

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE
GUIADA POR PREGUNTAS Y EVALUADA POR MEDIO DE UN
CUADERNO ELECTRÓNICO PARA LOS LABORATORIOS DE
FISICOQUÍMICA DE LA ESCUELA DE QUÍMICA**

Director:

Dr Fabian Alirio Ríos Angarita

Estudiante:

Daniela Patricia Rueda Quintero

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
ESCUELA DE QUÍMICA
BUCARAMANGA**

Tabla de contenido

Introducción.....	10
1. Marco conceptual.....	12
1.1. Cuaderno electrónico de laboratorio.....	12
1.1.1. Aplicación de los ELN.....	12
1.1.2. ELN como entorno de aprendizaje.....	13
1.1.3. Cuadernos electrónicos de laboratorio: Wiki.....	14
1.1.4. Wiki.js.....	15
1.2. POGIL y POGIL-PCL.....	16
1.2.1. POGIL.....	16
1.2.2. POGIL-PCL.....	17
1.2.3. Rol del instructor.....	18
1.2.4. Rol del estudiante.....	19
1.2.5. Aplicación de POGIL-PCL.....	19
1.3. Enseñanza de capacidad calorífica de un gas en laboratorio de fisicoquímica.....	20
1.3.1. Método directo.....	21
1.3.2. La expansión adiabática de los gases.....	22
1.3.3. Experimento del tubo de Kundt.....	22
1.4. Aprendizaje activo y colaborativo.....	24
1.5. Marco de evaluación LEPO.....	24
2. Objetivos.....	26
2.1. Objetivo General.....	26
2.2. Objetivo Específico.....	26
3. Diseño metodológico.....	27
3.1. Creación del ELN, Notebook Lab UIS basado en wiki.js.....	27
3.1.1. Diseño del Notebook Lab UIS.....	27
3.1.2. Alfabetización Digital.....	27
3.2. Elaboración de los procedimientos de medición.....	27
3.2.1. Método tradicional.....	28
3.2.2. Expansión Adiabática.....	28
3.2.3. Velocidad del sonido. Tubo de Kundt.....	29
3.3. Implementación de la propuesta didáctica.....	29
3.3.1. Construcción del taller de laboratorio bajo el marco POGIL-PCL.....	29
3.3.2. Implementación del taller POGIL-PCL asistido por Notebook Lab UIS.....	30
3.3.3. Evaluación de la implementación.....	30
4. Discusión de resultados.....	32

4.1.	Notebook Lab UIS como ELN	32
4.1.1.	Estructura y organización del Notebook Lab UIS.	32
4.1.2.	Alfabetización Digital	33
4.2.	Resultados obtenidos de los montajes experimentales para medir capacidad calorífica de un gas: CO ₂ y aire	35
4.2.1.	Método tradicional.....	35
4.2.2.	Medición de la capacidad calorífica molar de un gas por expansión adiabática... 36	
4.2.3.	Medición de la capacidad calorífica molar de un gas por el método de la velocidad del sonido, Tubo de Kundt.....	37
4.3.	Implementación.....	40
4.3.1.	Implementación del taller: Capacidad calorífica molar de un gas.....	40
	Primer Ciclo	40
	Segundo Ciclo.	41
	Tercer Ciclo.....	43
4.3.2.	Implementación en el aula	43
4.3.3.	Evaluación de la implementación bajo el marco LEPO	44
a)	Evaluación de la plataforma Notebook Lab UIS como entorno de aprendizaje.	44
b)	Evaluación de la plataforma Notebook Lab UIS como entorno de aprendizaje.....	48
c)	Percepción de los estudiantes. Encuesta de aceptación de la implementación.....	49
5.	Conclusiones.....	54
6.	Recomendaciones	55
	Bibliografía	56

Lista de figuras

Figura 1. Niveles de la alfabetización digital.....	14
Figura 2. Interfaz general de la Wiki.js.	16
Figura 3. Plantilla de experimento POGIL-PCL.....	18
Figura 4. Montaje experimental del tubo de Kundt.....	23
Figura 5. Montaje experimental para expansión adiabática de los gases.	28
Figura 6. Montaje experimental tubo de Kundt... ..	29
Figura 7. Interfaz general del Notebook Lab UIS desde el usuario de un estudiante.....	32
Figura 8. Página Home del ELN del grupo 3.....	34
Figura 9. Organización de la página del primer ciclo de un cuaderno electrónico del grupo.	35
Figura 10. Curva de presión dependiente del tiempo en el proceso de expansión adiabática del aire y del CO ₂	37
Figura 11. Grafica de frecuencia vs número de onda para el aire	38
Figura 12. Grafica de frecuencia vs número de onda para el CO ₂	39
Figura 13. Cambios de la presión en función del volumen para el aire basado en los resultados de los estudiantes	42
Figura 14. Cambio de la presión en función del volumen para CO ₂ basados en los resultados de los estudiantes.....	42
Figura 15. Manipulación del Notebook Lab UIS desde diferentes equipos electrónicos.....	44
Figura 16. Historial de la página: Observaciones del montaje experimental de un grupo.....	45
Figura 17. Edición de cálculos y datos experimentales por un grupo	46
Figura 18. Desarrollo del punto tres de la sesión pre-experimental del primer ciclo del taller.	47
Figura 19. Frecuencias de edición en función del tiempo observadas en los grupos durante el desarrollo del taller.	48
Figura 20. Frecuencias de edición en función del tiempo observadas en el grupo 3 durante el desarrollo de los tres ciclos de aprendizaje.	49

Lista de tablas

Tabla 1. Lista de Wikis existentes hasta la fecha	15
Tabla 2. Valores de C_p y C_v con el método tradicional comparados con los valores teóricos	36
Tabla 3. Valores de γ , C_p y C_v con el método de expansión adiabática de los gases a 297 K comparados con los valores teóricos.	37
Tabla 4. Valores experimentales de γ , C_p y C_v por el montaje Tubo de Kundt comparados con los valores teóricos.	39
Tabla 5. Frecuencias de contribución grupal	47
Tabla 6. Resultados de la encuesta de satisfacción	50

Lista de apéndice

Apéndice 1. Manual de Instalación del software wiki.js como cuaderno de laboratorio	62
Apéndice 2. Manual de usuario	66
Apéndice 3. Taller Capacidad calorífica molar de los gases. Manual del instructor	68
Apéndice 4. Rubrica de evaluación	85
Apéndice 5. Encuesta de Satisfacción	88

Abreviaturas y acrónimos

c	Velocidad del sonido
CO ₂	Dioxido de carbono
C _p	Capacidad Calorifica molar a presión constante
C _v	Capacidad Calorifica molar a volumen constante
ELN	Electronic laboratory notebook
HOME	Homepage: is the main web page of a website
JS	JavaScript
LEPO	The Learning Environment, Learning Processes and Learning Outcomes
Notebook Lab UIS	Cuaderno de laboratorio UIS
POGIL	Process Oriented Guided Inquiry Learning
POGIL-PCL	POGIL for the Physical Chemistry Laboratory
TIC	Tecnologías de la información y la comunicación
Wiki	Sitio Web o base de datos
Wiki.JS	Es una wiki que se ejecuta en Node.js y está escrito en Js
WYSIWYG	what you see is what you get
γ	Relación de capacidad calorífica

Resumen

TÍTULO: IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE GUIADA POR PREGUNTAS Y EVALUADA POR MEDIO DE UN CUADERNO ELECTRÓNICO PARA LOS LABORATORIOS DE FISICOQUÍMICA DE LA ESCUELA DE QUÍMICA*.

