir la radiación térmica en distintas superficies?</p>	<p>En el grupo se hace uso de la medición para dar validez a su comprensión de que el color negro absorbe más, observando</p>	<table border="1" data-bbox="1262 1242 1808 1313"> <tr> <td>5</td> <td>4530</td> <td>34.8</td> <td>Resistencia baja más</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>4980</td> <td>36.0</td> <td>La temperatura fue</td> </tr> </table> <p>¿Tu hipótesis inicial fue correcta? ¿Por qué sí o por qué no?</p> <p>Si es por el aluminio pintado de negro absorbe más radiación por eso baja la temperatura y más cae la resistencia.</p>	5	4530	34.8	Resistencia baja más	6	4980	36.0	La temperatura fue								
5	4530	34.8	Resistencia baja más																
6	4980	36.0	La temperatura fue																

G2	<p>La resistencia NTC disminuye conforme aumenta la temperatura.</p> <p>(2.2) El montaje que se realizó con el aluminio negro hizo que la resistencia bajara de manera más notoria. El material absorbente oscuro es importante porque “aumenta la señal y mejora la sensibilidad del montaje”</p> <p>(2.3) Identificación de errores: Mantener la distancia fija, evitar el contacto directo entre la fuente y el sensor, evitar arrugas en el aluminio.</p>	<p>que la resistencia desciende más rápidamente en el momento 3 (negro). El análisis destaca el papel que juega el aluminio pintado de negro en la sensibilidad del prototipo. Se puede mencionar que existe una aproximación a la calibración de instrumentos o a la mejora de estos para poder realizar mediciones más precisas.</p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="1276 228 1499 289">¿Por qué es importante usar un material absorbente oscuro para medir radiación?</td> <td data-bbox="1499 228 1896 289">para absorber más radiación y tener menos ruido que aumente la señal y mejore la sensibilidad del montaje</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1276 289 1499 358">¿Cómo afecta la distancia entre la fuente de calor y el bolómetro a la medición?</td> <td data-bbox="1499 289 1896 358">A mayor distancia la radiación que llega disminuye; si la distancia aumenta, los cambios de temperatura y resistencia son menores</td> </tr> </table>	¿Por qué es importante usar un material absorbente oscuro para medir radiación?	para absorber más radiación y tener menos ruido que aumente la señal y mejore la sensibilidad del montaje	¿Cómo afecta la distancia entre la fuente de calor y el bolómetro a la medición?	A mayor distancia la radiación que llega disminuye; si la distancia aumenta, los cambios de temperatura y resistencia son menores								
¿Por qué es importante usar un material absorbente oscuro para medir radiación?	para absorber más radiación y tener menos ruido que aumente la señal y mejore la sensibilidad del montaje														
¿Cómo afecta la distancia entre la fuente de calor y el bolómetro a la medición?	A mayor distancia la radiación que llega disminuye; si la distancia aumenta, los cambios de temperatura y resistencia son menores														
G3	<p>(2.1) Uso del termómetro IR para detectar calor invisible.</p> <p>(2.2) La recopilación de datos mediante el termómetro IR mostró datos específicos: Bombilla apagada 45°C; Metal negro 60°C. Esto revela que el termómetro detecta energía que el ojo no ve.</p> <p>2.3) No se cuenta con información.</p>	<p>Se logra realizar una transición, cuando se cambia lo sensible en datos cuantificables, y por medio de estos se revela que, debido al proceso de medición realizado, la energía invisible (radiación térmica) se puede medir, desvinculando la luz visible de la presencia de calor.</p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="1276 742 1472 829">¿Podemos sentir calor sin ver su fuente?</td> <td data-bbox="1472 742 1877 829">Si como en una estufa o al sentir el calor del sol aunque no lo vemos directamente se logra sentir.</td> </tr> </table> <p>“¿Qué nos dice esto sobre la relación entre lo que vemos y lo que medimos?”</p> <p>Que la luz visible y la radiación térmica no se sienten mismo. Un objeto puede estar caliente sin emitir luz visible, medir la temperatura con un termómetro detecta energía que no se ve a simple vista.</p> <p>“¿Cómo explicarían ahora la radiación térmica?”</p> <p>La radiación térmica es energía emitida por todos los cuerpos en forma de ondas, esa energía calienta otros cuerpos sin necesidad de producir luz visible.</p>	¿Podemos sentir calor sin ver su fuente?	Si como en una estufa o al sentir el calor del sol aunque no lo vemos directamente se logra sentir.										
¿Podemos sentir calor sin ver su fuente?	Si como en una estufa o al sentir el calor del sol aunque no lo vemos directamente se logra sentir.														
G4	<p>(2.1) El calor es una energía térmica que fluye en lo frío y caliente. Inicialmente se presenta confusión e intriga sobre cómo algo invisible transmite calor.</p> <p>(2.2) La radiación térmica es la energía que emiten los cuerpos</p>	<p>El grupo demuestra una dificultad en el dominio instrumental, al contradecir el principio de la resistencia, con su registro de datos. Sin embargo, se establece algunas relaciones como la dispersión de la radiación, no</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1276 1115 1360 1219">Montaje</th> <th data-bbox="1360 1115 1514 1219">¿Cómo cambió la resistencia al aumentar la temperatura?</th> <th data-bbox="1514 1115 1654 1219">¿Qué impacto tuvo la pintura negra en el papel aluminio como material absorbente?</th> <th data-bbox="1654 1115 1877 1219">¿Se puede establecer alguna relación de la fuente de luz, y los resultados obtenidos con la resistencia y la temperatura?</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1276 1219 1360 1279">1</td> <td data-bbox="1360 1219 1514 1279">casi no cambio por que no se dio tanto calor</td> <td data-bbox="1514 1219 1654 1279">en el aluminio sin pintar nada</td> <td data-bbox="1654 1219 1877 1279">no porque no tuvo contacto con la luz</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1276 1279 1360 1349">2</td> <td data-bbox="1360 1279 1514 1349">se quemó debido a que estaba de color negro</td> <td data-bbox="1514 1279 1654 1349">se quemó y se notó sensa lo pintura negra</td> <td data-bbox="1654 1279 1877 1349">no por que la luz no influyo en el resultado</td> </tr> </tbody> </table>	Montaje	¿Cómo cambió la resistencia al aumentar la temperatura?	¿Qué impacto tuvo la pintura negra en el papel aluminio como material absorbente?	¿Se puede establecer alguna relación de la fuente de luz, y los resultados obtenidos con la resistencia y la temperatura?	1	casi no cambio por que no se dio tanto calor	en el aluminio sin pintar nada	no porque no tuvo contacto con la luz	2	se quemó debido a que estaba de color negro	se quemó y se notó sensa lo pintura negra	no por que la luz no influyo en el resultado
Montaje	¿Cómo cambió la resistencia al aumentar la temperatura?	¿Qué impacto tuvo la pintura negra en el papel aluminio como material absorbente?	¿Se puede establecer alguna relación de la fuente de luz, y los resultados obtenidos con la resistencia y la temperatura?												
1	casi no cambio por que no se dio tanto calor	en el aluminio sin pintar nada	no porque no tuvo contacto con la luz												
2	se quemó debido a que estaba de color negro	se quemó y se notó sensa lo pintura negra	no por que la luz no influyo en el resultado												

	<p>debido a su temperatura, en forma de ondas electromagnéticas, no necesitan un medio para propagarse.</p> <p>(2.3) El color negro retiene más calor. El carbón preserva el calor y sigue quemando, aunque deje de brillar</p>	<p>permite una medición concreta de la temperatura, y la necesidad de hacer uso del material oscuro para “absorber mejor la radiación, mejorando la precisión”</p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="1268 224 1499 367">¿Qué relación encuentras entre la variación de la resistencia y la temperatura?</td> <td data-bbox="1499 224 1892 367">La resistencia aumenta con la temperatura</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1268 293 1499 367">¿Por qué es importante usar un material absorbente oscuro para medir radiación?</td> <td data-bbox="1499 293 1892 367">Por que absorbe mejor la radiación mejorando la precisión</td> </tr> </table>	¿Qué relación encuentras entre la variación de la resistencia y la temperatura?	La resistencia aumenta con la temperatura	¿Por qué es importante usar un material absorbente oscuro para medir radiación?	Por que absorbe mejor la radiación mejorando la precisión								
¿Qué relación encuentras entre la variación de la resistencia y la temperatura?	La resistencia aumenta con la temperatura														
¿Por qué es importante usar un material absorbente oscuro para medir radiación?	Por que absorbe mejor la radiación mejorando la precisión														
G7	<p>(2.1) Principio de funcionamiento y del diseño instrumental erróneo, aunque se reporta que, al aumentar la temperatura, la resistencia disminuye, en el análisis final de la conclusión concluyen que “la resistencia aumenta con la temperatura.</p> <p>(2.2) En este caso se concluye que el aluminio absorbe más calor y se calentó rápido, bajando su resistencia. Se valida que los materiales oscuros absorben más calor.</p> <p>(2.3) Se identifican dificultades para mantener constante la distancia y posibles interferencias.</p>	<p>El grupo logra una transición cualitativa de las ideas iniciales, donde el negro se calienta más, y lo relaciona con la variación de la resistencia (baja) debido a una mayor absorción. Si bien, existe una contradicción en su conclusión resistencia/ temperatura dada en [G7, 2.1] se puede mencionar que en la observación del comportamiento de la resistencia NTC confirma que este prototipo detecta radiación térmica.</p>	<table border="1"> <tr> <td colspan="2" data-bbox="1268 521 1887 553" style="text-align: center;">RESULTADOS</td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="1268 553 1887 643">Describe qué ocurrió durante el experimento y los cambios observados: el aluminio al pintar reflejo la radiación q subió poco su temp. mientras que el negro absorbio más calor q se calentó rapido, bajo su resistencia al aumentó la temp.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1268 643 1499 756">Hipótesis (Escribe lo que crees que va a ocurrir con el papel aluminio cuando se exponga a la fuente de luz)</td> <td data-bbox="1499 643 1887 756">q eleva la temp más rapido cuando el papel aluminio se exponga a la fuente de luz, reflejara lo mayor parte de la radiación por lo siguiente por lo que absorbera poco calor q su temp. aumentara lento, en cambio el negro absorbera más radiación q su temp. subira con mayor rapidez</td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="1268 764 1887 935">¿Se puede establecer alguna relación de la fuente de luz, y los resultados obtenidos con la resistencia y la temperatura?</td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="1268 935 1887 1032">la luz eleva la temp. q la resistencia disminuye</td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="1268 1032 1887 1138">disminuye más rapido por mayor absorción de calor.</td> </tr> </table>	RESULTADOS		Describe qué ocurrió durante el experimento y los cambios observados: el aluminio al pintar reflejo la radiación q subió poco su temp. mientras que el negro absorbio más calor q se calentó rapido, bajo su resistencia al aumentó la temp.		Hipótesis (Escribe lo que crees que va a ocurrir con el papel aluminio cuando se exponga a la fuente de luz)	q eleva la temp más rapido cuando el papel aluminio se exponga a la fuente de luz, reflejara lo mayor parte de la radiación por lo siguiente por lo que absorbera poco calor q su temp. aumentara lento, en cambio el negro absorbera más radiación q su temp. subira con mayor rapidez	¿Se puede establecer alguna relación de la fuente de luz, y los resultados obtenidos con la resistencia y la temperatura?		la luz eleva la temp. q la resistencia disminuye		disminuye más rapido por mayor absorción de calor.	
RESULTADOS															
Describe qué ocurrió durante el experimento y los cambios observados: el aluminio al pintar reflejo la radiación q subió poco su temp. mientras que el negro absorbio más calor q se calentó rapido, bajo su resistencia al aumentó la temp.															
Hipótesis (Escribe lo que crees que va a ocurrir con el papel aluminio cuando se exponga a la fuente de luz)	q eleva la temp más rapido cuando el papel aluminio se exponga a la fuente de luz, reflejara lo mayor parte de la radiación por lo siguiente por lo que absorbera poco calor q su temp. aumentara lento, en cambio el negro absorbera más radiación q su temp. subira con mayor rapidez														
¿Se puede establecer alguna relación de la fuente de luz, y los resultados obtenidos con la resistencia y la temperatura?															
la luz eleva la temp. q la resistencia disminuye															
disminuye más rapido por mayor absorción de calor.															

La complejización del concepto de radiación se ha estipulado en algunos grupos como un cambio en la metodología con la cual se trabaja en la primera guía, y es que, se pasa de pensar que “algo está caliente” a establecer una correlación observable entre la resistencia y lo que se investiga- la radiación-. Los estudiantes establecen el prototipo de medición de radiación térmica como ese mediador, y el dominio instrumental está centrado en la relación entre la radiación (fenómeno invisible) y la temperatura (efecto térmico) y la variación de la resistencia que es el dato cuantificable, para el caso de la práctica en el aula NTC, es decir su variación es inversamente proporcional. [G1, G2, G7, 2.1]

Desde la micro categoría 2.1 se puede establecer que los estudiantes van en línea con el dominio instrumental. Además, logran entender el mecanismo por el cual el instrumento mide indirectamente la radiación, cuando por ejemplo expresan “la radiación es absorbida por el material oscuro (papel aluminio pintado de negro) y este aumento se traduce en una disminución de la resistencia”. De esta manera se sigue reafirmando el hecho de la mediación del instrumento para caracterizar la radiación.

Es de esta manera que, algunos grupos como (G1), concretan que su hipótesis del papel aluminio pintado de negro mostró el mayor aumento de temperatura, y consecuentemente una mayor caída en la resistencia (G1, de 4720 a 4375 ohm). Esta medición registrada por el grupo cuantifica la radiancia absorbida por el material y es mayor en algunos colores, como el negro.

En la misma línea, se encuentra el grupo (G2) al entender la importancia del material oscuro, ya que este “aumenta la señal y mejora la sensibilidad del montaje”, logrando articular la práctica experimental y el cuerpo negro, ya que este es un alto absorbente y un emisor ideal.

6.5.2.1 Vínculos históricos de los hallazgos con relación al bolómetro.

La propuesta experimental se basó en el bolómetro de Langley, relevante en la metrología del PTR. Con relación a los hallazgos que se encontraron en los registros de los estudiantes, la conclusión general de los grupos de que “la pintura negra aumenta la señal y mejora la sensibilidad del montaje” [G2, 2.2] es el proceso por el cual, se puede determinar que existe una operacionalización del concepto de absorción. Es decir, el estudiante al realizar la construcción del instrumento y el montaje experimental le permitió observar y analizar el fenómeno de manera coherente, ya que, relaciona que las superficies de detección de radiación térmica (aluminio liso, aluminio liso pintado de negro) cobran relevancia en su medición, análogo a lo que uso históricamente para aproximarse al cuerpo negro ideal, donde las superficies ennegrecidas o rugosas fueron relevantes para el estudio del ECN.

Por otro lado, el grupo 1 (G1) fue sistemático con el registro de la relación entre color y resistencia. Además de encontrar que el papel negro tuvo un mayor aumento de temperatura expuesto a la misma fuente, y la mayor caída de la resistencia. Este hallazgo cuantitativo permite relacionarlo con la evidencia empírica de la ley de Kirchoff: un buen absorbente es un buen emisor, además de establecer la ruta por la cual los experimentalistas del siglo XIX fueron obligados a redefinir el estándar luminoso a partir de las propiedades radiativas de la materia- cap2-.

6.5.3 Sistematización y Análisis de las Guías de Aprendizaje (Grupos 1, 2, 3, 4, 7)

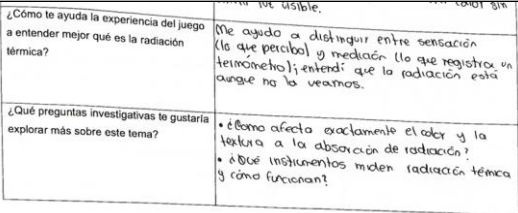
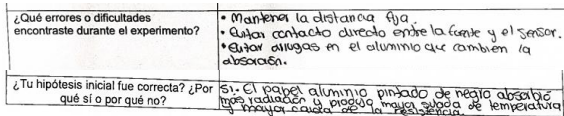
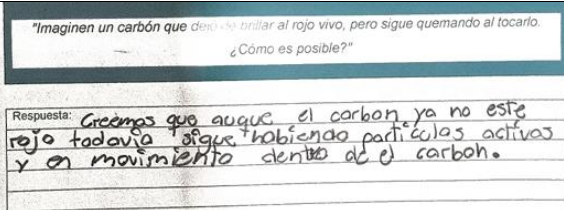
Macro – categoría 3

La macro categoría 3 aborda el carácter constructivista y la naturaleza histórica de la ciencia, donde se expone la necesidad de permitir la construcción colectiva de conocimiento, así como la importancia de la experimentación como puente entre lo cotidiano y lo científico.

Desde allí, se establece la complejización como aquello que los estudiantes enfrentan desde el fenómeno, lo enfrentan y resuelven, así como los desafíos a nivel técnico propio de la práctica experimental y las posibles contradicciones a nivel conceptual que se puedan emerger mediante el diálogo con el grupo. Es entonces que la negociación de significados (Macro 3.2) cobra relevancia para que los estudiantes puedan validar los datos sobre su propia intuición (“lo que sentimos no tiene relación con las explicaciones”) [G7, 3.3], permitiendo que se tenga una postura crítica sobre las mediciones realizadas. Esto se alinea con la perspectiva fenomenológica, donde la medición implica las formas de construir, decir y expresar un conjunto de ideas relacionando lo sensible y lo inteligible.

La tabla 22 recoge los registros en la macro categoría 3 y los análisis realizados a partir de estos. Se tienen en cuenta las subcategorías, relacionadas con los procesos de indagación que se presentaron al final de la práctica, así como la dinámica de socialización para llegar a acuerdos sobre la radiación térmica y finalmente, como el experimento les permite construir explicaciones alrededor del fenómeno.

Tabla 22. Sistematización y análisis de las guías desde la Macro categoría 3 – y sus subcategorías.

Grupo	Subcategorías y hallazgos encontrados	Análisis detallado para la construcción del concepto	Evidencias o referencias
G 1	<p>(3.1) Compromiso con la indagación: Preguntas que corresponden a la última fase sobre ¿Cómo afecta exactamente el calor y la textura a la absorción de radiación? Y ¿Qué instrumentos miden radiación térmica? Adicionalmente, proponen mejoras técnicas que se pudieron presentar en la medición (soportes rígidos, blindajes)</p> <p>(3.2) La dinámica de socialización se usó para “comparar resultados y discutir posibles fuentes de error”</p> <p>(3.3) El experimento les permitió “distinguir entre sensaciones... y medición”, confiando en los datos para verificar que el negro absorbe más.</p>	<p>La formulación de preguntas específicas sobre instrumentación y variable (macro 3.1) muestra la movilización del conocimiento por parte de los estudiantes, permitiéndoles trasladarse de un campo netamente corroborativo a uno en donde se preguntan las posibles relaciones que se pueden colocar en juego en la actividad experimental. En el trabajo colaborativo (Macro 3.2) permitió la reconstrucción epistemológica del concepto de radiación, entendiendo que el fenómeno físico de la radiación no solo se siente, si no requiere ser medido, siendo una valoración directa del proceso experimental.</p>	 <p>¿Cómo te ayuda la experiencia del juego a entender mejor qué es la radiación térmica?</p> <p>Me ayuda a distinguir entre sensación (lo que percibo) y medición (lo que registra un termómetro); entendi que la radiación está aunque no la veamos.</p> <p>¿Qué preguntas investigativas te gustaría explorar más sobre este tema?</p> <p>• ¿Cómo afecta exactamente el calor y la textura a la absorción de radiación? • ¿Qué instrumentos miden radiación térmica y cómo funcionan?</p>  <p>¿Qué errores o dificultades encontraste durante el experimento?</p> <p>• Mantener la distancia fija. • Quitar contacto directo entre la fuente y el sensor. • Quitar alugas en el aluminio que cambien la absorción.</p> <p>¿Tu hipótesis inicial fue correcta? ¿Por qué sí o por qué no?</p> <p>Si. El papel aluminio pintado de negro absorbe toda radiación y produce mayor subida de temperatura que mayor causa a la radiación.</p>
	<p>(3.1) Pregunta sobre la relación entre la termonuclear y la radiación térmica. Desde allí, identifican los errores posibles del montaje</p>	<p>Este grupo se extendió a contextos teóricos avanzados, intentando integrar la radiación térmica con la “energía termonuclear”. Los estudiantes negocian los significados</p>	 <p>"Imaginen un carbón que dejó de brillar al rojo vivo, pero sigue quemando al tocarlo. ¿Cómo es posible?"</p> <p>Respuesta: Creemos que aunque el carbon ya no este rojo todavía sigue habiendo partículas activas y en movimiento dentro de el carbon.</p>

G2	<p>(mantener la distancia fija, evitar arrugas en el papel aluminio). (3.2) Durante el diálogo entre el grupo, se estableció que el material absorbente oscuro “aumenta la señal y mejora la sensibilidad del montaje” (3.3) La hipótesis se confirmó. Aprendieron que la radiación térmica es invisible pero medible con sensores eléctricos.</p>	<p>(Macro 3.2), consolidando el concepto de absorción / emisividad a nivel práctico, ya que pueden reconocer que la pintura negra optimiza la medición, lo que se puede correlacionar con un elemento que fue clave en la el ECN</p>	<table border="1"> <tr> <td>¿Por qué es importante usar un material absorbente oscuro para medir radiación?</td> <td>Porque al ser más radiación y reflejar menos, esto que aumenta la señal y mejora la sensibilidad del montaje</td> </tr> <tr> <td>¿Cómo afecta la distancia entre la fuente de calor y el bolómetro a la medición?</td> <td>A mayor distancia la radiación que llega disminuye, por lo tanto la distancia aumenta y los cambios de temperatura y de señal se ven menos</td> </tr> <tr> <td>¿Qué mejoras propondrías al montaje experimental?</td> <td>Usar soportes rígidos y medidas de distancia para evitar la N/A con temperaturas cercanas</td> </tr> <tr> <td>¿Tu hipótesis inicial fue correcta? ¿Por qué sí o por qué no?</td> <td>Sí, ya que al pintar el montaje de negro absorbe más radiación y mejora la sensibilidad del montaje</td> </tr> </table>	¿Por qué es importante usar un material absorbente oscuro para medir radiación?	Porque al ser más radiación y reflejar menos, esto que aumenta la señal y mejora la sensibilidad del montaje	¿Cómo afecta la distancia entre la fuente de calor y el bolómetro a la medición?	A mayor distancia la radiación que llega disminuye, por lo tanto la distancia aumenta y los cambios de temperatura y de señal se ven menos	¿Qué mejoras propondrías al montaje experimental?	Usar soportes rígidos y medidas de distancia para evitar la N/A con temperaturas cercanas	¿Tu hipótesis inicial fue correcta? ¿Por qué sí o por qué no?	Sí, ya que al pintar el montaje de negro absorbe más radiación y mejora la sensibilidad del montaje
¿Por qué es importante usar un material absorbente oscuro para medir radiación?	Porque al ser más radiación y reflejar menos, esto que aumenta la señal y mejora la sensibilidad del montaje										
¿Cómo afecta la distancia entre la fuente de calor y el bolómetro a la medición?	A mayor distancia la radiación que llega disminuye, por lo tanto la distancia aumenta y los cambios de temperatura y de señal se ven menos										
¿Qué mejoras propondrías al montaje experimental?	Usar soportes rígidos y medidas de distancia para evitar la N/A con temperaturas cercanas										
¿Tu hipótesis inicial fue correcta? ¿Por qué sí o por qué no?	Sí, ya que al pintar el montaje de negro absorbe más radiación y mejora la sensibilidad del montaje										
G3	<p>(3.1) ¿Cómo podemos saber si un objeto está caliente sin tocarlo? (3.2) Ayudó “lograr distinguir entre lo que se ve y lo que se siente” el consenso fue que la medición con el termómetro casero detecta calor invisible. (3.3) Confianza en el dato instrumental del termómetro Infrarrojo (45°C y 60°C) para mencionar contradecir la intuición inicial.</p>	<p>La pregunta de indagación del grupo permite pensar que se apunta directamente a la necesidad de buscar un puente (la instrumentación) para acceder a el fenómeno invisible (radiación) (Macro 3.1). Para este grupo la colaboración fue clave para lograr una síntesis fenomenológica, es decir, que fue posible confirmar que la medición con el termómetro IR permite desligar la asociación casi inmediata que se realiza con el calor y la luz visible.</p>	<table border="1"> <tr> <td>¿Qué preguntas investigativas te gustaría explorar más sobre este tema?</td> <td>¿Cómo podemos saber si un objeto está caliente sin tocarlo? ¿Que hace que un objeto que está caliente se enfríe más rápido que otros?</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <p>"Imaginen un carbón que dejó de brillar al rojo vivo, pero sigue quemando al tocarlo. ¿Cómo es posible?"</p> </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <p>Respuesta:</p> <p>Ya que el carbón sigue emitiendo la radiación térmica así la emisión de luz visible haya bajado o no se vea, la temperatura sigue siendo alta.</p> </td> </tr> <tr> <td>¿Cómo te ayuda la experiencia del juego a entender mejor qué es la radiación térmica?</td> <td>Ayuda a lograr distinguir entre lo que se ve y lo que se siente, hay radiación aunque esto no se pueda ver.</td> </tr> </table>	¿Qué preguntas investigativas te gustaría explorar más sobre este tema?	¿Cómo podemos saber si un objeto está caliente sin tocarlo? ¿Que hace que un objeto que está caliente se enfríe más rápido que otros?	<p>"Imaginen un carbón que dejó de brillar al rojo vivo, pero sigue quemando al tocarlo. ¿Cómo es posible?"</p>		<p>Respuesta:</p> <p>Ya que el carbón sigue emitiendo la radiación térmica así la emisión de luz visible haya bajado o no se vea, la temperatura sigue siendo alta.</p>		¿Cómo te ayuda la experiencia del juego a entender mejor qué es la radiación térmica?	Ayuda a lograr distinguir entre lo que se ve y lo que se siente, hay radiación aunque esto no se pueda ver.
¿Qué preguntas investigativas te gustaría explorar más sobre este tema?	¿Cómo podemos saber si un objeto está caliente sin tocarlo? ¿Que hace que un objeto que está caliente se enfríe más rápido que otros?										
<p>"Imaginen un carbón que dejó de brillar al rojo vivo, pero sigue quemando al tocarlo. ¿Cómo es posible?"</p>											
<p>Respuesta:</p> <p>Ya que el carbón sigue emitiendo la radiación térmica así la emisión de luz visible haya bajado o no se vea, la temperatura sigue siendo alta.</p>											
¿Cómo te ayuda la experiencia del juego a entender mejor qué es la radiación térmica?	Ayuda a lograr distinguir entre lo que se ve y lo que se siente, hay radiación aunque esto no se pueda ver.										
G4	<p>(3.1) No se presenta pregunta de indagación, se rescata la curiosidad frente a conceptos complejos. Se continuó el análisis a pesar de que el prototipo se quemó y la pintura se desvaneció</p>	<p>Este grupo demuestra una persistencia fuerte (Macro 3.1) al analizar las limitaciones técnicas del montaje experimental, ya que, la resistencia fue quemada. En este caso, se hizo imperante la necesidad</p>	<table border="1"> <tr> <td>¿Tu hipótesis inicial fue correcta? ¿Por qué sí o por qué no?</td> <td>no por que realmente no espere que sucediera eso</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <p>RESULTADOS</p> <p>Describe qué ocurrió durante el experimento y los cambios observados: se quemó la resistencia, se volvió ceniza la pintura, varió la temperatura, y demás</p> </td> </tr> </table>	¿Tu hipótesis inicial fue correcta? ¿Por qué sí o por qué no?	no por que realmente no espere que sucediera eso	<p>RESULTADOS</p> <p>Describe qué ocurrió durante el experimento y los cambios observados: se quemó la resistencia, se volvió ceniza la pintura, varió la temperatura, y demás</p>					
¿Tu hipótesis inicial fue correcta? ¿Por qué sí o por qué no?	no por que realmente no espere que sucediera eso										
<p>RESULTADOS</p> <p>Describe qué ocurrió durante el experimento y los cambios observados: se quemó la resistencia, se volvió ceniza la pintura, varió la temperatura, y demás</p>											

	<p>(3.2) Destacaron que “Se comparten ideas que hace que ayuda a entendernos y comprender mejor los temas”</p> <p>(3.3) Existe un reconocimiento del uso del material oscuro para medir radiación, a pesar de las contingencias tenidas en el montaje experimental, se reconoce que la intuición no siempre es correcta.</p>	<p>de establecer negociaciones entre los resultados inesperados o incorrectos y como la colaboración permite ser una herramienta en la comprensión conceptual, dada desde la dispersión de los datos.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1327 233 1558 263">Pregunta</th> <th data-bbox="1558 233 1885 263">Reflexión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1327 263 1558 354">¿Qué diferencias notaste entre lo que sentiste y lo que crees que ocurre con la radiación térmica?</td> <td data-bbox="1558 263 1885 354">Es algo raro ya que son cosas diferentes por que muchas veces lo que sentís no es lo correcto</td> </tr> </tbody> </table> <p>¿Qué es lo que tratamos de entender? Escribe en esta parte lo que has aprendido y que puedes decir ahora sobre la radiación térmica.</p> <p>hemos aprendido que las ondas y la radiación térmica es la energía que emite los cuerpos debido a su temperatura, en forma de ondas electromagnéticas, no necesitan un medio para propagarse y depende de la temperatura del objeto</p>	Pregunta	Reflexión	¿Qué diferencias notaste entre lo que sentiste y lo que crees que ocurre con la radiación térmica?	Es algo raro ya que son cosas diferentes por que muchas veces lo que sentís no es lo correcto				
Pregunta	Reflexión										
¿Qué diferencias notaste entre lo que sentiste y lo que crees que ocurre con la radiación térmica?	Es algo raro ya que son cosas diferentes por que muchas veces lo que sentís no es lo correcto										
G7	<p>(3.1) Se realizan preguntas sobre por qué los colores absorben más calor que los claros. Existe una identificación de errores como mantener la distancia constante.</p> <p>(3.2) Consenso en el grupo de que el calor viaja por “radiación magnética que no necesita aire ni materia para propagarse”</p> <p>(3.3) La experiencia muestra que “lo que sentimos no tiene relación con las explicaciones”</p>	<p>La actividad (Macro 3.2) permitió al grupo establecer el mecanismo de propagación en el vacío de la radiación térmica, si bien, mencionan “magnética” siendo posiblemente “electromagnética” reconocen que la radiación no necesita ese medio para propagarse. La experiencia muestra que lo “lo que sentimos no tiene relación con las explicaciones” conlleva a una conclusión por parte del grupo donde la energía se transfiere sin contacto directo y que los materiales oscuros absorben más calor.</p>	<p>¿Qué es el calor para ti?</p> <p>El calor es una forma de energía en tránsito que se transfiere de un cuerpo a otro debido a la diferencia de temperatura. Siempre pasa del cuerpo más caliente al más frío hasta que ambos alcanzan el equilibrio térmico.</p> <p>¿Sabes por qué sientes el calor de una fuente luminosa (por ejemplo, el sol)?</p> <p>Se siente calor del sol por que emite radiación que viaja por el espacio y al llegar a la piel es absorbida transformándose en energía térmica que eleva la temperatura del cuerpo.</p> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="1327 841 1444 896">¿Cómo explicarías que un objeto nos calienta más cuando está a una distancia lejana?</td> <td data-bbox="1444 841 1579 896">Que la piel recibe radiación solar</td> <td data-bbox="1579 841 1730 896">Viaja por radiación magnética que no necesita aire ni materia para propagarse</td> <td data-bbox="1730 841 1885 896">El calor que esos casos son importantes.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1327 896 1444 954">¿Cómo explicarías que una sartén nos calienta más cuando está a una distancia lejana?</td> <td data-bbox="1444 896 1579 954">Calor en el aire</td> <td data-bbox="1579 896 1730 954">Creemos que el calor se va transmitiendo en el aire por eso nos calentamos más cuando estamos lejos</td> <td data-bbox="1730 896 1885 954">Se transmite en el aire</td> </tr> </table>	¿Cómo explicarías que un objeto nos calienta más cuando está a una distancia lejana?	Que la piel recibe radiación solar	Viaja por radiación magnética que no necesita aire ni materia para propagarse	El calor que esos casos son importantes.	¿Cómo explicarías que una sartén nos calienta más cuando está a una distancia lejana?	Calor en el aire	Creemos que el calor se va transmitiendo en el aire por eso nos calentamos más cuando estamos lejos	Se transmite en el aire
¿Cómo explicarías que un objeto nos calienta más cuando está a una distancia lejana?	Que la piel recibe radiación solar	Viaja por radiación magnética que no necesita aire ni materia para propagarse	El calor que esos casos son importantes.								
¿Cómo explicarías que una sartén nos calienta más cuando está a una distancia lejana?	Calor en el aire	Creemos que el calor se va transmitiendo en el aire por eso nos calentamos más cuando estamos lejos	Se transmite en el aire								

Los estudiantes a partir de los desafíos que se encontraron en la práctica experimental pudieron enfrentarse a la rigurosidad que se debe tener de realizar los distintos montajes. La persistencia de los grupos a superar estos desafíos (Macro 3.1) demuestra que existe una apropiación por la actividad, debido a que los estudiantes asumen un rol activo en la construcción del saber (Macro 3.3) y que todos los aportes son significativos en el proceso de complejización del concepto. Estas características muestran que se tuvo éxito al transformar la curiosidad inicial de los estudiantes sobre fenómenos cotidianos (ej., el carbón quema sin brillar) en preguntas estructuradas. Además, les permitió transitar de cuestionamientos simples de sí lo invisible transmite calor, a cuestionamientos más específicos relacionados con la influencia de la textura o la importancia del color en la absorción, y la necesidad de medir el fenómeno de manera indirecta.

El consenso que alcanzó la mayoría de los grupos finalmente se centró en la distinción de la luz visible y la radiación térmica, concluida a través de la demostración del termómetro infrarrojo (ej., bombilla apagada a 45°C). La colaboración entre los grupos también permitió consolidar la relación inversamente proporcional entre la temperatura y la resistencia.

Capítulo 7: Consideraciones finales

Las siguientes consideraciones abordan lo recogido durante el proceso investigativo y resaltan los hallazgos encontrados por el autor alrededor de los objetivos propuestos al inicio de la investigación. De igual manera, emergen otras conclusiones a partir de la intervención de la propuesta en el aula.