AUTOR: DANIELA PATRICIA RUEDA QUINTERO**

DESCRIPCIÓN: Esta investigación tiene como objetivo implementar el modelo POGIL-PCL asistido por un ELN basado en un software wiki.js en estudiantes de Química adscritos al curso de laboratorio de fisicoquímica II de la Universidad Industrial de Santander primer y segundo semestre del 2022. Se empleó la herramienta Wiki.Js para la recolección de datos y un marco de evaluación LEPO para analizar las interacciones entre el estudiante, el instructor, la herramienta y el proceso de aprendizaje. Los resultados indican: **(1)** La adaptación de Wiki.Js como ELN fomenta la alfabetización digital y se puede emplear en un entorno de aprendizaje; **(2)** se aplicó los lineamientos POGIL-PCL para desarrollar el taller de Capacidad calorífica molar de un gas, el taller fomenta el pensamiento crítico de los estudiantes y trabajo grupal. Además, se obtuvo resultados experimentales reproducibles de γ , C_p , C_v , en los montajes de expansión adiabática y tubo de Kundt; **(3)** la implementación de esta estrategia favoreció el trabajo colaborativo, asignación de roles y fomentó la participación activa de los estudiantes y el instructor. Con estos resultados se concluye que esta implementación favorece el proceso de aprendizaje, potencia el pensamiento crítico, el aprendizaje activo, constructivo y colaborativo de los estudiantes. Además, se demostró el efecto de la herramienta Wiki.Js para la organización y seguimiento del desarrollo de los ciclos de aprendizaje.

Palabras claves: POGIL-PCL, cuaderno de laboratorio Wiki, aprendizaje colaborativo y activo, estrategia didáctica, aprendizaje guiado.

*Trabajo de grado

** Facultad de Ciencias. Escuela de Química. Director: Fabian Alirio Ríos Angarita, Químico Ph.D.

Abstract

TITLE: IMPLEMENTATION OF A LEARNING MODEL GUIDED BY QUESTIONS AND ASSISTED BY AN ELECTRONIC NOTEBOOK FOR PHYSICAL CHEMISTRY LABORATORIES*

AUTHOR: DANIELA PATRICIA RUEDA QUÍNTERO**

DESCRIPTION: The objective of this research is to implement the POGIL-PCL model assisted by an ELN based on a wiki.js software in Chemistry students enrolled in the Physical Chemistry II laboratory course of the Industrial University of Santander, first and second semester of 2022. The Wiki.Js tool for data collection and a LEPO evaluation framework to analyze the interactions between the student, the instructor, the tool and the learning process. The results indicate: (1) The adaptation of Wiki.Js as ELN promotes digital literacy and can be used in a learning environment; (2) The principles of POGIL-PCL were applied to develop the Molar Heat Capacity of a Gas workshop, the workshop encourages critical thinking of students and group work. In addition, reproducible experimental results of γ , C_p , C_v , were obtained in the adiabatic expansion and Kundt tube assemblies. (3). The implementation of this strategy favored collaborative work, role assignment and encouraged the active participation of students and the instructor. With these results it is concluded that this implementation favors the learning process, enhances critical thinking, active, constructive and collaborative learning of students. In addition, the effect of the Wiki.Js tool for organizing and monitoring the development of learning cycles was demonstrated.

Keywords: POGIL-PCL, Wiki laboratory notebook, collaborative and active learning, didactic strategy, guided learning.

*Degree work

** Science Faculty. Chemistry School. Director: Fabian Alirio Ríos Angarita, Químico Ph.D.

Introducción

En la actualidad, la enseñanza en los laboratorios prácticos de Físicoquímica se fundamenta en la idea de ser una ciencia cuantitativa que modela datos basados en definiciones y conceptos. Regularmente, las prácticas de laboratorio tradicionales siguen procedimientos experimentales bastante mecánicos y conocidos por los docentes donde los alumnos se centran en obtener los resultados esperados, analizar los datos y responder cuestionarios en el cuaderno de laboratorio e informes finales (Flores et al., 2009). Sin embargo, esta metodología de enseñanza resulta deficiente ya que inhibe la estimulación intelectual del estudiante en el aula de clase, porque solamente se centra en tecnificar los procedimientos y optimizarlos con el objetivo de obtener resultados precisos.

No obstante, algunas prácticas de laboratorio de fisicoquímica pueden ser ajustadas a distintas metodologías de enseñanza basadas en la indagación guiada, para que, en principio, se aumente el interés del estudiante por entender conceptos fisicoquímicos fundamentales. Por ejemplo, la metodología POGIL-PCL (“Process-Oriented Guided Inquiry Learning in the Physical Chemistry Laboratory” por sus siglas en inglés) es un modelo pedagógico que tiene como principal objetivo diseñar, revisar y aprobar experimentos de indagación guiada para mejorar el proceso de asimilación de conocimientos en los laboratorios de fisicoquímica (FQ), contribuyendo a una sólida construcción de argumentos para solucionar problemáticas específicas por parte de los estudiantes de FQ y promoviendo el interés por la investigación (Hunnicuttt et al., 2015; Stegall et al., 2016). Actualmente, la implementación de metodologías de enseñanza POGIL-PCL es una alternativa a la enseñanza tradicional, especialmente en los laboratorios de fisicoquímica. Hasta el año 2016, se registró que en promedio el 76,8% de los profesores de química de distintas universidades alrededor del mundo han implementado el marco POGIL en laboratorios de fisicoquímica, los cuales han generado respuestas positivas para analizar, manipular y entender conceptos, ecuaciones y representaciones gráficas de resultados experimentales (Stegall et al., 2016).

También se ha observado que algunas metodologías se apoyan de recursos TIC como instrumentos de medición para evaluar el proceso de aprendizaje en las prácticas de los laboratorios de fisicoquímica. Específicamente, se ha observado la implementación de cuadernos electrónicos de laboratorio porque facilitan la documentación precisa y la evaluación del desempeño del estudiante (Gerlach et al., 2020; Gupta et al., 2019). Oficialmente la Sociedad Americana de Química (ACS, por sus siglas en inglés: American Chemical Society)

sugiere el uso de cuadernos electrónicos de laboratorio para fomentar la alfabetización digital y su aplicación como entorno de aprendizaje activo en los laboratorios de química (ACS Committee on Professional Training, 2015). En la actualidad, investigaciones ya han empezado a implementar varios softwares “OpenSource”, en busca de fomentar el aprendizaje colaborativo para mejorar y facilitar la retroalimentación dinámica estudiante-estudiante y estudiante-docente. De la misma manera, el uso de las TIC ha demostrado ser eficaz para mejorar el aprendizaje, promover el pensamiento crítico y la organización de los estudiantes para realizar el trabajo en los laboratorios de química. Entre las plataformas “Open-Source” más conocidas y eficientes está la Wiki, la cual es flexible e intuitiva y además, es compatible con dispositivos tipo Tablet, celular o PC y sistemas operativos MacOS, Windows, Linux, entre otros (Lawrie et al., 2016). En la actualidad existen pocos estudios POGIL-PCL asistidos por ELN (por sus siglas en inglés: Electronic Laboratory Notebooks) para laboratorios experimentales de fisicoquímica, sin embargo, la implementación de talleres POGIL-PCL asistidos por ELN diseñada con Wiki.js para la determinación de calor específico de gases no se ha implementado aún. Sumado a esto, la Universidad Industrial de Santander (UIS) no ha implementado los talleres POGIL-PCL y ELN como método para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje a los estudiantes de química y carreras afines en los laboratorios de fisicoquímica.

Por lo tanto, como principal motivación de este proyecto se pretende diseñar e implementar un taller tipo POGIL-PCL para el desarrollo de la práctica de laboratorio “medición de capacidad calorífica de un gas” asistido por ELN basada en Wiki.js, con lo cual se buscó fomentar e impactar positivamente sobre el proceso del aprendizaje de los estudiantes y la digitalización del cuaderno electrónico de laboratorio. Con la aplicación de este proyecto se evaluaron los resultados del proceso de aprendizaje de estudiantes de química matriculados en el laboratorio de fisicoquímica II de la Universidad Industrial de Santander. Este proyecto se propone ya que existen limitadas investigaciones sobre el aprendizaje de los estudiantes al emplear los talleres de indagación guiada asistido por un ELN como herramienta pedagógica.

1. Marco conceptual

1.1. Cuaderno electrónico de laboratorio

El cuaderno electrónico de laboratorio ELN es una adaptación digital de un cuaderno de laboratorio tradicional que proporciona una amplia funcionalidad para los usuarios. Actualmente, es una herramienta utilizada en algunos grupos de investigación académica, ya que facilita la documentación durante la práctica de laboratorio, promueve la alfabetización digital (Monteiro & Leite, 2021), el aprendizaje colaborativo (Van Dyke & Smith- Carpenter, 2017) y adicionalmente, favorece el trabajo grupal entre distintas instituciones (Rudolphi & Goossen, 2012).

1.1.1. Aplicación de los ELN

Los ELN se han comenzado a implementar en entornos académicos, investigativos e incluso en industrias bioquímicas y farmacéuticas debido a la complejidad de la investigación moderna. Sin embargo, los laboratorios de investigación académica siguen empleando el cuaderno de laboratorio tradicional de papel.

El uso de cuadernos electrónicos de laboratorio garantiza ventajas comparadas con el cuaderno de papel como la funcionalidad, movilidad, documentación, almacenamiento y plantillas adaptables (Klokmoose & Zander, 2010)(Bromfield Lee, 2018). Asimismo, el uso de nuevas tecnologías para la creación de un cuaderno de laboratorio electrónico se enfoca en respaldar los derechos de propiedad intelectual en la práctica académica e investigativa. Los ELN tienen una amplia variedad de categorías que se desenvuelve en otras disciplinas en el área de investigación, por tal motivo, existen muchas plataformas y sistemas de software diferentes que permiten organizar la información y datos. Algunas de esas plataformas son comerciales y otras son libres diferenciándose principalmente en el costo generado por su implementación en el entorno de intercambio de información y en etapas emergentes de desarrollo para la academia como actualizaciones o licencias (Coles et al., 2013). Por ejemplo, LabArchives, LabCollector, Carpeta de laboratorio, RSpace y otras plataformas, tienen una tarifa por alumno de valores superiores a \$10 por mes o mediante una licencia empresarial a la institución. Otras son de código abierto, pero tienen una capacidad limitada de opción gratuita como eLabFTW, Openbis o SciNote (Colabroy & Bell, 2019).

En el ámbito académico es común emplear un software de código abierto ya que son herramientas de productividad bien establecidas y fácilmente disponibles. Algunas de ellas son: Evernote, OneNote, Dropbox, OneDrive, Google Drive. Aunque estos softwares son muy

comerciales no son en su totalidad de código abierto, por ejemplo, por 100 GB de almacenamiento en Google Drive tienen un costo (\$ 1.99 por mes) y One Drive (\$ 6.99 por mes) y Evernote cobra tarifas por usuario (Colabroy & Bell, 2019). Lo anterior se ha considerado como uno de los principales inconvenientes en adoptar estas herramientas en un entorno académico (Nickla & Boehm, 2011).

Según lo anterior, los ELN empleados han mostrado un alto costo e inflexibilidad en su desarrollo para los usuarios, por lo tanto, al momento de seleccionar un ELN, se toman en cuenta los siguientes aspectos: costo, compatibilidad de plataforma y almacenamiento de datos, que en su mayoría son de fácil uso (Gupta et al., 2019). Por ejemplo, plataformas en la web o en la nube como Blogs, Google Docs y Wikis tienen entre sus ventajas ser herramientas de uso gratuito pero robusto, con sistemas de calidad que garantizan tanto la integridad como la prevención de la pérdida de datos.

1.1.2. ELN como entorno de aprendizaje

Algunas investigaciones en el campo de la educación en las ciencias químicas han mostrado buenos resultados al emplear estas herramientas. La aplicación basada en web ha permitido la adquisición, gestión, almacenamiento de datos, procesamiento de datos, compartir los datos registrados (Tremouilhac et al., 2017) y facilita al docente aplicar metodologías de enseñanza, evaluación y control sobre interacciones en el aula (Wiig et al., 2019). Por ejemplo, las plataformas en Wiki como Chem Wiki ofrecen la oportunidad de ampliar la colaboración de una manera más eficaz e interactiva dentro y fuera del laboratorio. Igualmente, se mejora la relación profesor y estudiante ya que la plataforma Wiki permite responder las preguntas o iniciar un debate grupal de manera remota (Iii & Fraiman, 2010).

Lo anterior muestra que los ELN en colaboración con los usuarios tanto profesores y estudiantes tienen como finalidad crear un archivo de datos o un registro histórico de todo el laboratorio o grupo de investigación bajo una revisión libre y constante a través de su libre acceso y comentarios descriptivos por parte de los miembros evitando la pérdida de información. Asimismo, se apoyan los derechos de propiedad intelectual y se protege al investigador o estudiante de acusaciones por mala conducta en su trabajo (Nickla & Boehm, 2011).

Alfabetización digital

Alfabetización digital se ha definido como el dominio de ideas, lista de habilidades y técnicas específicas que son eficientes de las tecnologías digitales, que exige una evaluación de la

información desarrollándose en tres niveles: competencia digital, aplicación profesional/disciplinar e innovación/creatividad (Monteiro & Leite, 2021).