7.1 Reconocimiento Disciplinar del maestro a partir del montaje experimental (ECN - Experimental y conceptual)

En el proceso de diseño, construcción y validación del prototipo de medición de radiación térmica expuesto en el capítulo 3, el maestro, autor de este trabajo de grado, abordó el proceso experimental alrededor del cuerpo negro, reconociendo de manera práctica las relaciones que emergen entre las teorías físicas y los procesos de medición que se presentan al revisar el experimento desde una mirada de la historia de las ciencias. Por ejemplo, en el montaje experimental se reconoció la relevancia fundamental de utilizar un material como el aluminio sin pintar y el otro pintado de negro, permitiendo observar de materializar experimentalmente la propiedad de la absorción, que estableció G. Kirchhoff para el cuerpo negro.

Desde allí, se estableció que cuando Lummer y Pringsheim utilizaron superficies ennegrecidas (hollín y óxido de uranio), se hizo para mejorar la absorción. Este principio fue utilizado en este trabajo para plantear uno de los momentos expuestos en la propuesta experimental, en el cual, se puede establecer la relación entre el favorecimiento de realizar la práctica con pintura negra, ya que existía una mayor variación en la resistencia (NTC), confirmando que el material oscuro aumenta la señal y la sensibilidad del dispositivo. Con esto se responde a la necesidad de mejorar la instrumentación con la que se realizan las mediciones, tal como se realizó en la historia del estudio del cuerpo negro.

Este reconocimiento también permitió establecer el instrumento como un mediador que transforma lo imperceptible (la radiación infrarroja) en una magnitud cuantificable: la variación de la resistencia. Lo anterior, es una solución a la problemática planteada en el capítulo 2, en donde se hizo evidente la imposibilidad de separar la luz visible del estudio del calor radiante.

Este dominio alcanzado por la realización de la práctica experimental, faculta al docente para enfocarse en el principio del bolómetro de Langley, donde se propone la relación inversa entre el aumento de radiación térmica y la variación de la resistencia, lo que conlleva a comprender que se mide la energía emitida por los cuerpos con su temperatura y no con su brillo. Adicionalmente, en la fase del montaje (capítulo 3) surge la reflexión de pensar sobre la rigurosidad experimental, expresada en los trabajos del PTR para dar validez a las leyes propuestas por Stefan Boltzmann. Es entonces, que es necesario por parte del maestro el control de variables como la distancia (s) y el tiempo de exposición del instrumento a la fuente de radiación, constatando el hecho de que reducir la distancia de la fuente a 1 cm en contraste con 5 cm, aumenta la rapidez con la que variaba la resistencia en el dispositivo. El reconocimiento del prototipo ante la energía radiante se convirtió en un insumo para el maestro, ya que justificó las variables clave que fueron propuestas en la actividad experimental del prototipo de radiación térmica.

7.2 Implicaciones del estudio para el aula - Mirada histórica y explicaciones estudiantiles.

La mirada histórica y epistemológica (Capítulo 4) fundamentó la estructura lógica para la propuesta experimental (Sensibilización → Experimentación → Conceptualización), lo que permitió que se organizara de manera coherente el abordaje de la propuesta en el contexto de

la enseñanza y en línea, con lo que sucedió en el principio de los estudios alrededor de la radiación térmica.

La reconstrucción histórica del Experimento del Cuerpo Negro (ECN), centrado en la crisis de la física clásica, reconoce las tensiones que emergen entre la teoría y el experimento presentes en el desarrollo de las ciencias, lo que permite enlazar esta problemática con el surgimiento de física moderna. De igual manera, este estudio permite justificar el enfoque de medir indirectamente lo invisible, ya que la instrumentación – como el bolómetro- actúa como un mediador para cuantificar fenómenos imperceptibles como la radiación infrarroja. Esta justificación decanta en la secuencia planteada en la propuesta, la cual busca posibilitar a los estudiantes a “distinguir entre lo sensible y lo medible” al transformar la experiencia sensorial en un dato cuantificable.

La aproximación a la historia de las ciencias, específicamente la reconstrucción de las tensiones que emergieron en el Experimento del Cuerpo Negro (ECN), fue un factor determinante en la consolidación disciplinar y metodológica de la propuesta. El estudio de la evolución conceptual de la radiación térmica justificó la necesidad de centrar el foco de estudio en la rigurosidad experimental del PTR y la ley de Stefan Boltzmann. Este conocimiento histórico proporcionó al autor la validación disciplinar para establecer el diseño instrumental (bolómetro) como puente fenomenológico y para definir las variables clave del experimento (como el uso del material absorbente oscuro y el control en las distancias), permitiendo así que la secuencia fuera un proceso intencionado de recontextualización de saberes.

De igual forma, la investigación se propuso superar la enseñanza descontextualizada del Experimento del Cuerpo Negro (ECN), que privilegia el formalismo matemático. A través

de la reconstrucción histórica del concepto de radiación térmica, la propuesta se centró en esta problemática y se evidenció que los estudiantes al enfrentarse a los datos empíricos obtenidos por medio del uso del instrumento que se fabricó (Prototipo de radiación térmica), lograron distinguir y desacoplar procesualmente la luz visible de la radiación térmica, que no era evidente antes de iniciar con la propuesta.

A partir de la implementación se logran detectar las siguientes elaboraciones conceptuales por parte de los estudiantes: La experiencia de medir la temperatura de objetos que no brillan (como el carbón que se sigue quemando sin necesidad de brillar) proporcionó el anclaje fenomenológico necesario, para establecer que la radiación térmica es una forma de energía que se extiende al espectro no visible (infrarrojo) y que depende de la temperatura del cuerpo. Adicionalmente el prototipo de medición de radiación térmica actuó como mediador necesario, para lograr que los estudiantes pasaran de las percepciones como “sentir calor” a un dato cuantificable, a través de su principio operativo (radiación - calor - disminución de la resistencia NTC). Esto evidenció que existe una correlación reproducible entre la característica investigada (radiación térmica) y lo que se puede medir en el prototipo propuesto (el cambio de la resistencia en ohmios).

En la sistematización de la propuesta, se encontró que los grupos eligieron el material negro no solo por validar la teoría, sino que les permitió mejorar la sensibilidad del instrumento, llegando a la conclusión que este les permite obtener “una mejor señal y mejora la sensibilidad” demostrando que existe en los estudiantes una aproximación operativa al principio de la absorción en el estudio de la radiación térmica. Este elemento también enriquece la práctica docente, ya que permite correlacionar los hallazgos encontrados por el maestro y por los estudiantes.

Otros hallazgos en la Macro categoría 3: Proceso Colectivo en la construcción de significados demuestran que cuando los estudiantes se enfrentan a desafíos técnicos en la construcción del prototipo, estos se convirtieron en saberes emergentes, ya que, a pesar que hubo grupos que tuvieron fallas en su montaje experimental, concluyeron que el material oscuro era necesario “para absorber mejor la radiación mejorando la precisión”, es decir, que a pesar de lo sucedido y de los datos incorrectos, este proceso también ayudó a una reflexión crítica y a la construcción de conocimiento.

El análisis sobre la sistematización también reveló que la actividad experimental trasciende la mera verificación de la teoría, puesto que esta juega un rol fundamental en la naturaleza constructiva del conocimiento, ya que, permite establecer una relación directa entre el fenómeno y la teoría, sin que esta última prime sobre la evidencia experimental.

7.3 Aportes para el docente

La integración del estudio histórico y experimental genera una profundización disciplinar y pedagógica, que va transformando la comprensión del docente sobre el conocimiento científico como una actividad constructiva entre diversos actores. Este reconocimiento va desde destacar la rigurosidad en el desarrollo histórico para establecer el concepto de radiación térmica, y cómo la instrumentación también es un co - productor de significados, ya que la medición del fenómeno de radiación está ligada a juicios e interpretaciones.

De igual manera se reconoce al menos dos reflexiones pedagógicas centrales que emergen en la propuesta. La primera consiste en que se puede dar otro sentido a las contradicciones o errores de los estudiantes, donde estos no sean concebidos como “errores” sino que pasen a ser interpretados como “tensiones productivas” que son inherentes a los procesos de

construcción del conocimiento científico, y que, de hecho, replican los desafíos conceptuales que vivieron los científicos en la historia.

La segunda reflexión se deriva de cambiar el centro de actividad del aula, donde se desplaza el foco en la aplicación de fórmulas, hacia uno donde la construcción y el uso de un instrumento de medición, genera dinámicas diferentes. Los estudiantes pasan a dejar de ser receptores pasivos para intervenir en procesos de investigación, donde se negocian significados, se realiza trabajo colaborativo y se permite una apropiación de los conceptos por medio de la acción.

7.4 Perspectivas para futuras investigaciones

El presente trabajo abre varias líneas para investigaciones futuras. Sería valioso diseñar e implementar secuencias didácticas similares donde se aborden otros conceptos importantes para la física moderna -como el principio de incertidumbre o la dualidad onda partícula- que presenten dificultades parecidas de abstracción para los estudiantes. Además, se podría investigar sobre el impacto a largo plazo en el enfoque histórico - experimental en temas como la percepción de los estudiantes frente a las ciencias y la comprensión conceptual.

Bibliografía

American Institute of Physics. (s.f.). *Langley's bolometer*. Recuperado 12 de noviembre de 2019, de <https://www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/ex-libris-universum/langley-s-bolometer>

Ayala, M. M. et al. (2014). *La perspectiva fenomenológica en la enseñanza de las ciencias*. Universidad Pedagógica Nacional.

Cala Vitery, F. y Guerrero, G. (2011). *Mecánica cuántica. Sobre su interpretación, historia y filosofía*. Editorial Tadeo Lozano.

Chevallard, Y. (1991). On didactic transposition theory: Some introductory notes. En R. Sutherland (Ed.), *Proceedings of the International Symposium on Research on the Mathematical Education of Engineers* (pp. 51-62). University of Oxford.

Christiansen, C. (1884). Über die Emission der Wärmestrahlen durch leuchtende Gase. *Annalen der Physik*, 258(6), 1-28. <https://doi.org/10.1002/andp.18842580602>

Colombia Aprende. (2014). *Guías de propagación del calor*. Ministerio de Educación Nacional.

Draper, J. W. (1847). On the production of light by heat. *Philosophical Magazine*, 30(200), 345-360.

Earth Observatory. (2000). *Langley's solar heat machine*. NASA. https://earthobservatory.nasa.gov/features/Langley/langley_2.php

Fanaro, M. A. (2009). La enseñanza de la mecánica cuántica en el nivel universitario. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(2), 1-15.

Hanson, N. R. (1958). *Patterns of discovery: An inquiry into the conceptual foundations of science*. Cambridge University Press.

Husserl, E. (2005). *Ideas relativas a una fenomenología pura*. Fondo de Cultura Económica. (Obra original publicada en 1952).

Kirchhoff, G. (1860). Über das Verhältnis zwischen dem Emissionsvermögen und dem Absorptionsvermögen der Körper für Wärme und Licht. *Annalen der Physik*, 185(2), 275-301. <https://doi.org/10.1002/andp.18601850205>

Langley, S. P. (1880). The Bolometer. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, 16, 342-358.

Leskow, E. C. (2019, 12 de noviembre). *Transferencia de calor*. *Concepto*. <https://concepto.de/transferencia-de-calor/>

Leslie, J. (1804). *An experimental inquiry into the nature and propagation of heat*. J. Mawman.

Malagón, F. et al. (2015). *Fenomenología y construcción de conocimiento científico*. Editorial Magisterio.

Mejía, M. R. (2010). *Trasvesando el espejo de nuestras prácticas: A propósito del saber que se produce y cómo se produce en la sistematización*. Planetapaz; Expedición Pedagógica Nacional.

Merleau-Ponty, M. (1975). *Fenomenología de la percepción*. Península. (Obra original publicada en 1964).

Moreira, M. A. (1999). Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 389-404.

Newton, I. (1704). *Opticks: Or, A Treatise of the Reflexions, Refractions, Inflections and Colours of Light*. Royal Society.

Okon, E., & Sudarsky, D. (2013). *On the consistency of the consistent histories approach to quantum mechanics*. Instituto de Investigaciones Filosóficas, Universidad Nacional Autónoma de México. <https://arxiv.org/abs/1301.2586v2>

Penrose, R., Shimony, A., Cartwright, N., Hawking, S. W., & Longair, M. (2008). *Lo grande, lo pequeño y la mente humana*. Akal.

Planck, M. (1901). Über das Gesetz der Energieverteilung im Normalspektrum. *Annalen der Physik*, 309(3), 553-563. <https://doi.org/10.1002/andp.19013090310>

Planck, M. (1902). Sobre la teoría de la radiación térmica. *Annalen der Physik*, 4, 719-737.

Siegel, R., & Howell, J. R. (2002). *Thermal Radiation Heat Transfer* (4ta ed.). Taylor & Francis.

Sinarcas, V., & Solbes, J. (2013). *Proposta per a l'ensenyament i aprenentatge de la física quàntica en 2n de batxillerat* [Tesis doctoral, Universitat de València]. Repositorio de la Universitat de València.

Tomé López, C. (2017, 8 de mayo). Los experimentos de Joule. *Mapping Ignorance*. <https://culturacientifica.com/2017/05/09/los-experimentos-joule/>

Tyndall, J. (1863). *Heat considered as a mode of motion*. D. Appleton and Company.

Villacrez, M. V. (2017). La experimentación como estrategia pedagógica para fortalecer las habilidades de pensamiento creativo en ciencias naturales y educación ambiental. *Revista Criterios*, 24(1), 69-97. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8736248.pdf>

VisionLearning. (2017). *La experimentación en la investigación científica*. Recuperado de <https://www.visionlearning.com/es/library/proceso-de-la-ciencia/49/la-experimentaci%C3%B3n-en-la-investigacion-cientifica/150>

Wüllner, A. (1871). *Lehrbuch der Experimentalphysik*. B.G. Teubner.

Anexos

La presente sección de anexos contiene el material de apoyo y de registro de la propuesta de intervención del aula para la posterior sistematización de la experiencia. Se coloca como una evidencia empírica para la verificación y la contextualización de los hallazgos analizados, particularmente en el capítulo 6.

Específicamente, esta sección está compuesta por el material pedagógico de la propuesta, es decir, que se encuentran los formatos de la secuencia didáctica que incluyen la guía de Sensibilización (Fase1) y la guía de experimentación (Fase 2). El propósito de adjuntar el material es ilustrar la estrategia didáctica utilizada para articular los fundamentos del concepto de radiación térmica con los que emergieron en el aula.

Las evidencias digitales (Scanner) se realizan por medio del programa Cam Scanner, pertenecientes a los grupos 1, 2, 3, 4 y 7. Siendo estos registros el insumo central del proceso de sistematización y análisis (Capítulo 6), donde se rastrean las elaboraciones conceptuales, los procedimientos de medición, y los procesos colectivos que emergieron de la interacción con la instrumentación

- ANEXO 1: Guías prácticas desarrolladas por los estudiantes.

Grupo 1 (Guías de aprendizaje 1 y 2) - Scanner de las guías. Fuente Propia, programa utilizado Camscanner.

Colegio Santa Luisa
 Grado 10^o
 Docente: Johany Flórez Tovar
 Nombre: Gabriela Domínguez
 Fecha: 17/03/2020
 Curso: 10-B Sesión:

Guía de aprendizaje
SENSIBILIZACIÓN SOBRE RADIACIÓN TÉRMICA Y FENÓMENOS COTIDIANOS

Área: Ciencias Naturales
 Asignatura: Física
 Duración 1 Sesión (110 minutos)

Objetivo: Establecer conexiones entre el concepto de radiación térmica y experiencias cotidianas (sol, fogatas, objetos calientes) utilizando estrategias cercanas a la fenomenología del cuerpo negro para activar conocimientos previos y generar preguntas investigativas.

¿Sabías qué?
 ¿Sabías que todo lo que nos rodea, incluso los objetos que no parecen calientes emiten una forma de energía invisible llamada radiación térmica? Por ejemplo, el sol, una fogata o incluso una lámpara apagada que sigue caliente, están constantemente emitiendo esta radiación. Aunque no la podemos ver, esta energía calienta nuestro cuerpo y el ambiente a nuestro alrededor.

En esta sesión vamos a entender cómo funciona el calor y cómo se relaciona con un tipo de energía invisible llamada radiación térmica. Aprenderemos a diferenciar entre lo que sentimos y lo que podemos medir, para que desde nuestra experiencia diaria comprendamos este fenómeno tan importante.

Materiales
 - (Imágenes del sol, fogatas y electrodomésticos)

¿Qué tienen en común estas imágenes?

NO LO DIGAS SOLO PIENSA, Y PREPÁRATE PARA IMAGINAR, PENSAR Y REFLEXIONAR!

- Termómetros infrarrojos
 - Tarjetas con preguntas problematizadoras. Se dividen en 3 subgrupos, abordando características intuitivas sobre la radiación.

Sobre percepción y experiencia: Los estudiantes responden las preguntas de las tarjetas, se hace registro en el papelógrafo bajo dos categorías, "Percepción" (lo que sienten) y "Explicación" (Lo que creen que ocurre).

Para ello se realiza una división por grupos de 4 integrantes. Las tarjetas se encuentran divididas en tres subgrupos. El primer subgrupo que relaciona la percepción y sensación sobre conceptos relacionados con radiación (calor, diferencias de material). Un segundo grupo de tarjetas que contiene preguntas problematizadoras acerca de la invisibilidad de la radiación térmica y finalmente el tercer subgrupo que habla sobre el color y la radiación.