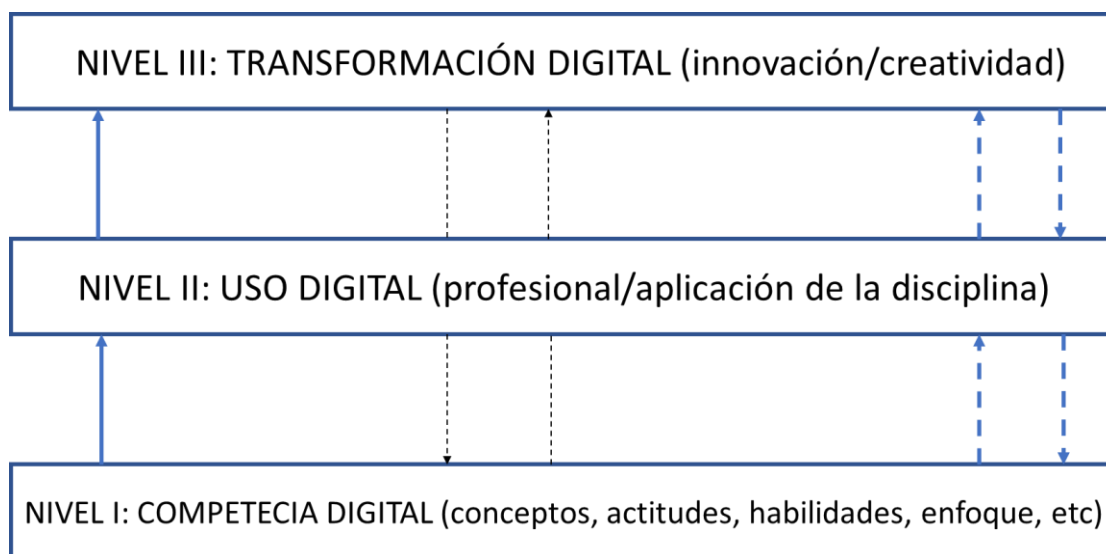


Figura 1. Niveles de la alfabetización digital. (Monteiro & Leite, 2021)

Según la figura 1, el nivel 1, la "competencia digital" es un presaber para poder emplear la alfabetización digital y poder construir un enfoque crítico y evaluativo, como el manejo de un software (Mac, Windows, iOS, Android) lo cual mejoraría la enseñanza de la alfabetización digital ya que se aprovecha la familiaridad del estudiante con sus propios dispositivos. El nivel 2, "uso digital", hace énfasis a ampliación de las competencias digitales en un ámbito de conocimiento específico. Y finalmente el nivel 3, "transformación digital", aporta cambios significativos a nivel profesional o en un dominio conceptual. Los cuadernos electrónicos de laboratorio permiten fomentar la alfabetización digital y el aprendizaje colaborativo en química, a través del trabajo en grupo y el uso de plataformas digitales, que en su mayoría con de fácil uso (Van Dyke & Smith-Carpenter, 2017).

1.1.3. Cuadernos electrónicos de laboratorio: Wiki

El uso de la plataforma wiki ha funcionado como un entorno de aprendizaje para estudiantes de pregrado en el laboratorio de química y facilita la comunicación de resultados experimentales, responsabilidad individual de manejar las herramientas, ingresar información y realizar un plan de trabajo grupal (Lawrie et al., 2016) (Van Dyke & Smith-Carpenter, 2017). También se ha encontrado que el uso de Wiki como cuadernos electrónicos de laboratorio, facilita la evaluación del uso de herramientas de química computacional a través de la documentación digital de los resultados obtenidos. Asimismo, permitió la retroalimentación a cada estudiante en forma de discusión Wiki (Hii et al., 2015). Adicionalmente, el uso de un entorno wiki permite al estudiante mejorar competencias relacionadas con planificación y organización

temporal; y al docente le permite desarrollar habilidades para su aplicación e incursionar en modelos pedagógicos para su incorporación (Hervás-Torres, 2020).

Algunos sistemas Wiki bastante conocidos se encuentran registrados en la tabla 1, donde Wiki.js y Dokuwiki son sistemas Wiki compartidos que permiten el desarrollo de herramientas que facilitan el cuestionamiento, el significado de los datos y el conocimiento, su interrelación, accesibilidad y propiedad en forma de una cultura científica libre y abierta.

Tabla 1. Lista de Wikis existentes hasta la fecha

Wiki	Descripción
Wikipedia	Enciclopedia virtual de contenido abierto que puede ser modificada por cualquier usuario. Hace parte del proyecto Wikimedia.
Wikiversity	Contiene recursos de aprendizaje e investigación, hace parte del proyecto Wikimedia.
Wiki.js	Wiki de código abierto, basada en Node.js, Git y Markdown para edición y escritura.
Dokuwiki	Aplicación wiki con licencia GPLv2, escrita en el lenguaje PHP.
Wikispaces	Es una wiki que facilita la creación y planificación de un espacio personal

Por ejemplo, LIMS.WIKI (https://www.limswiki.org/index.php/Main_Page) es una enciclopedia de información de laboratorio de salud y ciencia en la nube basado en un software de Mediawiki. En ella, investigadores de distintas universidades publican avances y resultados de sus proyectos, cuenta con un glosario práctico que filtra y facilita de manera ordenada la información a través del acceso de páginas.

1.1.4. Wiki.js

Wiki.js es un proyecto de código abierto que permite el acceso e instalación en diferentes sistemas operativos (Lixandriou et al., 2019). La información es presentada en la raíz o puede organizarse en subcarpetas (Ver Figura 2). Permite realizar búsqueda de páginas

y la creación de las mismas en diferentes códigos, html, WYSIWYG y Markdown, barra de búsqueda global o por etiqueta, historial de edición e ingreso y sesión de comentarios. Wiki.js tiene la opción de control del usuario y la información puede ser pública, lo que la hace una herramienta interactiva en el ámbito académico.

Por sus características, el Wiki.js es una herramienta ideal para implementación de trabajo colaborativo, tal como se requiere en los laboratorios de química.