La dinámica consiste en que cada estudiante toma una tarjeta, e intenta dar respuesta de la pregunta que aparece en la misma. Inicialmente el estudiante de forma individual contesta la pregunta, para posteriormente compartir su respuesta o hallazgo con el resto de los integrantes del grupo. En este momento de diálogo, se realiza la invitación a los demás compañeros a compartir sugerencias, complementar o adiconar cualquier opinión que exprese su perspectiva sobre la pregunta. El segundo grupo de tarjetas hace referencia a la necesidad de pensarse la radiación no solamente como producto de una fuente calor que brilla, si no también que puede provenir de una fuente calor que no necesariamente "brilla" a nuestros ojos. El tercer grupo de tarjetas reconoce la importancia de elementos como el color para dar cuenta de la radiación térmica.

Preguntómetro

¿Qué tanto sabes sobre radiación térmica?

¿Por qué sentimos calor cuando nos ponemos bajo el sol, pero no cuando estamos frente a un espejo que refleja la misma luz solar?

¿Si tocas una silla de metal y otra de plástico expuestas al sol, ¿por qué la de metal se siente más caliente? ¿Ambos están a la misma temperatura?

¿Cómo explicarías que una fogata no caliente incluso si estamos a varios metros de distancia?

Sobre invisibilidad de la radiación térmica

"Un radiador eléctrico puede calentar una habitación sin brillar como un foco. ¿Cómo es posible que algo 'invisible' transmita calor?"

¿Por qué algunas serpientes pueden 'ver' el calor de sus presas en la oscuridad? ¿Qué tipo de radiación detectan?

¿Por qué algunos objetos se sienten más calientes al tocarlos?

¿Por qué no vemos la radiación térmica aunque la sentimos?

¿El calor del sol viaja por el espacio vacío, ¿qué medio lo transporta? ¿O caso no necesita uno?

¿Dónde se detecta la radiación térmica? ¿En qué casos es el más útil?

Sobre color y radiación:

¿Por qué los autos negros se calientan más al sol que los blancos, si ambos reciben la misma luz?

En un día frío, ¿por qué preferimos usar ropa oscura en lugar de blanca? ¿Tiene esto que ver con la radiación?

Si el carbón al rojo vivo emite luz, ¿por qué deja de brillar cuando se enfría pero sigue quemando al tocarlo?

Los termómetros infrarrojos miden temperatura sin contacto. ¿Qué tipo de energía están detectando?

Registro de experiencias y discusiones por grupo

Pregunta de la tarjeta	Percepción (¿Qué es lo que se siente?)	Explicación (¿Qué creemos que ocurre?)	Comentarios y aportes del grupo
¿Por qué algunos objetos se sienten más calientes al tocarlos?	Siento que algunos se calientan más rápido en la piel.	Más que otros materiales absorben o transmiten el calor más fácilmente.	Dijimos ejemplos: metal vs plástico, la tierra y el agua también reciben.
¿Por qué no vemos la radiación térmica aunque la sentimos?	No la veo, solo noto calor.	Parece que emite en longitudes que el ojo no detecta.	Recordamos que medimos más como el termómetro si es la intención.
¿El calor del objeto afecta cuánto se calienta?	Los objetos oscuros se sienten más calientes.	Más que el calor absorbe más radiación y el color la refleja.	Ejemplo: asfalto negro vs camisa blanca bajo el sol.
¿Puede un objeto "no brillante" seguir emitiendo calor?	Sí, o veces no brillo pero sigue caliente al tocarlo.	Por que sigue emitiendo radiación térmica aunque no emita luz visible.	Ejemplo un carbón que ya no brillo pero que sigue caliente.
¿Por qué algunos materiales parecen transmitir más el calor que otros?	Siento que el metal transmite el calor más rápido.	Porque algunos materiales transmiten mejor la radiación térmica.	Recordamos que por eso los platos de metal se calientan más rápido que una de madera.

A partir de los anterior, queremos conocer a que conclusiones hemos podido llegar al asociar la radiación térmica con fenómenos de la cotidianidad. Para concretar las ideas que hemos recogido

Pregunta	Reflexión
¿Qué diferencias notas entre lo que sientes y lo que crees que ocurre con la radiación térmica?	Senti calor en la piel, pero creo ahora que muchas veces lo que sentimos no coincide con lo que vemos: un objeto puede emitir calor sin emitir luz visible.
¿Cómo te ayuda la experiencia del juego a entender mejor qué es la radiación térmica?	Me ayuda a distinguir entre sensación (lo que percibo) y medición (lo que registra el termómetro); entendi que la radiación está aunque no la veamos.
¿Qué preguntas investigativas te gustaría explorar más sobre este tema?	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo afecta exactamente el color y la textura a la absorción de radiación? • ¿Qué instrumentos miden radiación térmica y cómo funcionan?

Momento 2: Experimento - "El misterio del calor invisible"

Propósito: Cuestionar la asociación directa entre luz visible y calor, explorando el misterio de los fenómenos donde el calor es perceptible pero la luz visible no está presente.

Después de analizar con detenimiento el momento 1 de la práctica, plantea tu respuesta a la siguiente pregunta:

"Imaginen un carbón que dejó de brillar al rojo vivo, pero sigue quemando al tocarlo. ¿Cómo es posible?"

Respuesta:
Porque el carbón sigue emitiendo radiación térmica aunque la emisión de luz visible haya disminuido; su temperatura sigue siendo alta.

Ahora es necesario, reunimos nuevamente en grupos para compartir nuestros hallazgos. Posterior a esto responde desde lo que hemos construido hasta este momento:

Colegio Santa Luisa	Guía de aprendizaje	Área: Ciencias Naturales
Grado 10	Construcción y experimentación con el prototipo de medición de radiación térmica casero.	Duración 2 Sesiones (4 horas)

Nombre: Gabriela Amato - Gica Basso - Gabriel Vargas - Juan Sebastian Rojas Fecha: 12 septiembre Curso: 10-B Sesión:

Objetivo: Construcción del prototipo y su calibración para la medición de radiación térmica de distintos tipos de fuentes (microondas, luz solar, láser y linterna) analizando cómo la instrumentación transforma la comprensión del fenómeno.

Durante la sesión anterior, hemos estado observando algunas evidencias de la radiación térmica, así damos cuenta que, por ejemplo, el color negro absorbe mayor radiación que el color blanco. De igual manera, se ha revisado que la radiación térmica puede ser un fenómeno que es invisible. Pero será que ¿Podemos medir lo invisible? Y si es así ¿Cómo podremos hacerlo?

Preguntas desencadenantes:

¿Qué es el calor para ti?

Para mí, el calor es la energía que se transmite entre objetos por diferencia de temperatura y que podemos sentir como aumento de temperatura.

¿Sabes por qué sientes el calor de una fuente luminosa (por ejemplo, el sol)?

Porque el sol emite radiación en muchas longitudes de onda que es absorbida por mi piel y se transforma en energía térmica.

¿Alguna vez te has preguntado por qué el calor puede propagarse sin necesidad de contacto directo?

Sí, porque existe la radiación que transmite energía en forma de ondas y no necesita contacto ni un medio material.

¿El calor siempre va acompañado de luz?	No. Hay fuentes que emiten luz y calor como una vela, y otras que emiten calor sin luz visible como un objeto caliente en la noche.
¿Podemos sentir calor sin ver su fuente?	Sí, por ejemplo al acercarnos a una estufa que está detrás de una pared delgada o al sentir el calor del sol aunque no veamos directamente la superficie que lo emite.

Momento 3: Demostración con termómetro infrarrojo: Medir la temperatura de una bombilla apagada pero caliente y para otra medición un trozo de metal negro al sol vs. uno blanco.

Registrar datos en la Tabla 1:

Objeto	Temperatura (°C)	¿Emite luz visible?	¿Se siente calor?
Bombilla apagada	45°C	No	Sí
Metal negro	60°C	No	Sí

Metal blanco 45°C
¿Qué nos dice esto sobre la relación entre lo que vemos y lo que medimos? (Si (menos que el negro))

Que la luz visible y la radiación térmica no son lo mismo: un objeto puede estar caliente sin emitir luz visible. La medición con termómetro IR revela energía que el ojo no detecta.

¿Cómo explicarían ahora la radiación térmica?

La radiación térmica es energía emitida por todos los cuerpos en forma de ondas (principalmente infrarrojas); esa energía calienta otros cuerpos aunque no produzca luz visible.

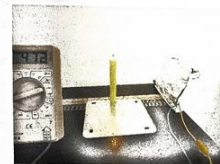
En esta parte, realizaremos la construcción de un instrumento que nos ayude a medir lo invisible. Buscaremos la forma en cómo podemos medir la radiación por medio de la ciencia y un poco de curiosidad.

¿Qué necesitas? - Montaje del Prototipo de Medición de radiación térmica

- Papel aluminio liso (10cm x 10cm)
- Pintura negra mate (tempera o acrílica)
- Resistencia NTC (Negative Temperature Coefficient - termorresistencia)
- Multímetro digital
- Fuente de calor (vela, fósforo, carbón encendido)
- Termómetro infrarrojo digital
- Soportes para fijar papel y resistencia
- Cronómetro
- Hojas para anotación y tablas.

Diagrama del bolómetro

Momento 1: Fuente de Luz → Papel aluminio → Resistencia NTC → Multímetro (Medición)



Momento 2: Fuente de Luz → Papel aluminio negro → Resistencia NTC → Multímetro (Medición)



¿Cómo lo haremos?

Prepararemos el papel aluminio, para ello cortamos las láminas 5x5 cm e intentamos que no se arrugue en el proceso (primer momento con papel aluminio sin pintar y segundo momento con pintura negra mate).

Colocaremos la resistencia NTC (4.72 k Ω) entre dos láminas de papel aluminio. Debemos tener cuidado al momento de colocarla. Los extremos de metal no pueden tocar las hojas de aluminio.

Conectar la resistencia al multímetro para medir la resistencia eléctrica cada segundo durante 10 segundos.

Calentar la lámina con una fuente de calor (vela o carbón) a una distancia fija de 1 cm sin que haya contacto directo con la fuente de calor.

Registrar los valores de resistencia y temperatura de la lámina de aluminio con el termómetro infrarrojo en la tabla.

Repetir la medición para papel aluminio sin pintar y luego con pintura negra.

Para poder registrar cada uno de nuestros hallazgos, haremos uso de la siguiente tabla la cual nos servirá como apoyo en todo lo que podamos describir y decir. Además, encontraremos algunas preguntas que nos pueden guiar en ayudarnos a entender a cerca de la radiación térmica.

FORMATO DE REGISTRO DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO (CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE MEDICIÓN DE RADIACIÓN TÉRMICA)	
Nombres y Apellidos	Gabriela Carrasco, Eva Bravo, Gabriel Vargas, Juan Sebastian Torres.
Fecha:	

Pregunta de indagación (Escribe con tus palabras qué pregunta guio este experimento)	¿Cómo podemos medir la radiación térmica de diferentes fuentes (y compararla que existe aunque no se vea) usando un prototipo casero con una resistencia NTC y papel aluminio?
Hipótesis (Escribe lo que crees que va a ocurrir con el papel aluminio cuando se exponga a la fuente de luz)	El papel aluminio pintado de negro absorberá más radiación que el papel aluminio sin pintar, por lo que la resistencia que disminuya más rápido y la temperatura registrada será mayor en el aluminio negro.

DESCRIPCIÓN	REGISTRO DE OBSERVACIONES	
	Momento 1	Momento 2
Sube una foto o dibuja el montaje experimental en el momento 1 y momento 2		

REGISTRO DE OBSERVACIONES - TABLA MOMENTO 1 (Resistencia)

Tiempo (segundos)	Valor de la resistencia (Ohms)	Temperatura (°C)	Observaciones
0	4920	24.0	Inicio, todo en reposo
1	4716	24.2	Leve aumento
2	4712	24.4	Cambio mínimo
3	4708	24.6	Sube lentamente
4	4705	24.8	Poca variación
5	4702	25.0	Empieza a notarse
6	4699	25.4	Variación leve
7	4696	25.6	Poco aumento
8	4693	25.8	La temperatura sigue subiendo
9	4690	26.0	Varia bastante en la resistencia
10	4683	26.2	Fin con cambio medio bajo

TABLA MOMENTO 2 (Resistencia y aluminio)

Tiempo (segundos)	Valor de la resistencia (Ohms)	Temperatura (°C)	Observaciones
0	4920	24.0	Inicio frío
1	4910	25.0	Aumento un poco
2	4700	26.0	Subida constante
3	4688	27.0	Se nota más calor
4	4675	28.0	Temperatura sube
5	4660	29.0	Resistencia baja
6	4645	29.8	Incremento visible
7	4635	30.4	Más calor en lámina
8	4625	30.8	Poco estable
9	4618	31.2	Se nota bastante Resistencia
10	4610	31.5	Resistencia bastante disminuida

TABLA MOMENTO 3: (Resistencia y papel aluminio pintado de negro)

Tiempo (segundos)	Valor de la resistencia (Ohm's)	Temperatura (°C)	Observaciones
0	4920	24.0	Inicio frío
1	4890	26.5	Subida rápida
2	4660	29.0	Aumento notable
3	4675	31.0	Temperatura alta
4	4580	32.0	Aumento medio calor
5	4520	34.8	Resistencia baja más
6	4480	36.0	Calentamiento fuerte
7	4440	36.8	Subida notoria
8	4410	37.5	Casi al máximo
9	4290	37.8	Alta absorción
10	4235	38.2	Temperatura final alta

RESULTADOS

Describe qué ocurrió durante el experimento y los cambios observados:
En el montaje la resistencia NTC disminuyó conforme aumento la temperatura. El papel aluminio pintado de negro mostró el mayor aumento de temperatura y la mayor caída de resistencia; el papel sin pintar tuvo un aumento moderado el resto solo presentó el menor cambio.

Montaje	¿Cómo cambió la resistencia al aumentar la temperatura?	¿Qué impacto tuvo la pintura negra en el papel aluminio como material absorbente?	¿Se puede establecer alguna relación de la fuente de luz, y los resultados obtenidos con la resistencia y la temperatura?
1	La resistencia bajó lentamente mientras la temperatura subió solo un poco.	No había pintura negra por eso la absorción fue baja y los cambios de temperatura fueron mínimos.	Si la fuente de calor tiene un efecto en la temperatura y disminuye la resistencia, aunque no de forma muy marcada.
2	La resistencia bajó más rápido porque el montaje con aluminio tuvo más calor.	Se comprobó que el papel aluminio negro absorbe más radiación que el aluminio normal.	Si la fuente de calor aumenta la temperatura del aluminio y absorbe más radiación resulta la resistencia del sensor bajo de manera más notable.

ANÁLISIS DE LA PRÁCTICA

PREGUNTA	TU RESPUESTA
¿Qué relación encuentras entre la variación de la resistencia y la temperatura?	Relación inversamente proporcional, al aumentar la temperatura disminuye la resistencia.
¿Por qué es importante usar un material absorbente oscuro para medir radiación?	Porque absorbe más radiación y refleja menos, lo que aumenta la señal y mejora la sensibilidad del montaje.
¿Cómo afecta la distancia entre la fuente de calor y el bolómetro a la medición?	A mayor distancia la radiación que llega disminuye; si la distancia aumenta, los cambios de temperatura y resistencia son menores.
¿Qué errores o dificultades encontraste durante el experimento?	<ul style="list-style-type: none"> Mantener la distancia fija. Evitar contacto directo entre la fuente y el sensor. Evitar atascos en el aluminio que cambien la absorción.
¿Cómo relacionas la radiación térmica con la luz visible emitida por la fuente?	A veces van juntas, pero muchas veces hay radiación sin luz visible; la radiación térmica se detecta por temperatura, no por brillo.
¿Qué mejoras propondrías al montaje experimental?	<ul style="list-style-type: none"> Usar papeles negros y voladores de distancia. Calibrar la NTC con temperaturas conocidas.

	• Añadir un blindaje para evitar corrientes de aire.
¿Tu hipótesis inicial fue correcta? ¿Por qué sí o por qué no?	Sí. El papel aluminio pintado de negro absorbió más radiación y produjo mayor subida de temperatura y mayor caída de la resistencia.

Dinámica de socialización: Trabajamos en grupos pequeños para comparar resultados y discutir posibles fuentes de error (distancia, tiempo de exposición, condiciones ambientales). Posteriormente presentamos conclusiones breves al grupo completo.

¿Qué es lo que tratamos de entender? Escribe en esta parte lo que has aprendido y que puedes decir ahora sobre la radiación térmica.

Aprendimos que la radiación térmica es energía que emiten todos los cuerpos aunque no se vea; que se puede medir con sensores eléctricos; y que propiedades como el color, el material y la distancia afectan cuánto calor se absorbe y, por tanto, los resultados experimentales.

- Grupo 2 (Guías de aprendizaje 1 y 2) - Scanner de las guías. Fuente Propia, programa utilizado CamScanner.

2

Colegio Santa Lúvia	Guía de aprendizaje	Área: Ciencias Naturales
Grado 10 ^o	SENSIBILIZACIÓN SOBRE RADIACIÓN	Asignatura - Física
Docente: Johnny Florez Tovar	TÉRMICA Y FENÓMENOS COTIDIANOS	Duración: 1 Sesión (110 minutos)

Nombre: Cabral, Erika, Joha, Helem, Jhonatan, Jhoan, Gerson, Soledad y Ana María
 Fecha: 08/02/23 Curso: 10^o Sesión: _____

Objetivo: Establecer conexiones entre el concepto de radiación térmica y experiencias cotidianas (sol, fogatas, objetos calientes) utilizando estrategias orientadas a la fenomenología del cuerpo negro para activar conocimientos previos y generar preguntas investigativas.

¿Sabías que?

¿Sabías que todo lo que nos rodea, incluso los objetos que no parecen calientes emiten una forma de energía invisible llamada radiación térmica? Por ejemplo, el sol, una fogata o incluso una lámpara apagada que sigue caliente, están constantemente emitiendo esta radiación. Aunque no la podemos ver, esta energía calienta nuestro cuerpo y el ambiente a nuestro alrededor.

En esta sesión vamos a entender cómo funciona el calor y cómo se relaciona con un tipo de energía invisible llamada radiación térmica. Aprenderemos a diferenciar entre lo que sentimos y lo que podemos medir, para que desde nuestra experiencia diaria comprendamos este fenómeno tan importante.

Materiales

- (Imágenes del sol, fogatas y electrodomésticos)

¿Qué tienen en común estas imágenes?

¡NO LO DIGAS SOLO PIENSA, Y PREPÁRATE PARA IMAGINAR, PENSAR Y REFLEXIONAR!

- Termómetros infrarrojos**
- Tarjetas con preguntas problematizadoras:** Se dividen en 3 subgrupos, abordando características intuitivas sobre la radiación.

Sobre percepción y experiencia: Los estudiantes responden las preguntas de las tarjetas, se hace registro en el papelógrafo bajo dos categorías: "Percepción" (lo que sienten) y "Explicación" (Lo que creen que ocurre).

Para ello se realiza una división por grupos de 4 integrantes. Las tarjetas se encuentran divididas en tres subgrupos. El primer subgrupo que relaciona la percepción y sensación sobre conceptos relacionados con radiación (calor, diferencias de material). Un segundo grupo de tarjetas que contiene preguntas problematizadoras acerca de la invisibilidad de la radiación térmica y finalmente el tercer subgrupo que habla sobre el color y la radiación.

La dinámica consiste en que cada estudiante toma una tarjeta, e intenta dar respuesta de la pregunta que aparece en la misma. Inicialmente el estudiante de forma individual contesta la pregunta, para posteriormente compartir su respuesta o hallazgo con el resto de los integrantes del grupo. En este momento de diálogo, se realiza la invitación a los demás compañeros a compartir sugerencias, complementar o adicionar cualquier opinión que exprese su perspectiva sobre la pregunta. El segundo grupo de tarjetas hace referencia a la necesidad de pensarse la radiación no solamente como producto de una fuente calor que brilla, si no también que puede provenir de una fuente calor que no necesariamente "brilla" a nuestros ojos. El tercer grupo de tarjetas reconoce la importancia de elementos como el color para dar cuenta de la radiación térmica.

Registro de experiencias y discusiones por grupo

Pregunta de la tarjeta	Percepción (¿Qué es lo que se siente?)	Explicación (¿Qué creemos que ocurre?)	Comentarios y aportes del grupo
¿Por qué los autos negros se calientan más al sol que los blancos?	Calor	Lo que ocurre es que el color negro absorbe más energía que el color blanco, no la refleja como el blanco.	Por lo tanto los colores oscuros tienen mayor absorción.
¿Por qué algunas se pegan mucho al calor de las freidoras o la estufa?	Calor	Lo que ocurre es que la energía de los rayos infrarrojos que es el calor que genera las freidoras o las estufas.	Esto hace que puedan cazar animales aunque parezca apagado, el carbon se puede quemar.
¿Por qué el carbon al rojo vivo emite luz pero al dejar de brillar casi se enfría? Pero sigue brillando al tacto?	Calor	Lo que ocurre es que el carbon al rojo vivo emite radiación térmica que es la que genera el calor que sentimos al tacto.	Sin comentarios.
¿Cómo sabemos que los objetos que no parecen calientes emiten radiación térmica?	Calor	Los termómetros infrarrojos detectan la radiación térmica que emiten los objetos que no parecen calientes.	pero aun así esos partículas emiten calor.

A partir de los anterior, queremos conocer a que conclusiones hemos podido llegar al asociar la radiación térmica con fenómenos de la cotidianidad. Para concretar las ideas que hemos recogido desde el dialogo grupal, respondemos a modo de reflexión final las siguientes preguntas

Pregunta	Reflexión
¿Qué diferencias notas entre lo que sentimos y lo que crees que ocurre con la radiación térmica?	Notamos que la radiación térmica no es visible, es invisible a simple vista pero sentimos que los objetos al estar calientes generan calor.
¿Cómo le ayuda la experiencia del juego a entender mejor qué es la radiación térmica?	El juego nos da ejemplos sobre la radiación térmica y nos ayuda a reconocerla.
¿Qué preguntas investigativas te gustaria explorar más sobre este tema?	¿Cuál es la relación entre la energía termonuclear y la radiación térmica?

Momento 2: Experimento - "El misterio del calor invisible"

Propósito: Cuestionar la asociación directa entre luz visible y calor, explorando el misterio de los fenómenos donde el calor es perceptible pero la luz visible no está presente.

Después de analizar con detenimiento el momento 1 de la práctica, plantea tu respuesta a la siguiente pregunta:

"Imaginen un carbón que tiene un hilo al rojo vivo, pero sigue quemando al tocarlo. ¿Cómo es posible?"

Respuesta: cuando que aunque el carbon ya no este rojo todavia sigue habiendo partículas activas y en movimiento dentro de el carbon.

Ahora es necesario, reunimos nuevamente en grupos para compartir nuestros hallazgos. Posterior a esto responde desde lo que hemos construido hasta este momento.

¿El calor siempre va acompañado de luz?	No siempre porque un ejemplo claro es la noche de Arabia Saudita ya que se puede hacer calor y no da luz
¿Podemos sentir calor sin ver su fuente?	Si claro ya que por la noche se puede sentir el calor pero sin ver su fuente

Momento 3: Demostración con termómetro infrarrojo: Medir la temperatura de una bombilla apagada pero caliente y para otra medición un trozo de metal negro al sol vs. uno blanco.

Registrar datos en la Tabla 1:

Objeto	Temperatura (°C)	¿Emite luz visible?	¿Se siente calor?
Bombilla apagada	15.2°C	No	Si, captan radiación
Metal negro	20.4°C	No	Si, captan radiación

“¿Qué nos dice esto sobre la relación entre lo que vemos y lo que medimos?”

Que al ojo humano la radiación no es totalmente visible.

“¿Cómo explicarían ahora la radiación térmica?”

La radiación térmica es emitida por cualquier cosa y su emisor suele ser una fuente de luz

Colegio Santa Luisa	Guía de aprendizaje	Area: Ciencias Naturales
Grado 10	Construcción y experimentación con el prototipo de medición de radiación térmica casero.	Duración 2 Sesiones (4 horas)

Nombre: Gabriel Endara, Joha Herrera, Andres Navea, Guillermo Suarez / Ana Tello
 Fecha: 12/09/2025 Curso: 10B Sesión: _____

Objetivo: Construcción del prototipo y su calibración para la medición de radiación térmica de distintos tipos de fuentes (microondas, luz solar, láser y linterna) analizando cómo la instrumentación transforma la comprensión del fenómeno

Durante la sesión anterior, hemos estado observando algunas evidencias de la radiación térmica, así damos cuenta que, por ejemplo, el color negro absorbe mayor radiación que el color blanco. De igual manera, se ha revisado que la radiación térmica puede ser un fenómeno que es invisible. Pero será que ¿Podemos medir lo invisible? Y si es así ¿Cómo podremos hacerlo?

Preguntas desencadenantes:

¿Qué es el calor para ti?

Para nosotros el calor es una sensación que se da con el choque de partículas (átomos).

¿Sabes por qué sientes el calor de una fuente luminosa (por ejemplo, el sol)?

Porque por el choque de partículas está generando energía y por la fricción se siente calor.

¿Alguna vez te has preguntado por qué el calor puede propagarse sin necesidad de contacto directo?

Por la radiación térmica que tienen los objetos.

En esta parte, realizaremos la construcción de un instrumento que nos ayudará a medir lo invisible. Buscaremos la forma en cómo podemos medir la radiación por medio de la ciencia y un poco de curiosidad.

¿Qué necesitas? - Montaje del Prototipo de Medición de radiación térmica

- Papel aluminio liso (10cm x 10cm)
- Pintura negra mate (tempera o acrílica)
- Resistencia NTC (Negative Temperature Coefficient - termoresistencia)
- Multímetro digital
- Fuente de calor (vela, fósforo, carbón encendido)
- Termómetro infrarrojo digital
- Soportes para fijar papel y resistencia
- Cronómetro
- Hojas para anotación y tablas.

Diagrama del bolómetro

Momento 1: Fuente de Luz → Papel aluminio → Resistencia NTC → Multímetro (Medición)



Momento 2 Fuente de Luz → Papel aluminio negro → Resistencia NTC → Multímetro (Medición)



¿Cómo lo haremos?

Prepararemos el papel aluminio, para ello cortamos las láminas 5x5 cm e intentamos que no se arrugue en el proceso (primer momento con papel aluminio sin pintar y segundo momento con pintura negra mate).

Colocaremos la resistencia NTC (4.72kΩ) entre dos láminas de papel aluminio. Debemos tener cuidado al momento de colocarla. Los extremos de metal no pueden tocar las hojas de aluminio.

Conectar la resistencia al multímetro para medir la resistencia eléctrica cada segundo durante 10 segundos.

Calentar la lámina con una fuente de calor (vela o carbón) a una distancia fija de 1 cm sin que haya contacto directo con la fuente de calor.

Registrar los valores de resistencia y temperatura de la lámina de aluminio con el termómetro infrarrojo en la tabla.

Repetir la medición para papel aluminio sin pintar y luego con pintura negra.

Para poder registrar cada uno de nuestros hallazgos, haremos uso de la siguiente tabla la cual nos servirá como apoyo en todo lo que podamos describir y decir. Además, encontraremos algunas preguntas que nos pueden guiar en ayudarnos a entender a cerca de la radiación térmica.

FORMATO DE REGISTRO DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO (CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE MEDICIÓN DE RADIACIÓN TÉRMICA)	
Nombres y Apellidos	Gabriel Endara, Joha Herrera, Andres Navea, Guillermo Suarez y Ana Tello
Fecha:	12 de Septiembre de 2025

Pregunta de indagación (Escribe con tus palabras qué pregunta guio este experimento)	¿Cómo podemos medir la radiación térmica en distintos tipos de fuentes?
Hipótesis (Escribe lo que crees que va a ocurrir con el papel aluminio cuando se exponga a la fuente de luz)	El papel aluminio negro absorberá más radiación que el que no está pintado por tanto la temperatura registrada en el aluminio negro será mayor.

DESCRIPCIÓN	REGISTRO DE OBSERVACIONES	
	Momento 1	Momento 2
Sube una foto o dibuja el montaje experimental en el momento 1 y momento 2		

REGISTRO DE OBSERVACIONES - TABLA MOMENTO 1 (Resistencia)

Tiempo (segundos)	Valor de la resistencia (Ohms)	Temperatura (°C)	Observaciones
0	4720	24.0	inicio, todo en reposo
1	4716	24.3	leve aumento
2	4772	24.5	como sigue
3	4708	24.8	se va aumentando
4	4703	25.0	pero variable
5	4702	25.4	empieza a notarse
6	4696	25.6	variación libre
7	4693	25.8	pero constante
8	4690	26.0	la temperatura sigue subiendo
9	4686	26.2	variación libre en la temperatura
10	4684	26.4	Empieza a bajar un poco

TABLA MOMENTO 2 (Resistencia y aluminio)

Tiempo (segundos)	Valor de la resistencia (Ohms)	Temperatura (°C)	Observaciones
0	4720	24,0	Inicio filo
1	4716	25,0	Aumentar un poco
2	4700	26,0	Subir a conduct
3	4688	27,0	se nota mas calor
4	4675	28,0	Temperatura sube
5	4660	29,0	Resistencia baja
6	4645	29,8	Incremento visible
7	4635	30,4	Muy calor en la zona
8	4625	30,8	Calor estables
9	4615	31,2	Subir bastante resistencia
10	4610	31,5	Mayor temperatura aluminio

TABLA MOMENTO 3: (Resistencia y papel aluminio pintado de negro)

Tiempo (segundos)	Valor de la resistencia (Ohm si)	Temperatura (°C)	Observaciones
0	9720	24,0	Inicio filo
1	9690	26,5	Subir a código
2	9660	29,0	aumento bastante
3	9625	31,0	temperatura alta
4	9580	33,0	Absorbe mucho calor
5	9530	34,2	Resistencia baja más
6	9480	35,0	Calentamiento fuerte
7	9446	36,8	El filo comienza a girar
8	9410	37,5	Calor notable
9	9376	37,8	Alta absorción
10	9375	38,2	Temperatura real

RESULTADOS			
Describe qué ocurrió durante el experimento y los cambios observados en el montaje. La resistencia NTC disminuye conforme aumenta la temperatura. El papel aluminio pintado negro absorbe más calor que el aluminio pintado negro. La resistencia y la temperatura del sensor NTC presentan una relación inversa.			
Montaje	¿Cómo cambió la resistencia al aumentar la temperatura?	¿Qué impacto tuvo la pintura negra en el papel aluminio como material absorbente?	¿Se puede establecer alguna relación de la fuente de luz, y los resultados obtenidos con la resistencia y la temperatura?
1	La resistencia baja a medida que la temperatura sube un poco.	La resistencia baja a medida que la temperatura sube un poco.	Si, la fuente de calor hizo que la resistencia del sensor NTC disminuya a medida que la temperatura sube.
2	La resistencia baja a medida que la temperatura sube un poco.	La resistencia baja a medida que la temperatura sube un poco.	Si, la fuente de calor hizo que la resistencia del sensor NTC disminuya a medida que la temperatura sube.

ANÁLISIS DE LA PRÁCTICA	
PREGUNTA	TU RESPUESTA
¿Qué relación encuentras entre la variación de la resistencia y la temperatura?	Relación inversa. A medida que la temperatura aumenta la resistencia disminuye.
¿Por qué es importante usar un material absorbente oscuro para medir radiación?	Porque absorbe más radiación y refleja menos, lo que aumenta la sensibilidad al montaje.
¿Cómo afecta la distancia entre la fuente de calor y el bolómetro a la medición?	A mayor distancia la radiación que llega al bolómetro es menor, por lo tanto la resistencia aumenta y la temperatura y la resistencia son inversas.
¿Qué errores o dificultades encontraste durante el experimento?	El sensor NTC está muy cerca de la fuente de calor, lo que puede afectar la medición.
¿Cómo relacionas la radiación térmica con la luz visible emitida por la fuente?	A mayor temperatura, la radiación térmica aumenta y la luz visible emitida por la fuente también aumenta.
¿Qué mejoras propondrías al montaje experimental?	Usar un sensor NTC más lejos de la fuente de calor y usar un material absorbente más oscuro.

¿Tu hipótesis inicial fue correcta? ¿Por qué sí o por qué no?	Sí, el papel aluminio pintado de negro absorbe más calor que el aluminio pintado negro, lo que hace que la resistencia del sensor NTC disminuya a medida que la temperatura aumenta.
---	--

Dinámica de socialización: Trabajamos en grupos pequeños para comparar resultados y discutir posibles fuentes de error (distancia, tiempo de exposición, condiciones ambientales). Posteriormente presentamos conclusiones breves al grupo completo.

¿Qué es lo que tratamos de entender? Escribe en esta parte lo que has aprendido y que puedes decir ahora sobre la radiación térmica.

Aprendimos que la radiación térmica es energía que emiten todos los cuerpos cuando se vea que se puede lograr medir a partir de sensores electrónicos y que las propiedades como son el calor, el material y la distancia afectan directamente la absorción y por tanto los resultados experimentales y que el calor de un objeto puede influir mucho en la cantidad de calor, así como vimos con el carbón y la diferencia del aluminio y el aluminio negro.

- Grupo 3 (Guías de aprendizaje 1 y 2) - Scanner de las guías. Fuente Propia, programa utilizado CamScanner.

Colegio Santa Luisa	Guía de aprendizaje	Área: Ciencias Naturales Asignatura - Física
Grado 10° Docente: Jhonny Flórez Tovar	SENSIBILIZACIÓN SOBRE RADIACIÓN TÉRMICA Y FENÓMENOS COTIDIANOS	Duración 1 Sesión (110 minutos)

Nombre: Juliana Guerrero - Sofía Jofre - Hugo V. Torres - María José Torres
Fecha: _____ Curso: 10B Sesión: _____

Objetivo: Establecer conexiones entre el concepto de radiación térmica y experiencias cotidianas (sol, fogatas, objetos calientes) utilizando estrategias cercanas a la fenomenología del cuerpo negro para activar conocimientos previos y generar preguntas investigativas.

¿Sabías que?

¿Sabías que todo lo que nos rodea, incluso los objetos que no parecen calientes emiten una forma de energía invisible llamada radiación térmica? Por ejemplo, el sol, una fogata o incluso una lámpara apagada que sigue caliente, están constantemente emitiendo esta radiación. Aunque no la podamos ver, esta energía calienta nuestro cuerpo y el ambiente a nuestro alrededor.