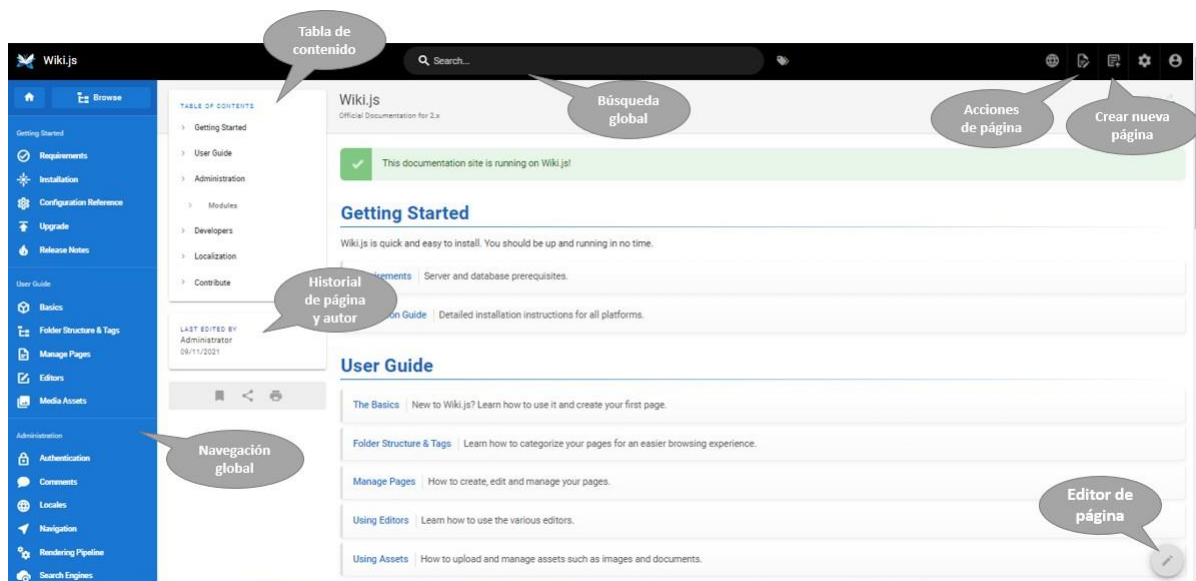


Figura 2. Interfaz general de la Wiki.js. La figura señala de manera general cada organización de la interfaz de Wiki.js. Tomado de: <https://docs.requarks.io/>

1.2. POGIL y POGIL-PCL

1.2.1. POGIL

El Aprendizaje Guiado Basado en la Indagación es una pedagogía desarrollada en 1993 por Rick Moog, John Farrell y Jim Spencer empleado inicialmente en Franklin & Marshall College con un enfoque de aprendizaje activo en la enseñanza de la química (Libby, 2008). Es una estrategia pedagógica que proporciona un entorno de aprendizaje basado en la investigación guiada a través de una serie de preguntas que promueven la construcción de conocimientos bajo el marco de un ciclo de aprendizaje (Rodríguez et al., 2020). El ciclo de aprendizaje, es un ciclo de instrucción orientado a la indagación guiada la cual se desarrolla en tres pasos generales. En el primer paso los estudiantes realizan una exploración de conocimientos basada en algunos datos, modelos o información dada; en el segundo paso los estudiantes construyen el concepto que se pretende enseñar y finalmente el tercer paso es la aplicación de lo aprendido. Con este modelo los estudiantes

analizan, discuten y concluyen ideas a través de un trabajo grupal para resolver problemas planteados dentro del aula de clase (Spencer & Moog, 2008).

Este marco pedagógico se caracteriza por implicar la participación activa y el uso de habilidades adquiridas durante cada ciclo de aprendizaje. Entre ellas cabe resaltar la comunicación oral y escrita, el procesamiento de la información, evaluación de aprendizaje, la alfabetización científica y el pensamiento crítico de los estudiantes.

1.2.2. POGIL-PCL

El modelo de POGIL-PCL (por sus siglas en inglés: *Physical Chemistry Laboratory*) se ha empleado a los laboratorios de fisicoquímica en los cuales se desarrolla prácticas experimentales aplicando los principios de POGIL. Los temas más empleados en talleres POGIL-PCL están relacionados con propiedades de los gases, entalpía, entropía, energía de Gibbs, equilibrio químico, cinética, química cuántica, espectroscopías químicas general, entre otras (Hunnicuttt et al., 2017; J. A. Phillips et al., 2019; Robert M. Whitnell, 2019; Stegall et al., 2016).

En la implementación de POGIL-PCL el docente proporciona una serie de actividades ya planificadas con determinados criterios (indagación guiada, pensamiento de datos y análisis de datos) durante el ciclo de aprendizaje (Aiman et al., 2020). El ciclo inicia cuando el instructor genera una pregunta problema dada a los estudiantes, los cuales a partir de descubrimientos construyen el conocimiento y resuelven el problema planteado (Ver Figura 3).

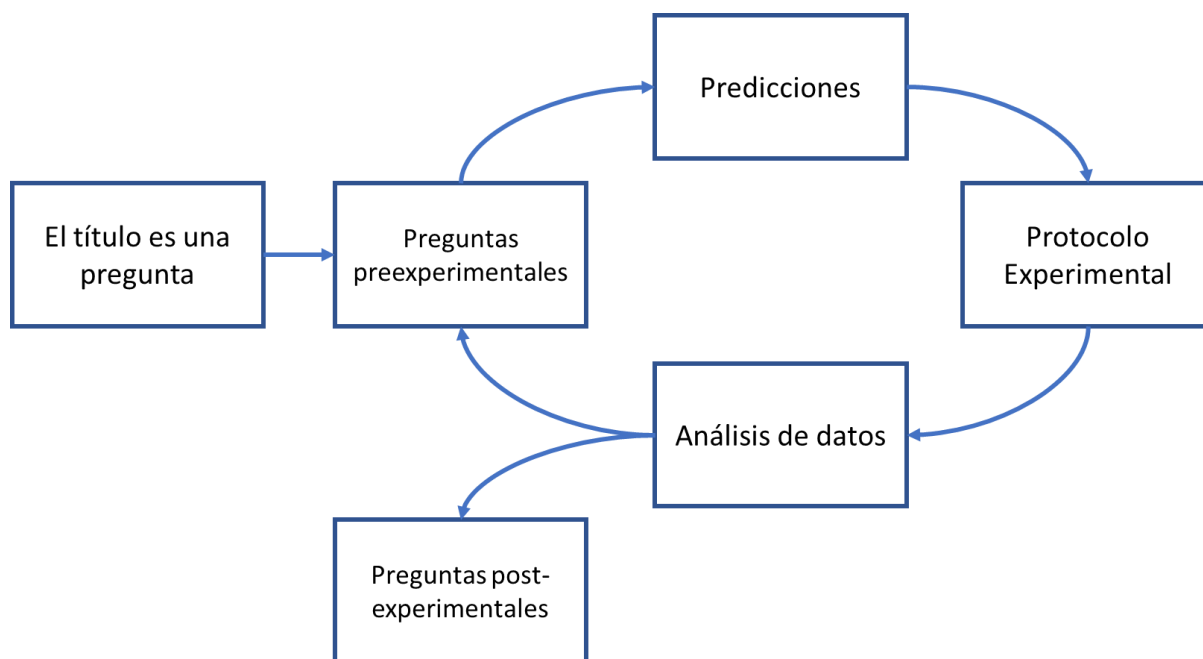


Figura 3. Plantilla de experimento POGIL-PCL. La figura muestra el ciclo de aprendizaje de POGIL-PCL. (Hunnicuttt et al., 2015).

- **Preguntas preexperimentales/Predicciones** (por sus siglas en inglés *Pre-Experiment questions / Predictions*): Como se observa en la figura 3, el ciclo de aprendizaje inicia con un conjunto de preguntas previas al desarrollo de la práctica realizadas por los estudiantes para dar posibles soluciones al problema en cuestión, generalmente esta información indagada (conceptos básicos, protocolos experimentales, tratamientos de datos, etc.) son registrados en sus cuadernos de laboratorio.
- **Protocolo experimental** (por sus siglas en inglés *Experimental protocolo*): Generalmente en POGIL-PCL se realiza una intervención por parte del instructor para explicar el procedimiento experimental a través de indagación guiada para cada experimento realizado.
- **Análisis de datos** (por sus siglas en inglés *Thinking About the Data (TATD)*): Los estudiantes a partir de sus descubrimientos deben entender el tratamiento de los datos obtenidos experimentalmente.
- **Preguntas post-experimentales** (por sus siglas en inglés *Post-Experiment Question*): En este paso se fortalece el aprendizaje metacognitivo en el cual el estudiante propone la solución experimental de lo aprendido. Los estudiantes construyen el conocimiento, analizan, discuten ideas, concluyen y resuelven problemas.

1.2.3. Rol del instructor

En los talleres POGIL el conocimiento se genera a partir de interacciones entre experiencias e ideas. El estudiante se desenvuelve en un entorno investigativo al que el docente adopta el rol

de facilitador o guía. Normalmente, un docente desempeña el papel de conferencista a través de una charla didáctica poco eficiente, ya que algunos estudiantes comprenden solo una parte del contenido debido a distractores externos (Teague, 2020).

1.2.4. Rol del estudiante

Los talleres POGIL están diseñadas para la construcción, profundización y aplicación de conocimientos en los estudiantes. Sin embargo, dentro del trabajo grupal los estudiantes participan en los talleres generalmente bajo unos roles establecidos por ellos mismos o el facilitador (Myers et al., 2012).

- Director: se asegura de que los miembros del equipo cumplan sus funciones, participa en las actividades y comprenden los conceptos.
- Registrador: anota las discusiones del grupo y los aspectos importantes de las observaciones del grupo, las percepciones y los conceptos significativos aprendidos.
- Presentador: expone de manera precisa de los avances y resultados.
- Reflector (opcional): observa la dinámica, el comportamiento y el rendimiento del grupo y puede ser llamado a informar al grupo (o a toda la clase).

Ahora con el marco interactivo-constructivo-activo-pasivo se identifica la participación cognitiva de los estudiantes durante la elaboración de los talleres POGIL. Asimismo, se puede analizar los niveles de participación de los estudiantes, basándose en la idea de que estos roles son causados por los procesos cognitivos subyacentes de cada alumno. Los niveles organizados (de mayor a menor participación) son los siguientes:

1. Interactivo: Los estudiantes se agrupan de dos o más estudiantes para dar respuesta de manera grupal la pregunta.
2. Constructivo: Los estudiantes generan más información además de la mostrada en el taller (preguntas, hipótesis y comparando información).
3. Activo: Los estudiantes refuerzan el hacer con el material presentado, por ejemplo, tomar notas, copiar soluciones en el tablero, investigar y recordar conceptos.
4. Pasivo: Estudiantes que solo prestan atención, pero no realizan nada más que observar, como tomar notas y leer apuntes de ellos mismos.

1.2.5. Aplicación de POGIL-PCL

Las metodologías de enseñanza basadas en talleres POGIL-PCL ha expuesto resultados positivos que fomenta el aprendizaje autónomo, colaborativo y significativo en cursos de fisicoquímica abordando temas de termodinámica e ingenierías, equilibrio y cinética, química

cuántica y espectroscopías. Investigaciones recientes han proporcionado estos entornos de aprendizaje activos en cursos de laboratorio de fisicoquímica (Lombardi et al., 2021). Adicionalmente, se ha demostrado en investigaciones que las preguntas de pensamiento crítico y el análisis de datos experimentales refuerzan el aprendizaje metacognitivo en los estudiantes (Selco, 2018). Asimismo, se ha evidenciado que las fases del taller POGIL-PCL en algunos alumnos pueden dedicar más tiempo para poder definir cuál es el problema, resolver las preguntas, determinar qué datos recoger y realizar el respectivo análisis. Sin embargo, cada ciclo mejora el entendimiento y manipulación de ecuaciones y conceptos para resolver problemas cotidianos (Cole et al., 2020).

El estudio de los talleres POGIL-PCL facilitó el desarrollo de nuevas alternativas de versiones anteriores de laboratorios y ha promovido el aprendizaje de los alumnos a través en la indagación, la predicción y la toma de decisiones en temas que resultan menos relevantes de termodinámica (Hunnicuttet al., 2017). El desarrollo de un taller POGIL-PCL compromete la participación activa del estudiante en el proceso de aprendizaje debido al apoyo del facilitador en la comprensión de contenido relacionado a la química y física, la alfabetización científica y el pensamiento crítico de los estudiantes.

Asimismo, algunas investigaciones han empleado las tecnologías de enseñanza, desarrollando experimentos computacionales POGIL-PCL para fomentar el uso de herramientas basada en la web como WebMO y Chem Compute y la química computacional (Robert M. Whitnell, 2019). El uso de herramientas informáticas en los talleres generó en el estudiante un interés en adquirir habilidades en las mismas. También se ha demostrado que los estudiantes consideran más atractivo el enfoque del mundo real en los conceptos trabajados.

1.3. Enseñanza de capacidad calorífica de un gas en laboratorio de fisicoquímica

En los cursos de fisicoquímica experimentales, se ha observado que para definir la capacidad calorífica de un gas se hace introducción de una situación en la que se busca medir una cantidad de calor determinando un ΔT de un objeto o sistema de capacidad calorífica conocida. Por consiguiente, se define capacidad calorífica C , como dq/dT (cantidad infinitesimal de calor transferido al objeto respecto a una cantidad infinitesimal de temperatura).

$$dq = C dT$$

Algunos textos, definen la capacidad calorífica como la propiedad termofísica más importante de la materia ya que relaciona la dependencia de la temperatura de las funciones

termodinámicas fundamentales. Específicamente para los gases, se define un sistema ideal que representa un gas monoatómico ideal de masa puntual (la energía interna U es igual a la energía cinética de las moléculas), esta energía es proporcional a la cantidad de gas y a la temperatura; por tanto, se puede estudiar los cambios de temperatura considerando niveles energéticos de las moléculas (rotacional y vibracional). A su vez este sistema permite definir la capacidad calorífica molar a volumen y presión constante de un gas.