En esta sesión vamos a entender cómo funciona el calor y cómo se relaciona con un tipo de energía invisible llamada radiación térmica. Aprenderemos a diferenciar entre lo que sentimos y lo que podemos medir, para que desde nuestra experiencia diaria comprendamos este fenómeno tan importante.

Materiales

- (Imágenes del sol, fogatas y electrodomésticos)

¿Qué tienen en común estas imágenes?

¡NO LO DIGAS SOLO PIENSALO, Y PREPARATE PARA IMAGINAR, PENSAR Y REFLEXIONAR!

conduccion térmica que emite.

- Termómetros infrarrojos
- Tarjetas con preguntas problematizadoras: Se dividen en 3 subgrupos, abordando características intuitivas sobre la radiación.

Sobre percepción y experiencia: Los estudiantes responden las preguntas de las tarjetas, se hace registro en el papelógrafo bajo dos categorías: "Percepción" (lo que sienten) y "Explicación" (Lo que creen que ocurre).

Para ello se realiza una división por grupos de 4 integrantes. Las tarjetas se encuentran divididas en tres subgrupos. El primer subgrupo que relaciona la percepción y sensación sobre conceptos relacionados con radiación (calor, diferencias de material). Un segundo grupo de tarjetas que contiene preguntas problematizadoras acerca de la invisibilidad de la radiación térmica y finalmente el tercer subgrupo que habla sobre el color y la radiación.

La dinámica consiste en que cada estudiante toma una tarjeta, e intenta dar respuesta de la pregunta que aparece en la misma. Inicialmente el estudiante de forma individual contesta la pregunta, para posteriormente compartir su respuesta o hallazgo con el resto de los integrantes del grupo. En este momento de diálogo, se realiza la invitación a los demás compañeros a compartir sugerencias, complementar o adicionar cualquier opinión que exprese su perspectiva sobre la pregunta. El segundo grupo de tarjetas hace referencia a la necesidad de pensarse la radiación no solamente como producto de una fuente calor que brilla, si no también que puede provenir de una fuente calor que no necesariamente "brilla" a nuestros ojos. El tercer grupo de tarjetas reconoce la importancia de elementos como el color para dar cuenta de la radiación térmica.

Preguntómetro

¿Qué tanto sabes sobre radiación térmica?

¿Por qué sentimos calor cuando nos ponemos bajo el sol, pero no cuando estamos frente a un espejo que refleja la misma luz solar?

¿Cómo explicarías que una fogata nos calienta incluso si estamos a varios metros de distancia?

¿Cómo explicarías que un radiador eléctrico puede calentar una habitación sin brillar como un foco. ¿Cómo es posible que algo "invisible" transmita calor?

¿Por qué algunos serpientes pueden "ver" el calor de sus presas en la oscuridad? ¿Qué tipo de radiación detectan?

¿El calor del sol llega por el espacio vacío (qué medio lo transporta)? ¿Cómo nos calienta el sol?

Si el carbón al rojo vivo emite luz, ¿por qué deja de brillar cuando se enfría pero sigue quemando al tocarlo?

Los termómetros infrarrojos miden temperatura sin contacto. ¿Qué tipo de energía están detectando?

Registro de experiencias y discusiones por grupo

Pregunta de la tarjeta	Percepción (¿Qué es lo que se siente?)	Explicación (¿Qué creemos que ocurre?)	Comentarios y aportes del grupo
Si el carbón al rojo vivo emite luz, ¿por qué deja de brillar cuando se enfría pero sigue quemando al tocarlo?	Calor	Cuando los carbones se calientan, emiten luz roja, pero cuando se enfrían, solo emiten luz infrarroja que sentimos como calor.	
Los termómetros infrarrojos miden temperatura sin contacto. ¿Qué tipo de energía están detectando?	Calor	La que lo rodea, la que sentimos cuando tocamos algo que está caliente.	
¿Cómo explicarías que una fogata nos calienta incluso si estamos a varios metros de distancia?	Calor	Algunos serpiente pueden "ver" el calor de sus presas en la oscuridad. ¿Qué tipo de radiación detectan?	
¿Por qué sentimos calor cuando nos ponemos bajo el sol, pero no cuando estamos frente a un espejo que refleja la misma luz solar?	Calor	El calor que sentimos cuando nos ponemos bajo el sol es por la radiación térmica que emite el sol.	
¿Cómo explicarías que un radiador eléctrico puede calentar una habitación sin brillar como un foco. ¿Cómo es posible que algo "invisible" transmita calor?	Calor	Si por que los rayos infrarrojos transmiten el calor y eso que llega al cuerpo que está frío.	

A partir de los anterior, queremos conocer a que conclusiones hemos podido llegar al asociar la radiación térmica con fenómenos de la cotidianidad. Para concretar las ideas que hemos recogido desde el diálogo grupal, respondamos a modo de reflexión final las siguientes preguntas

Sobre invisibilidad de la radiación térmica

Un radiador eléctrico puede calentar una habitación sin brillar como un foco. ¿Cómo es posible que algo "invisible" transmita calor?

¿Por qué algunos serpientes pueden "ver" el calor de sus presas en la oscuridad? ¿Qué tipo de radiación detectan?

¿El calor del sol llega por el espacio vacío (qué medio lo transporta)? ¿Cómo nos calienta el sol?

Sobre color y radiación:

¿Por qué los autos negros se calientan más al sol que los blancos, si ambos reciben la misma luz?

En un día frío, ¿por qué preferimos usar ropa oscura en lugar de blanca? ¿Tiene esto que ver con la radiación?

¿El calor siempre va acompañado de luz?	No muchas veces hay cosas que emiten calor y luz como los velos y otros que transmiten calor como el carbón.
¿Podemos sentir calor sin ver su fuente?	Si como en una estufa o al sentir el calor del sol aunque no lo vemos directamente se logra emitir.

Momento 3: Demostración con termómetro infrarrojo: Medir la temperatura de una bombilla apagada pero caliente y para otra medición un trozo de metal negro al sol vs. uno blanco.

Registrar datos en la Tabla 1:

Objeto	Temperatura (°C)	¿Emite luz visible?	¿Se siente calor?
Bombilla apagada	45°C	NO	SI
Metal negro	60°C	NO	SI

¿Qué nos dice esto sobre la relación entre lo que vemos y lo que medimos?

Que la luz visible y la radiación térmica no son lo mismo. Un objeto puede estar caliente sin emitir luz visible, medida la temperatura con un termómetro de esta energía que se ve a simple vista.

¿Cómo explicarían ahora la radiación térmica?

La radiación térmica es energía emitida por todos los cuerpos en forma de ondas, esa energía calienta otros cuerpos sin necesidad de producir luz visible.

Pregunta	Reflexiona
¿Qué diferencias notas entre lo que sientes y lo que crees que ocurre con la radiación térmica?	Se logra sentir calor en el pie, pero lo que sentimos muchos veces no es igual a lo que vemos, un objeto puede emitir calor sin necesidad de verse.
¿Cómo te ayuda la experiencia del juego a entender mejor qué es la radiación térmica?	Ayuda a lograr distinguir entre lo que se ve y lo que se siente, radiación aunque esto no se puede ver.
¿Qué preguntas investigativas te gustaría explorar más sobre este tema?	¿Cómo podemos saber si un objeto está caliente sin tocarlo? ¿Qué hace que un objeto que está caliente se enfríe más rápido que otros?

Momento 2: Experimento - "El misterio del calor invisible"

Propósito: Cuestionar la asociación directa entre luz visible y calor, explorando el misterio de los fenómenos donde el calor es perceptible pero la luz visible no está presente.

Después de analizar con detenimiento el momento 1 de la práctica, plantea tu respuesta a la siguiente pregunta:

Imagina un carbón que dejó de brillar el rojo vivo, pero sigue quemando al tocarlo. ¿Cómo es posible?

Respuesta:
Ya que el carbón sigue emitiendo la radiación térmica así la emisión de luz visible haya bajado o no se vea, la temperatura sigue siendo alta.

Ahora es necesario, reunimos nuevamente en grupos para compartir nuestros hallazgos. Posterior a esto respondemos desde lo que hemos construido hasta este momento:

Colegio Santa Luisa	Guía de aprendizaje	Área Ciencias Naturales
Grado 10	Construcción y experimentación con el prototipo de medición de radiación térmica casero.	Duración 2 Sesiones (4 horas)

Nombre: Yuliana Vivanco - Mariana Tapa - Zuleika Sotoca - Helen Velasco Fecha: _____
Curso: 10B Sesión: _____

Objetivo: Construcción del prototipo y su calibración para la medición de radiación térmica de distintos tipos de fuentes (microondas, luz solar, láser y linterna) analizando cómo la instrumentación transforma la comprensión del fenómeno.

Durante la sesión anterior, hemos estado observando algunas evidencias de la radiación térmica, así damos cuenta que, por ejemplo, el color negro absorbe mayor radiación que el color blanco. De igual manera, se ha revisado que la radiación térmica puede ser un fenómeno que es invisible. Pero será que ¿Podemos medir lo invisible? Y si es así ¿Cómo podemos hacerlo?

Preguntas desencadenantes:

¿Qué es el calor para ti?

Es un tipo de energía que se siente cuando la temperatura de algo es muy elevada.

¿Sabes por qué sientes el calor de una fuente luminosa (por ejemplo, el sol)?

Por que el sol emite una radiación térmica que se transforma en calor.

¿Alguna vez te has preguntado por qué el calor puede propagarse sin necesidad de contacto directo?

Por la misma radiación térmica es que el calor logra propagarse.

En esta parte, realizaremos la construcción de un instrumento que nos ayude a medir lo invisible. Buscaremos la forma en cómo podemos medir la radiación por medio de la ciencia y un poco de curiosidad.

¿Qué necesitas? - Montaje del Prototipo de Medición de radiación térmica

- Papel aluminio liso (10cm x 10cm)
- Pintura negra mate (tempera o acrílica)
- Resistencia NTC (Negative Temperature Coefficient - termorresistencia)
- Multímetro digital
- Fuente de calor (vela, fósforo, carbón encendido)
- Termómetro infrarrojo digital
- Soportes para fijar papel y resistencia
- Cronómetro
- Hojas para anotación y tablas.

Diagrama del bolómetro

Momento 1: Fuente de Luz → Papel aluminio → Resistencia NTC → Multímetro (Medición)



Momento 2: Fuente de Luz → Papel aluminio negro → Resistencia NTC → Multímetro (Medición)



¿Cómo lo haremos?

Prepararemos el papel aluminio, para ello cortamos las láminas 5x5 cm e intentamos que no se arrugue en el proceso (primer momento con papel aluminio sin pintar y segundo momento con pintura negra mate).

Colocaremos la resistencia NTC (4.72 k Ω) entre dos láminas de papel aluminio. Debemos tener cuidado al momento de colocarla. Los extremos de metal no pueden tocar las hojas de aluminio.

Conectar la resistencia al multímetro para medir la resistencia eléctrica cada segundo durante 10 segundos.

Calentar la lámina con una fuente de calor (vela o carbón) a una distancia fija de 1 cm sin que haya contacto directo con la fuente de calor.

Registrar los valores de resistencia y temperatura de la lámina de aluminio con el termómetro infrarrojo en la tabla.

Repetir la medición para papel aluminio sin pintar y luego con pintura negra.

Para poder registrar cada uno de nuestros hallazgos, haremos uso de la siguiente tabla la cual nos servirá como apoyo en todo lo que podamos describir y decir. Además, encontraremos algunas preguntas que nos pueden guiar en ayudarnos a entender a cerca de la radiación térmica.

FORMATO DE REGISTRO DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO (CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE MEDICIÓN DE RADIACIÓN TÉRMICA)	
Names y Apellidos	Herni José Turpo, Zuhra Hanveta Salazar Heilen Velamata y Juliana Uvteros
Fecha:	12-September-2025

Pregunta de indagación (Escribe con tus palabras qué pregunta guio este experimento)	¿Cómo podríamos medir la radiación térmica en láminas y diferentes fuentes, poder comprobar que que cuando cambia la temperatura de un prototipo cambia con una resistencia NTC a nivel electrónico?
Hipótesis (Escribe lo que crees que va a ocurrir con el papel aluminio cuando se exponga a la fuente de luz)	El papel aluminio pintado de color negro absorberá más radiación que la resistencia NTC disminuyendo más rápido y la temperatura registrada será mayor en el aluminio negro.

REGISTRO DE OBSERVACIONES		
DESCRIPCIÓN	Momento 1	Momento 2
Sube una foto o dibuja el montaje experimental en el momento 1 y momento 2		

REGISTRO DE OBSERVACIONES - TABLA MOMENTO 1 (Resistencia)			
Tiempo (segundos)	Valor de la resistencia (Ohms)	Temperatura (°C)	Observaciones
*	096	23°	Inicio, todo en reposo
*	905	21°	Sube el valor de la resistencia
*	196	24°	Aumenta la temperatura y la resistencia.
*	55	24°	Baja ligeramente la resistencia.
*	50	24°	Baja poco a la vez.
*	67	23°	Disminuye lentamente la resistencia.
*	57	25°	Baja de nuevo y sube temperatura.
*	43	25°	Baja de nuevo se vuelve constante la resistencia.
*	45	25°	Aumenta la resistencia.
*	55	24°	Aumenta la resistencia lentamente.
*	64	27°	Aumenta la resistencia lentamente.

TABLA MOMENTO 2 (Resistencia y aluminio)			
Tiempo (segundos)	Valor de la resistencia (Ohms)	Temperatura (°C)	Observaciones
*	4720	25.0°	Inicio frío
*	4910	24.0°	Aumento disminuye
*	4700	27.0°	Aumenta la temperatura
*	44	20°	Baja de un momento muy considerable
*	462	27°	Vuelvo y sube
*	461	37°	Aumento de nuevo
*	46	35°	Aumento lentamente
*	50	27°	Disminuye
*	20	20°	Disminuye más
*	95	24°	Aumenta
*	30	30°	Aumento solo temperatura

TABLA MOMENTO 3: (Resistencia y papel aluminio pintado de negro)			
Tiempo (segundos)	Valor de la resistencia (Ohm's)	Temperatura (°C)	Observaciones
*	4720	24°	Inicio frío
*	30	30°	Subida rápida
*	34	25°	Disminución considerable notable
*	45	25°	Aumenta resistencia
*	702	25°	Aumenta y sigue constante la T.
*	80	25°	Disminuye un poco
*	25	27°	Aumenta un poco la temperatura
*	30	30°	Están igual
*	35	30°	Aumenta resistencia
*	55	30°	Aumenta la resistencia
*	40	30°	Disminuye lentamente

RESULTADOS		
Describe qué ocurrió durante el experimento y los cambios observados en el montaje de la resistencia NTC disipando calor en el aluminio pintado negro. ¿Cómo cambió la resistencia al aumentar la temperatura? ¿Se puede establecer alguna relación de la fuente de luz, y los resultados obtenidos con la resistencia y la temperatura?		
Montaje	¿Cómo cambió la resistencia al aumentar la temperatura?	¿Se puede establecer alguna relación de la fuente de luz, y los resultados obtenidos con la resistencia y la temperatura?
1	La resistencia baja bastante pero se va recuperando poco a poco.	No hay mucha resistencia en la lámina de aluminio cuando se calienta.
2	La resistencia baja un poco más pero se va recuperando poco a poco.	La temperatura de la lámina de aluminio cuando se calienta.

ANÁLISIS DE LA PRÁCTICA	
PREGUNTA	TU RESPUESTA
¿Qué relación encuentras entre la variación de la resistencia y la temperatura?	Relación inversamente proporcional, al aumentar la temperatura de más la resistencia.
¿Por qué es importante usar un material absorbente oscuro para medir radiación?	Porque absorbe más radiación y se calienta más, lo que permite la medición y medir la sensibilidad del montaje.
¿Cómo afecta la distancia entre la fuente de calor y el bolómetro a la medición?	A mayor distancia la radiación que llega disminuye y se reduce la resistencia por cambio de temperatura y resistencia por metros.
¿Qué errores o dificultades encontraste durante el experimento?	Algunos errores que se encontraron fue que el contacto entre la fuente de calor y el bolómetro se calentaba y se calentaba la resistencia.
¿Cómo relacionas la radiación térmica con la luz visible emitida por la fuente?	A veces, por ser un poco de radiación térmica, se calienta un poco más la lámina de aluminio y se calienta por temperatura, no por brillo.
¿Qué mejoras propondrías al montaje experimental?	Usar sensores más rápidos y mediciones de distancia - calibrar la temperatura.

Grupo 4 (Guías de aprendizaje 1 y 2) - Scanner de las guías. Fuente Propia, programa utilizado CamScanner.

Colegio Santa Luisa Grado 10° Docente: Jhonny Flórez Tovar Nombre: <u>Laura Oribe - Sarah Díaz - María Camila Díaz</u> Fecha: <u>08-09-25</u> Curso: <u>10B</u> Sesión: <u>1</u>	Guía de aprendizaje SENSIBILIZACIÓN SOBRE RADIACIÓN TÉRMICA Y FENÓMENOS COTIDIANOS	Área: Ciencias Naturales Asignatura - Física Duración 1 Sesión (110 minutos)
---	---	---

Objetivo: Establecer conexiones entre el concepto de radiación térmica y experiencias cotidianas (sol, fogatas, objetos calientes) utilizando estrategias cercanas a la fenomenología del cuerpo negro para activar conocimientos previos y generar preguntas investigativas.