Para los gases la capacidad calorífica molar, puede determinarse mediante calorimetría de flujo de vapor o mediante mediciones de la velocidad del sonido. En este proyecto se hizo énfasis tres métodos diferentes que permiten determinar la capacidad calorífica de un gas: el primero se basa en determinación de C_p y C_v , el método expansión adiabática de un gas y Tubo de Kundt. Asimismo, con la implementación de los talleres POGIL-PCL asistido por un cuaderno electrónico de laboratorio se pretende discutir sobre los tres métodos y su eficiencia a través del método didáctico indagación guiada (Ruder & Stanford, 2020). Esta discusión aumenta considerablemente el potencial de enseñanza dentro del curso experimental de fisicoquímica. Las tres prácticas de laboratorio empleadas son las siguientes:

1.3.1. Método directo

Es un método que calcula las capacidades caloríficas C_v y C_p de un gas a partir de los cambios de presión y volumen. En principio la capacidad calorífica molar C una sustancia resulta de la cantidad de calor absorbido y el cambio de temperatura producido por un mol de sustancia (Levine, 2004). El experimento empleado es el mencionado en el manual de laboratorio de PHYWE, el cual consiste en el aumento de temperatura a presión constante produce un aumento de volumen que se puede determinar con ayuda de una jeringa de gas y el aumento de temperatura en un sistema isocórico se traduce como un aumento de presión, la cual se mide con ayuda de un manómetro (KG, 2008;p.24). Las ecuaciones 1 y 2 permiten cuantificar C_v y C_p respectivamente.

$$C_v = \frac{p_0 V_0}{T_0} \left(\frac{U \cdot dt}{(ap+V) \cdot dp} - \frac{ap}{ap+V} \right) \quad \text{Ecuación 1}$$

$$C_p = \frac{p_0 V_0}{T_0} \left(\frac{U \cdot l}{p} \right) \cdot \frac{dt}{dV} \quad \text{Ecuación 2}$$

1.3.2. La expansión adiabática de los gases

En este método se asume el comportamiento del gas como un gas ideal donde ocurre una expansión adiabática irreversible a una presión opuesta constante (atmosférica). El experimento se realiza presurizando un gas (P_1) en un recipiente grande a temperatura ambiente (T_1), luego liberando el gas a presión atmosférica (P_2) y volviendo a cerrar rápidamente antes de que se produzca una cantidad apreciable de transferencia de calor entre el sistema y el entorno. Después de que se ha establecido el equilibrio térmico se toma la presión final (P_3). Como se supone un proceso reversible, la ecuación adiabática se combina con la ecuación isotérmica obteniendo la siguiente ecuación (Moore, 1984).

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{\log \frac{P_1}{P_2}}{\log \frac{P_1}{P_3}} \quad \text{Ecuación 3}$$

Algunos estudios han obtenido resultados cercanos a las capacidades caloríficas teóricas registradas ya que el aislamiento de un gas real no es perfecto y el gas de escape se mezcla con la atmósfera circundante. Adicionalmente, este experimento ha resultado ser un obstáculo para los estudiantes entender el concepto de reversibilidad en una situación irreversible (Bertrand & McDonald, 1819). Empleando la relación de Maxwell se tiene la ecuación 4 la cual se empleó para determinar las capacidades caloríficas molares a presión y volumen constante.

$$C_p = R \frac{\log \frac{P_2}{P_1}}{\log \frac{P_2}{P_3}} \quad \text{Ecuación 4}$$

1.3.3. Experimento del tubo de Kundt

Es una metodología muy empleada y estudiada, relacionan la velocidad del sonido del gas y la relación de capacidad calorífica molar de un gas, empleando el experimento del tubo de Kundt (Bryant & Morgan, 2004). La relación de capacidad calorífica para un gas, γ , en el tubo de Kundt se puede calcular midiendo el cambio de presión durante una expansión adiabática, dentro del tubo. La rápida expansión y compresión de las moléculas de gas, no transfiere calor, pero producen ondas sonoras. La ecuación 5 muestra la relación entre γ y la velocidad del sonido. La velocidad del sonido en un gas depende de su temperatura, masa molar y relación $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ (capacidad calorífica a presión constante a capacidad calorífica a volumen constante); donde M es la masa molar del gas, y c es la velocidad de sonido en el medio

gaseoso. Al emplear la ecuación de los gases ideales y la ecuación 5 se obtiene la ecuación 6; con la cual se determina la capacidad calorífica molar a volumen y presión constante.

$$\gamma = \frac{Mc^2}{RT} \quad \text{Ecuación 5}$$

$$\gamma = 1 + \frac{R}{C_{V,m}} \quad \text{Ecuación 6}$$

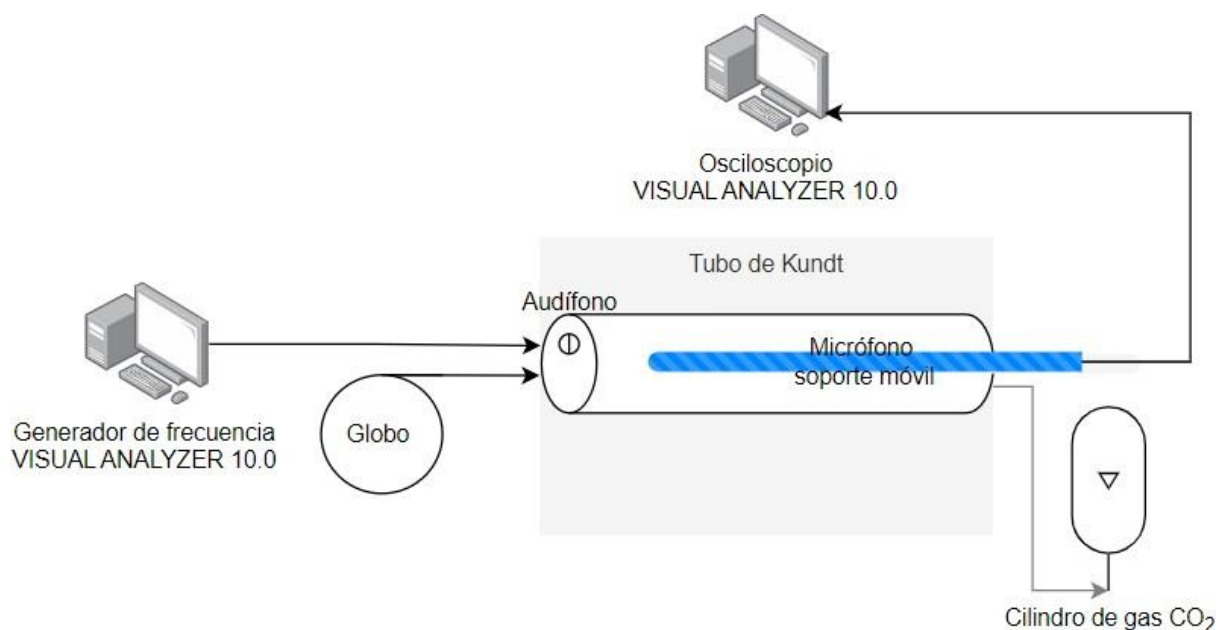


Figura 4. Montaje experimental del tubo de Kundt. La figura muestra el montaje realizado para la determinación de capacidad calorífica de los gases. Fuente: Autor del proyecto.

En la figura 4 se observa la representación sencilla del tubo Kundt para determinar la capacidad calorífica. La tapa del extremo izquierdo sostiene un auricular de radio. La tapa del extremo derecho tiene un pequeño micrófono conectado al osciloscopio o interfaz que permite realizar el análisis acústico. En cada extremo del tubo se unen dos mangueras como líneas de entrada y salida del gas.