¿Sabías qué?

¿Sabías que todo lo que nos rodea, incluso los objetos que no parecen calientes emiten una forma de energía invisible llamada radiación térmica? Por ejemplo, el sol, una fogata o incluso una lámpara apagada que sigue caliente, están constantemente emitiendo esta radiación. Aunque no la podamos ver, esta energía calienta nuestro cuerpo y el ambiente a nuestro alrededor.

En esta sesión vamos a entender cómo funciona el calor y cómo se relaciona con un tipo de energía invisible llamada radiación térmica. Aprenderemos a diferenciar entre lo que sentimos y lo que podemos medir, para que desde nuestra experiencia diaria comprendamos este fenómeno tan importante.

Materiales

- (Imágenes del sol, fogatas y electrodomésticos)

¿Qué tienen en común estas imágenes?				
El calor que emiten	El calor que emiten	El calor que emiten	El calor que emiten	El calor que emiten

¡NO LO DIGAS SOLO PIENSA, Y PREPÁRATE PARA IMAGINAR, PENSAR Y REFLEXIONAR!

- Termómetros infrarrojos
- Tarjetas con preguntas problematizadoras: Se dividen en 3 subgrupos, abordando características intuitivas sobre la radiación.

Sobre percepción y experiencia: Los estudiantes responden las preguntas de las tarjetas, se hace registro en el papelógrafo bajo dos categorías: "Percepción" (lo que sienten) y "Explicación" (lo que creen que ocurre).

Para ello se realiza una división por grupos de 4 integrantes. Las tarjetas se encuentran divididas en tres subgrupos. El primer subgrupo que relaciona la percepción y sensación sobre conceptos relacionados con radiación (calor, diferencias de material). Un segundo grupo de tarjetas que contiene preguntas problematizadoras acerca de la invisibilidad de la radiación térmica y finalmente el tercer subgrupo que habla sobre el color y la radiación.

La dinámica consiste en que cada estudiante toma una tarjeta, e intenta dar respuesta de la pregunta que aparece en la misma. Inicialmente el estudiante de forma individual contesta la pregunta, para posteriormente compartir su respuesta o hallazgo con el resto de los integrantes del grupo. En este momento de diálogo, se realiza la invitación a los demás compañeros a compartir sugerencias, complementar o adicionar cualquier opinión que exprese su perspectiva sobre la pregunta. El segundo grupo de tarjetas hace referencia a la necesidad de pensarse la radiación no solamente como producto de una fuente calor que brilla, si no también que puede provenir de una fuente calor que no necesariamente "brilla" a nuestros ojos. El tercer grupo de tarjetas reconoce la importancia de elementos como el color para dar cuenta de la radiación térmica.

¿Por qué estas en la misma categoría?	Curiosidad	Por que ambas son a diferentes material pero se relacionan a la radiación térmica	El material al ser diferente tiene diferentes características lo que hace que se relacione a la radiación térmica
¿Cómo es posible que algo invisible nos calienta?	Intriga	Por lo contrario a lo que se piensa el calor	Es calienta que en solo radiación pero invisible el calor
¿Por qué esto que vemos en la imagen?	Confusión	Por que el negro emite más el calor	El negro al ser la materia de todos colores se calienta más rápido
¿Por qué algo que no brilla sigue generando calor?	Curiosidad	Es por que el calor preserva el calor a lo que sigue generando	Es un material como la ropa conserva el calor después de fregar
¿Qué tipo de radiación es?	Intriga	Por que algo que no brilla emite calor	Es un tipo de radiación que no se ve pero que genera calor

A partir de los anterior, queremos conocer a que conclusiones hemos podido llegar al asociar la radiación térmica con fenómenos de la cotidianidad. Para concretar las ideas que hemos recolectado desde el dialogo grupal, respondemos a modo de reflexión final las siguientes preguntas

Registro de experiencias y discusiones por grupo

Pregunta de la tarjeta	Percepción (¿Qué es lo que se siente?)	Explicación (¿Qué creemos que ocurre?)	Comentarios y aportes del grupo
¿Por qué estas en la misma categoría?	Curiosidad	Por que ambas son a diferentes material pero se relacionan a la radiación térmica	El material al ser diferente tiene diferentes características lo que hace que se relacione a la radiación térmica
¿Cómo es posible que algo invisible nos calienta?	Intriga	Por lo contrario a lo que se piensa el calor	Es calienta que en solo radiación pero invisible el calor
¿Por qué esto que vemos en la imagen?	Confusión	Por que el negro emite más el calor	El negro al ser la materia de todos colores se calienta más rápido
¿Por qué algo que no brilla sigue generando calor?	Curiosidad	Es por que el calor preserva el calor a lo que sigue generando	Es un material como la ropa conserva el calor después de fregar
¿Qué tipo de radiación es?	Intriga	Por que algo que no brilla emite calor	Es un tipo de radiación que no se ve pero que genera calor

A partir de los anterior, queremos conocer a que conclusiones hemos podido llegar al asociar la radiación térmica con fenómenos de la cotidianidad. Para concretar las ideas que hemos recolectado desde el dialogo grupal, respondemos a modo de reflexión final las siguientes preguntas

Pregunta	Reflexión
¿Qué diferencias notaste entre lo que sentiste y lo que crees que ocurre con la radiación térmica?	Lo que noto es que son cosas diferentes por que muchas veces lo que sentimos no es lo correcto
¿Cómo te ayudó la experiencia del juego a entender mejor qué es la radiación térmica?	ayuda ya que se confirmaron las ideas lo que hace que ayude que entendamos y confirmemos ideas por los temas
¿Qué preguntas investigativas te gustaría explorar más sobre este tema?	todas ya que cada una tiene su grado de complejidad y es importante aprender sobre ese tema

Momento 2: Experimento - "El misterio del calor invisible"

Propósito: Cuestionar la asociación directa entre luz visible y calor, explorando el misterio de los fenómenos donde el calor es perceptible pero la luz visible no está presente.

Después de analizar con detenimiento el momento 1 de la práctica, plantea tu respuesta a la siguiente pregunta:

"Imaginen un carbón que dejó de brillar al rojo vivo, pero sigue quemando al frotarlo. ¿Cómo es posible?"

Respuesta: por los ondas calorificas y al ser el calor que guarda mucho mas tiempo el calor

Ahora es necesario, reunimos nuevamente en grupos para compartir nuestros hallazgos. Posterior a esto responde desde lo que hemos construido hasta este momento:

¿El calor siempre va acompañado de luz?	no siempre debido a que el calor son ondas y la luz radiación
¿Podemos sentir calor sin ver su fuente?	si podemos, Ejm: cuando vamos a la playa y tocamos la arena caliente

Momento 3: Demostración con termómetro infrarrojo: Medir la temperatura de una bombilla apagada pero caliente y para otra medición un trozo de metal negro al sol vs. uno blanco.

Registrar datos en la Tabla 1:

Objeto	Temperatura (°C)	¿Emite luz visible?	¿Se siente calor?
Bombilla apagada	...	no	si se siente calor
Metal negro	si se siente calor

¿Qué nos dice esto sobre la relación entre lo que vemos y lo que medimos?

que las ondas siempre están presentes en todo aunque no lo veamos

¿Cómo explicarían ahora la radiación térmica?

Es la energía en forma de ondas eléctrica magnética se genera su temperatura, incluso en el vacío

Colegio Santa Luisa	Guía de aprendizaje	Área: Ciencias Naturales
Grado 10	Construcción y experimentación con el prototipo de medición de radiación térmica casero.	Duración 2 Sesiones (4 horas)

Nombre: Sora Dal - María Camila Dal - Laura Clarif Fecha: 12-09-2025
Curso: 10B Sesión: 2

Objetivo: Construcción del prototipo y su calibración para la medición de radiación térmica de distintos tipos de fuentes (microondas, luz solar, láser y linterna) analizando cómo la instrumentación transforma la comprensión del fenómeno.

Durante la sesión anterior, hemos estado observando algunas evidencias de la radiación térmica, así damos cuenta que, por ejemplo, el color negro absorbe mayor radiación que el color blanco. De igual manera, se ha revisado que la radiación térmica puede ser un fenómeno que es invisible. Pero será que ¿Podemos medir lo invisible? Y si es así ¿Cómo podremos hacerlo?

Preguntas desencadenantes:

¿Qué es el calor para tí?

Es una energía térmica entre objetos formando el calor o lo caliente

¿Sabes por qué sientes el calor de una fuente luminosa (por ejemplo, el sol)?

Por que transmite ondas de calor hacia el objeto o objeto haciendo que se caliente

¿Alguna vez te has preguntado por qué el calor puede propagarse sin necesidad de contacto directo?

yo creo que se propaga por las ondas cósmicas que se transmiten

En esta parte, realizaremos la construcción de un instrumento que nos ayudara a medir lo invisible. Buscaremos la forma en cómo podemos medir la radiación por medio de la ciencia y un poco de curiosidad.

¿Qué necesitas? - Montaje del Prototipo de Medición de radiación térmica

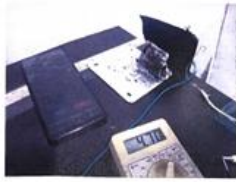
- Papel aluminio liso (10cm x 10cm)
- Pintura negra mate (tempera o acrílica)
- Resistencia NTC (Negative Temperature Coefficient - termoresistencia)
- Multímetro digital
- Fuente de calor (vela, fósforo, carbón encendido)
- Termómetro infrarrojo digital
- Soportes para fijar papel y resistencia
- Cronómetro
- Hojas para anotación y tablas.

Diagrama del bolómetro

Momento 1: Fuente de Luz → Papel aluminio → Resistencia NTC → Multímetro (Medición)



Momento 2 Fuente de Luz → Papel aluminio negro → Resistencia NTC → Multímetro (Medición)



¿Cómo lo haremos?

Prepararemos el papel aluminio, para ello cortamos las láminas 5x5 cm e intentamos que no se arrugue en el proceso (primer momento con papel aluminio sin pintar y segundo momento con pintura negra mate).

Colocaremos la resistencia NTC (4.72 Ω) entre dos láminas de papel aluminio. Debemos tener cuidado al momento de colocarla. Los extremos de metal no pueden tocar las hojas de aluminio.

Conectar la resistencia al multímetro para medir la resistencia eléctrica cada segundo durante 10 segundos.

Calentar la lámina con una fuente de calor (vela o carbón) a una distancia fija de 1 cm sin que haya contacto directo con la fuente de calor.

Registrar los valores de resistencia y temperatura de la lámina de aluminio con el termómetro infrarrojo en la tabla.

Repetir la medición para papel aluminio sin pintar y luego con pintura negra.

Para poder registrar cada uno de nuestros hallazgos, haremos uso de la siguiente tabla la cual nos servirá como apoyo en todo lo que podamos describir y decir. Además, encontraremos algunas preguntas que nos pueden guiar en ayudarnos a entender a cerca de la radiación térmica.

FORMATO DE REGISTRO DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO (CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE MEDICIÓN DE RADIACIÓN TÉRMICA)	
Nombres y Apellidos	SORA DAZ - MARIA CRISTINA DAZ - TABLA 0102
Fecha:	11/09/2025

<p>Pregunta de indagación (Escribe con tus palabras qué pregunta guio este experimento)</p>	<p>¿Por qué varía dependiendo del calor y el tiempo en el que esto ocurre?</p>
<p>Hipótesis (Escribe lo que crees que va a ocurrir con el papel aluminio cuando se exponga a la fuente de luz)</p>	<p>Se vuelve cenizo la pintura negra y el papel sigue intacto</p>

DESCRIPCIÓN	REGISTRO DE OBSERVACIONES	
	Momento 1	Momento 2
Sube una foto o dibuja el montaje experimental en el momento 1 y momento 2		

REGISTRO DE OBSERVACIONES - TABLA MOMENTO 1 (Resistencia)

Tiempo (segundos)	Valor de la resistencia (Ohms)	Temperatura (°C)	Observaciones
1	2.98	30°	umenta leve la resistencia
1	0.49	41°	la temperatura sobre el foil
2	0.99	47°	la resistencia esta estable
3	0.32	32°	la resistencia bajo la vela
4	0.54	60°	la resistencia aumenta
5	1.18	24°	la resistencia disminuye a temperatura alta
6	0.32	40°	la resistencia se mantiene
7	0.33	21°	la resistencia bajo la vela
8	0.49	42°	la resistencia bajo la vela
9	0.32	25°	tema con menor resistencia
10	0.56	36°	tema con mayor resistencia

TABLA MOMENTO 2 (Resistencia y aluminio)

Tiempo (segundos)	Valor de la resistencia (Ohms)	Temperatura (°C)	Observaciones
1	0.04	25°	resistencia baja, temperatura estable
2	0.33	24°	resistencia sobre baja en temperatura
3	0.55	21°	resistencia alta, sobre temperatura
4	0.32	20°	resistencia baja, y bajo la temperatura
5	0.33	27°	resistencia alta y sobre la temperatura
6	0.33	31°	resistencia estable, sobre la temperatura
7	0.34	35°	aumenta resistencia, sobre la temperatura
8	0.32	27°	resistencia estable, bajo temperatura
9	0.32	20°	resistencia estable, bajo temperatura
10	0.32	29°	resistencia baja, sobre temperatura
11	0.55	30°	resistencia alta, sobre temperatura

TABLA MOMENTO 3: (Resistencia y papel aluminio pintado de negro)

Tiempo (segundos)	Valor de la resistencia (Ohms)	Temperatura (°C)	Observaciones
1	0.40	29°	resistencia media, temperatura baja
2	0.47	30°	resistencia sobre temperatura
3	0.34	25°	resistencia bajo temperatura
4	0.57	25°	resistencia alta, temperatura estable
5	0.17	25°	resistencia baja, temperatura estable
6	0.26	28°	resistencia alta, temperatura estable
7	0.17	30°	resistencia baja, temperatura estable
8	16.74	28°	resistencia alta, temperatura estable
9	4.39	30°	resistencia normal, temperatura estable
10	0.30	30°	resistencia normal, temperatura estable
11	2.58	30°	resistencia muy alta, temperatura estable

RESULTADOS

Describe qué ocurrió durante el experimento y los cambios observados:
Se quemó la resistencia, se volvió cenizo la pintura, varó la temperatura, y demás

Montaje	¿Cómo cambió la resistencia al aumentar la temperatura?	¿Qué impacto tuvo la pintura negra en el papel aluminio como material absorbente?	¿Se puede establecer alguna relación de la fuente de luz, y los resultados obtenidos con la resistencia y la temperatura?
1	asi no cambio por que no se dio tanto calor	en el aluminio sin pintar no	no porque no tuvo contacto con la luz
2	se quemó debido a que estaba a color negro	se quemó y se volvió cenizo la pintura negra	no por que la luz no influyo en el resultado

ANÁLISIS DE LA PRÁCTICA

PREGUNTA	TU RESPUESTA
¿Qué relación encuentras entre la variación de la resistencia y la temperatura?	la resistencia aumenta con la temperatura
¿Por qué es importante usar un material absorbente oscuro para medir radiación?	por que absorbe mejor la radiación mejorando la precisión
¿Cómo afecta la distancia entre la fuente de calor y el bolómetro a la medición?	A mayor distancia, la medición es menor debido a la dispersión
¿Qué errores o dificultades encontraste durante el experimento?	Dificultad para mantener constante la distancia y posibles interferencias
¿Cómo relacionas la radiación térmica con la luz visible emitida por la fuente?	la radiación térmica y la luz visible son formas de energía emitida por la fuente
¿Qué mejoras propondrías al montaje experimental?	mejorar el aislamiento y usar sensores más precisos

¿Tu hipótesis inicial fue correcta? ¿Por qué sí o por qué no?	no por que no me espere que sea así
---	-------------------------------------

Dinámica de socialización: Trabajamos en grupos pequeños para comparar resultados y discutir posibles fuentes de error (distancia, tiempo de exposición, condiciones ambientales). Posteriormente presentamos conclusiones breves al grupo completo.

¿Qué es lo que tratamos de entender? Escribe en esta parte lo que has aprendido y que puedes decir ahora sobre la radiación térmica.

lo que he aprendido que las ondas y la radiación térmica es la energía que emite los cuerpos debido a su temperatura, en forma de ondas electromagnéticas, no necesitan un medio para propagarse y depende de la temperatura del objeto.

Grupo 7 (Guías de aprendizaje 1 y 2) - Scanner de las guías. Fuente Propia, programa utilizado CamScanner.

Colegio Santa Lúcia	Guía de aprendizaje	Área: Ciencias Naturales
Grado 10 ^o	SENSIBILIZACIÓN SOBRE RADIACIÓN TÉRMICA Y FENÓMENOS COTIDIANOS	Asignatura - Física
Docente: Johnny Fíjorez Tovar		Duración 1 Sesión (110 minutos)

Nombre: Melissa Aguilar L. Sosa Fecha: 02/11/2020
Curso: 10^o Sesión: 1

Objetivo: Establecer conexiones entre el concepto de radiación térmica y experiencias cotidianas (sol, fogatas, objetos calientes) utilizando estrategias cercanas a la fenomenología del cuerpo negro para activar conocimientos previos y generar preguntas investigativas.

¿Sabías que?

¿Sabías que todo lo que nos rodea, incluso los objetos que no parecen calientes emiten una forma de energía invisible llamada radiación térmica? Por ejemplo, el sol, una fogata o incluso una lámpara apagada que sigue caliente, están constantemente emitiendo esta radiación. Aunque no la podemos ver, esta energía calienta nuestro cuerpo y el ambiente a nuestro alrededor.

En esta sesión vamos a entender cómo funciona el calor y cómo se relaciona con un tipo de energía invisible llamada radiación térmica. Aprenderemos a diferenciar entre lo que sentimos y lo que podemos medir, para que desde nuestra experiencia diaria comprendamos este fenómeno tan importante.

Materiales

- (Imágenes del sol, fogatas y electrodomésticos)

¿Qué tienen en común estas imágenes?



[NO LO DIGAS SOLO PIENSA, Y PREPARATE PARA IMAGINAR, PENSAR Y REFLEXIONAR!]

- Termómetros infrarrojos
- Tarjetas con preguntas problematizadoras. Se dividen en 3 subgrupos, abordando características intuitivas sobre la radiación.

todas emiten calor incluso a distancia y de manera de indirecta

Sobre percepción y experiencia: Los estudiantes responden las preguntas de las tarjetas, se hace registro en el papelógrafo bajo dos categorías: "Percepción" (lo que sienten) y "Explicación" (lo que creen que ocurre).

Para ello se realiza una división por grupos de 4 integrantes. Las tarjetas se encuentran divididas en tres subgrupos. El primer subgrupo que relaciona la percepción y sensación sobre conceptos relacionados con radiación (calor, diferencias de material). Un segundo grupo de tarjetas que contiene preguntas problematizadoras acerca de la invisibilidad de la radiación térmica y finalmente el tercer subgrupo que habla sobre el color y la radiación.

La dinámica consiste en que cada estudiante toma una tarjeta, e intenta dar respuesta de la pregunta que aparece en la misma. Inicialmente el estudiante de forma individual contesta la pregunta, para posteriormente compartir su respuesta o hallazgo con el resto de los integrantes del grupo. En este momento de diálogo, se realiza la invitación a los demás compañeros a compartir sugerencias, complementar o adicionar cualquier opinión que exprese su perspectiva sobre la pregunta. El segundo grupo de tarjetas hace referencia a la necesidad de pensarse la radiación no solamente como producto de una fuente calor que brilla, si no también que puede provenir de una fuente calor que no necesariamente "brilla" a nuestros ojos. El tercer grupo de tarjetas reconoce la importancia de elementos como el color para dar cuenta de la radiación térmica.



Registro de experiencias y discusiones por grupo

Pregunta de la tarjeta	Percepción (¿Qué es lo que se siente?)	Explicación (¿Qué creemos que ocurre?)	Comentarios y aportes del grupo
¿Por qué los metales brillan al calentarse pero no cuando se enfrían? ¿Por qué los metales brillan al calentarse pero no cuando se enfrían?	Sentimos calor y delgado	Creemos que el calor viene de la luz, pero cuando se enfría, el calor se va y no vemos nada.	Según el calor, según se calienta, más se calienta, más se calienta.
¿Por qué algunos metales brillan al calentarse pero no cuando se enfrían? ¿Por qué algunos metales brillan al calentarse pero no cuando se enfrían?	Del calor y la radiación	Creemos que el calor viene de la luz, pero cuando se enfría, el calor se va y no vemos nada.	En realidad puede que sea en algunos momentos.
¿Por qué algunos metales brillan al calentarse pero no cuando se enfrían? ¿Por qué algunos metales brillan al calentarse pero no cuando se enfrían?	NEROS COLORES	Creemos que el calor viene de la luz, pero cuando se enfría, el calor se va y no vemos nada.	Algunos que cuando se calientan, los colores cambian con un tiempo.
¿Por qué algunos metales brillan al calentarse pero no cuando se enfrían? ¿Por qué algunos metales brillan al calentarse pero no cuando se enfrían?	Que la luz puede irradiar calor?	Creemos que el calor viene de la luz, pero cuando se enfría, el calor se va y no vemos nada.	La luz que se calienta, los colores cambian con un tiempo.
¿Por qué algunos metales brillan al calentarse pero no cuando se enfrían? ¿Por qué algunos metales brillan al calentarse pero no cuando se enfrían?	Calor en el aire	Creemos que el calor viene de la luz, pero cuando se enfría, el calor se va y no vemos nada.	Se ve la luz que se calienta, los colores cambian con un tiempo.

A partir de los anteriores, queremos conocer a que conclusiones hemos podido llegar al asociar la radiación térmica con fenómenos de la cotidianidad. Para concretar las ideas que hemos recogido desde el diálogo grupal, respondemos a modo de reflexión final las siguientes preguntas:

Pregunta	Reflexión
¿Qué diferencias notaste entre lo que sentiste y lo que crees que ocurre con la radiación térmica?	Algunas de las cosas que sentimos no tiene relación con las experiencias que tenemos.
¿Cómo te ayuda la experiencia del juego a entender mejor qué es la radiación térmica?	Hay una de forma sencilla como un cuerpo responde al calor, que sea aumentamos su temp, sudando o enfriándose lo que permite relacionar la teoría práctica.
¿Qué preguntas investigativas te gustaría explorar más sobre este tema?	¿Cómo influye la radiación solar en la temp de diferentes materiales? ¿Por qué algunos colores absorben más calor que otros?

Momento 2: Experimento - "El misterio del calor invisible"

Propósito: Cuestionar la asociación directa entre luz visible y calor, explorando el misterio de los fenómenos donde el calor es perceptible pero la luz visible no está presente.

Después de analizar con detenimiento el momento 1 de la práctica, plantea tu respuesta a la siguiente pregunta:

"Imagina un carbón que dejó de brillar al rojo vivo, pero sigue quemando al tocarlo. ¿Cómo es posible?"

Respuesta: Porque aunque el carbón ya no brilla, puede seguir estando caliente por ejemplo cuando la luz se va, pero no se ve porque emite radiación térmica, entonces se lo puede tocar y se siente.

Ahora es necesario, reunimos nuevamente en grupos para compartir nuestros hallazgos. Posterior a esto responde desde lo que hemos construido hasta este momento:

¿El calor siempre va acompañado de luz?	Creemos que el calor es solo como la sensación, pero la luz es solo una forma de como se expresa.
¿Podemos sentir calor sin ver su fuente?	Claro porque el calor no necesariamente se trata que por ejemplo en tierra caliente no nos damos cuenta porque o de donde viene.

Momento 3: Demostración con termómetro infrarrojo: Medir la temperatura de una bombilla apagada pero caliente y para otra medición un trozo de metal negro al sol vs. uno blanco.

Registrar datos en la Tabla 1:

Objeto	Temperatura (°C)	¿Emite luz visible?	¿Se siente calor?
Bombilla apagada	150°C	No	Si, aunque no brilla
Metal negro	50°C	No	Muy caliente reflex. más radiación

¿Qué nos dice esto sobre la relación entre lo que vemos y lo que medimos?"

Lo que vemos no siempre refleja lo que realmente ocurre. Un objeto puede estar caliente sin emitir como tal una luz o algo visible.

¿Cómo explicarían ahora la radiación térmica?"

La radiación térmica es cuando los objetos emiten calor sin que necesariamente emitan algún tipo de luz.

Colegio Santa Luisa	Guía de aprendizaje	Área: Ciencias Naturales
Grado 10	Construcción y experimentación con el prototipo de medición de radiación térmica casero.	Duración 2 Sesiones (4 horas)

Nombre: Laura Rojas, Juan Cuervo, Mariana Aguilera Fecha: 12/09/25 Curso: 10B Sesión: _____

Objetivo: Construcción del prototipo y su calibración para la medición de radiación térmica de distintos tipos de fuentes (microondas, luz solar, láser e linterna) analizando cómo la instrumentación transforma la comprensión del fenómeno.

Durante la sesión anterior, hemos estado observando algunas evidencias de la radiación térmica, así damos cuenta que, por ejemplo, el color negro absorbe mayor radiación que el color blanco. De igual manera, se ha revisado que la radiación térmica puede ser un fenómeno que es invisible. Pero será que ¿Podemos medir lo invisible? Y si es así ¿Cómo podremos hacerlo?

Preguntas desencadenantes:

¿Qué es el calor para ti?

El calor es una forma de energía en tránsito que se transfiere de un cuerpo a otro debido a la diferencia de temperatura. Pasa del cuerpo más caliente al más frío hasta que ambos alcanzan el equilibrio térmico.

¿Sabes por qué sientes el calor de una fuente luminosa (por ejemplo, el sol)?

Se siente calor del sol por que emite radiación que viaja por el espacio y al llegar a la piel es absorbida transformándose en energía térmica que eleva la temp. del cuerpo.

¿Alguna vez te has preguntado por qué el calor puede propagarse sin necesidad de contacto directo?

Gracias a la radiación, que es la transferencia de energía mediante ondas electromagnéticas. Así el calor viaja incluso a través del vacío, como ocurre con la energía del sol que llega a la tierra.



¿Cómo lo haremos?

Prepararemos el papel aluminio, para ello cortamos las láminas 5x5 cm e intentamos que no se arrugue en el proceso (primer momento con papel aluminio sin pintar y segundo momento con pintura negra mate).

Colocaremos la resistencia NTC (4.72 kΩ) entre dos láminas de papel aluminio. Debemos tener cuidado al momento de colocarla. Los extremos de metal no pueden tocar las hojas de aluminio.

Conectar la resistencia al multímetro para medir la resistencia eléctrica cada segundo durante 10 segundos.

Calentar la lámina con una fuente de calor (vela o carbón) a una distancia fija de 1 cm sin que haya contacto directo con la fuente de calor.

Registrar los valores de resistencia y temperatura de la lámina de aluminio con el termómetro infrarrojo en la tabla.

Repetir la medición para papel aluminio sin pintar y luego con pintura negra.

Para poder registrar cada uno de nuestros hallazgos, haremos uso de la siguiente tabla la cual nos servirá como apoyo en todo lo que podamos describir y decir. Además, encontraremos algunas preguntas que nos pueden guiar en ayudarnos a entender a cerca de la radiación térmica.

FORMATO DE REGISTRO DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO (CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE MEDICIÓN DE RADIACIÓN TÉRMICA)	
Nombres y Apellidos	<u>Laura Rojas, Juan Cuervo, Mariana Aguilera</u>
Fecha:	<u>12/09/25</u>

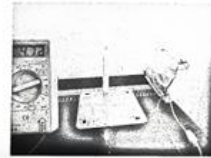
En esta parte, realizaremos la construcción de un instrumento que nos ayude a medir lo invisible. Buscaremos la forma en cómo podemos medir la radiación por medio de la ciencia y un poco de curiosidad.

¿Qué necesitas? - Montaje del Prototipo de Medición de radiación térmica

- Papel aluminio liso (10cm x 10cm)
- Pintura negra mate (tempera o acrílica)
- Resistencia NTC (Negative Temperature Coefficient - termoresistencia)
- Multímetro digital
- Fuente de calor (vela, fósforo, carbón encendido)
- Termómetro infrarrojo digital
- Soportes para fijar papel y resistencia
- Cronómetro
- Hojas para anotación y tablas.

Diagrama del bolómetro

Momento 1: Fuente de Luz → Papel aluminio → Resistencia NTC → Multímetro (Medición)



Momento 2: Fuente de Luz → Papel aluminio negro → Resistencia NTC → Multímetro (Medición)

Pregunta de indagación (Escribe con tus palabras qué pregunta guío este experimento)	¿El experimento muestra que la radiación térmica se transmite sin contacto y que el color negro es en la absorción, aluminio (blanco) mientras que el negro absorbe más y eleva la temperatura?
Hipótesis (Escribe lo que crees que va a ocurrir con el papel aluminio cuando se exponga a la fuente de luz)	cuando el papel aluminio se expone a la fuente de luz, veré que la marca por la que se coloca por la linterna por lo que absorberá poca calor a su vez aumentará lento, en cambio el negro absorberá más radiación y su temp. subirá con más rapidez.

DESCRIPCIÓN	REGISTRO DE OBSERVACIONES	
	Momento 1	Momento 2
Sube una foto o dibuja el montaje experimental en el momento 1 y momento 2		

REGISTRO DE OBSERVACIONES - TABLA MOMENTO 1 (Resistencia)			
Tiempo (segundos)	Valor de la resistencia (Ohms)	Temperatura (°C)	Observaciones
1	2,97	30°	la resistencia aumenta lentamente
2	0,48	43°	sube la temp. un poco
3	0,98	46°	la resistencia esta normal
4	0,30	31°	la resistencia baja
5	0,52	60°	aumenta la resistencia
6	1,16	28°	la resistencia disminuye la temp.
7	0,32	39°	alta la temp
8	0,31	20°	la resistencia se mantiene
9	0,45	40°	baja la resistencia igual a resistir
10	0,32	25°	finaliza con menos resistencia
11	0,55	35°	frío con mas resistencia

TABLA MOMENTO 2 (Resistencia y aluminio)

Tiempo (segundos)	Valor de la resistencia (Ohm's)	Temperatura (°C)	Observaciones
*	0,03	25,0°	al principio está estable, a la resistencia sube, bajo la temp.
1	0,02	24,0°	la resistencia sube, bajo la temp.
2	0,64	27,0°	la resistencia alta, sube la temp.
3	0,31	20,0°	la resistencia cae q la temp. baja
4	0,33	27,0°	la resistencia cae q la temp. sube
5	0,30	31,0°	la resistencia estable, q sube la temp.
6	0,38	35,0°	aumenta la resistencia q sube la temp.
7	0,31	27,0°	la resistencia estable q la temp. baja
8	0,31	20,0°	la resistencia estable q la temp. sube
9	0,30	21,0°	la resistencia media q la temp. sube
10	0,34	30,0°	la resistencia alta, sube la temp.

TABLA MOMENTO 3: (Resistencia y papel aluminio pintado de negro)

Tiempo (segundos)	Valor de la resistencia (Ohm's)	Temperatura (°C)	Observaciones
*	0,20	24,0°	la resistencia media, q la temp. baja
1	0,40	30,0°	la resistencia sube q la temp. aumenta
2	0,23	25,0°	la resistencia baja, la temp. baja
3	0,56	26,0°	la resistencia sube, la temp. estable
4	0,30	25,0°	la resistencia baja, la temp. estable
5	0,27	25,0°	la resistencia media, bajo, q la temp. aumenta
6	0,6-1	30,0°	la resistencia alta q la temp. aumenta
7	16,13	28,0°	la resistencia alta, q la temp. baja
8	1,38	30,0°	la resistencia normal, q la temp. aumenta
9	0,28	30,0°	la resistencia normal, q la temp. estable
10	2,57	30,0°	la resistencia muy alta, q la temp. normal

RESULTADOS			
Describe qué ocurrió durante el experimento y los cambios observados: El aluminio en pintura negra la radiación q subió poco su temp. mientras que el negro absorbio más calor q se calentó rápido, bajo su resistencia al aumentar la temp.			
Montaje	¿Cómo cambió la resistencia al aumentar la temperatura?	¿Qué impacto tuvo la pintura negra en el papel aluminio como material absorbente?	¿Se puede establecer alguna relación de la fuente de luz, y los resultados obtenidos con la resistencia y la temperatura?
1	al aumentar la temp. la resistencia de inicio no porque el resistencia de inicio se calentó.	no que el aluminio absorbería más calor q subió más la temp.	la luz elevó la temp. q la resistencia disminuyó
2	la resistencia disminuyó más rápido al aumentar la radiación de calor.	la pintura negra aumento la absorción de calor.	disminuyó más rápido con mayor absorción de calor.

ANÁLISIS DE LA PRÁCTICA	
PREGUNTA	TU RESPUESTA
¿Qué relación encuentras entre la variación de la resistencia y la temperatura?	la relación es inversa, cuando la temp. aumenta, la resistencia disminuye, mostrando como el calor afecta su conductividad.
¿Por qué es importante usar un material absorbente oscuro para medir radiación?	Por que capta más radiación térmica que una tela o brillante lo que permite medir con mayor precisión los cambios de temp. q los efectos de la radiación.
¿Cómo afecta la distancia entre la fuente de calor y el bolómetro a la medición?	A mayor distancia, llega menos radiación al bolómetro q la medición de temp. es menor, a menor distancia, recibe más radiación q la temp. registrada aumenta.
¿Qué errores o dificultades encontraste durante el experimento?	Manejar y fijar la resistencia con la fuente de calor, evitar que las extensiones metálicas toquen el aluminio particular, comentarios de que que entran al calor.
¿Cómo relacionas la radiación térmica con la luz visible emitida por la fuente?	Proviene de la misma fuente, ambas son formas de radiación térmica, se percibe como calor q la visible como luz que podemos ver.
¿Qué mejoras propondrías al montaje experimental?	mejorar

¿Tu hipótesis inicial fue correcta? ¿Por qué sí o por qué no?	si no que se demostró que el aluminio negro, absorbio más calor, q en pintura negra.
---	--

Dinámica de socialización: Trabajamos en grupos pequeños para comparar resultados y discutir posibles fuentes de error (distancia, tiempo de exposición, condiciones ambientales). Posteriormente presentamos conclusiones breves al grupo completo.

¿Qué es lo que tratamos de entender? Escribe en esta parte lo que has aprendido y que puedes decir ahora sobre la radiación térmica.

La radiación térmica transfiere energía sin contacto directo q que los materiales oscuros absorben más calor, mientras que los claros lo reflejan.