Algunos estudios al emplear materiales e interfases diferentes desarrollan un método preciso y reproducible en diferentes gases, con velocidades determinadas dentro del 0,2% de los valores aceptados y valores de capacidad calorífica cercanas a los registrados (Molek et al., 2015; Varberg et al., 2017). Los gases más empleados en esta práctica son el helio, el nitrógeno y el dióxido de carbono ya que son gases no inflamables y no son tóxicos a las concentraciones generadas en este experimento.

1.4. Aprendizaje activo y colaborativo

Aprendizaje activo

El aprendizaje activo promueve la construcción de conocimiento y profundización del compromiso en los estudiantes e instructores a través del aumento de participación de los estudiantes en el aula, el laboratorio o las experiencias de campo. Este aprendizaje refuerza la participación socio-conductual, cognitiva y emocional en las tareas de aprendizaje relacionadas con la ciencia lo cual mejora el rendimiento académico del alumno.

En los laboratorios se ha demostrado que el aprendizaje activo se obtiene con experiencias de laboratorio. Donde el instructor implica niveles de participación con experiencias directas de fenómenos, datos científicos, modelos científicos y prácticas que guían la interpretación científica de las observaciones, el análisis de datos y la construcción y aplicación de modelos (Lombardi et al., 2021).

Aprendizaje colaborativo

La construcción activa de conocimiento ocurre dentro de un estudiante o estudiantes que trabajan en equipos. En química se han empleado diferentes metodologías que facilitan la construcción de conocimientos en un ecosistema de comunicación. Existen metodologías empleadas en química de un solo estudiante o entre varios estudiantes, como actividades por pares (solución de un conjunto de problemas) y aulas invertidas. Dichas metodologías han mostrado mejoras en el aprendizaje con respecto a cursos tradicionales basados en una conferencia como herramienta didáctica (Lombardi et al., 2021).

1.5. Marco de evaluación LEPO

El marco LEPO (“Learning Environment, Process, Outcomes” por sus siglas en inglés) es un marco de evaluación conceptual que permite observar y analizar las interacciones entre el estudiante y el instructor. Asimismo, permite conocer la participación de ambos en el entorno de aprendizaje, en el proceso de aprendizaje y en los resultados del aprendizaje (R. Phillips et al., 2010a).

- “Learning Environment”: El entorno de aprendizaje promueve la comprensión del entorno del aula de clase, el programa académico, el tiempo o duración de estudio individual y las preferencias del estudiante en un proceso de aprendizaje ya sean tradicionales o tecnológicas (Wong et al., 2021). El docente puede modificar el entorno en que se aprende y el estudiante debe trabajar en dicho entorno de aprendizaje.

- “Learning Process”: El proceso de aprendizaje abarca todas las actividades cognitivas realizadas tanto por el estudiante como por el docente. Son actividades desarrolladas de manera individual y colaborativa (Lawrie et al., 2016).
- “Learning Outcomes”: Los resultados de aprendizaje son conceptos demostrados por los estudiantes y evaluados por los docentes en un proceso de aprendizaje. También se ha demostrado que el resultado de aprendizaje se favorece con la orientación del instructor.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

- Implementar la metodología POGIL-PCL asistida por seguimiento a través de un ELN en la práctica de capacidad calorífica de los gases de la asignatura de laboratorio de Fisicoquímica II de la Escuela de Química de la UIS.

2.2. Objetivo Específico

- Diseñar e implementar un ELN basado en Wiki.js que permita la recolección de los datos experimentales en los laboratorios de enseñanza.
- Planificar guías de laboratorio bajo el marco POGIL-PCL en el laboratorio de FQ para la adquisición de los conceptos relacionados con las mediciones de calor específico de gases.
- Recolectar y analizar los resultados del aprendizaje de los estudiantes al emplear el taller POGIL-PCL y el cuaderno electrónico ELN en un laboratorio de fisicoquímica, teniendo en cuenta la metodología LEPO.

3. Diseño metodológico

3.1. Creación del ELN, Notebook Lab UIS basado en wiki.js

Inicialmente se instaló el cuaderno electrónico de laboratorio Notebook Lab UIS es un software desplegado en el servidor basado en Linux como sistema operativo, se empleó Apache como servidor Web, PostgreSQL como base de datos y como interfase de usuario Wiki.js, en un ordenador ubicado en la sede central de la Universidad Industrial de Santander. Posteriormente, se crearon los manuales de instalación (Ver Apéndice A) y manual de usuario para el manejo del Notebook Lab UIS como cuaderno electrónico de laboratorio (Ver Apéndice B). Finalmente, se solicitó a redes de la Universidad el acceso público del cuaderno electrónico de laboratorio.

3.1.1. Diseño del Notebook Lab UIS

Notebook Lab se configuró como cuaderno electrónico de laboratorio conservando la interfaz general de la wiki.js. Inicialmente se diseñó la página de HOME (ruta donde se redirige el usuario) en código Markdown. Seguidamente, se diseñaron las páginas plantillas de la página principal para el cuaderno electrónico de laboratorio y el taller de capacidad calorífica de un gas en código Markdown y Visual Editor respectivamente. Posteriormente, se crearon los grupos y se habilitaron los permisos de: read:pages, write:pages, read:assets, write:assets, manage:assets, read:coments y write:coments que cumplen con las reglas de páginas para cada grupo bajo rutas específicas. Finalmente, se crearon los usuarios con su respectiva contraseña y se asignaron en diferentes grupos.

3.1.2. Alfabetización Digital

Se explicó el manejo del cuaderno electrónico de laboratorio Notebook Lab UIS. Inicialmente se crearon las cuentas de usuario a cada estudiante y se asignaron a grupos de trabajo. Seguidamente, los estudiantes ingresaron desde sus celulares al cuaderno electrónico con su correo institucional y contraseña asignada por el instructor. Posteriormente, se les pidió a los estudiantes editar la página principal del cuaderno grupal desde una sola cuenta fomentando el manejo del Notebook Lab UIS según los intereses del aprendiz y herramientas de ayuda brindadas por la plataforma. Finalmente, el instructor les solicitó a los estudiantes explorar la herramienta una semana antes de iniciar el laboratorio para resolver dudas sobre el manejo, edición e ingreso al cuaderno electrónico.

3.2. Elaboración de los procedimientos de medición

Se elaboraron los procedimientos y guías de laboratorio para el instructor y el alumno, enfocado en la medición de la capacidad calorífica molar de un gas comparando tres métodos

experimentales que son método tradicional, expansión adiabática de gases (Moore, 1984) y mediante el experimento del tubo de Kundt (Varberg et al., 2017; Bryant & Morgan, 2004).

3.2.1. Método tradicional

Se realizó el montaje en condiciones isocóricas para calcular C_v y a presión constante para C_p , siguiendo la metodología descrita en el manual de prácticas del laboratorio de fisicoquímica II de la Universidad Industrial de Santander (Rodríguez Guizar & Gonzalez Altamirano, 2013).

3.2.2. Expansión Adiabática

El montaje experimental consta de un recipiente de plástico de 20 L que cuenta con tres conexiones: entrada de gas, salida de gas y la conexión al módulo de medición de gas (Ver Figura 5).

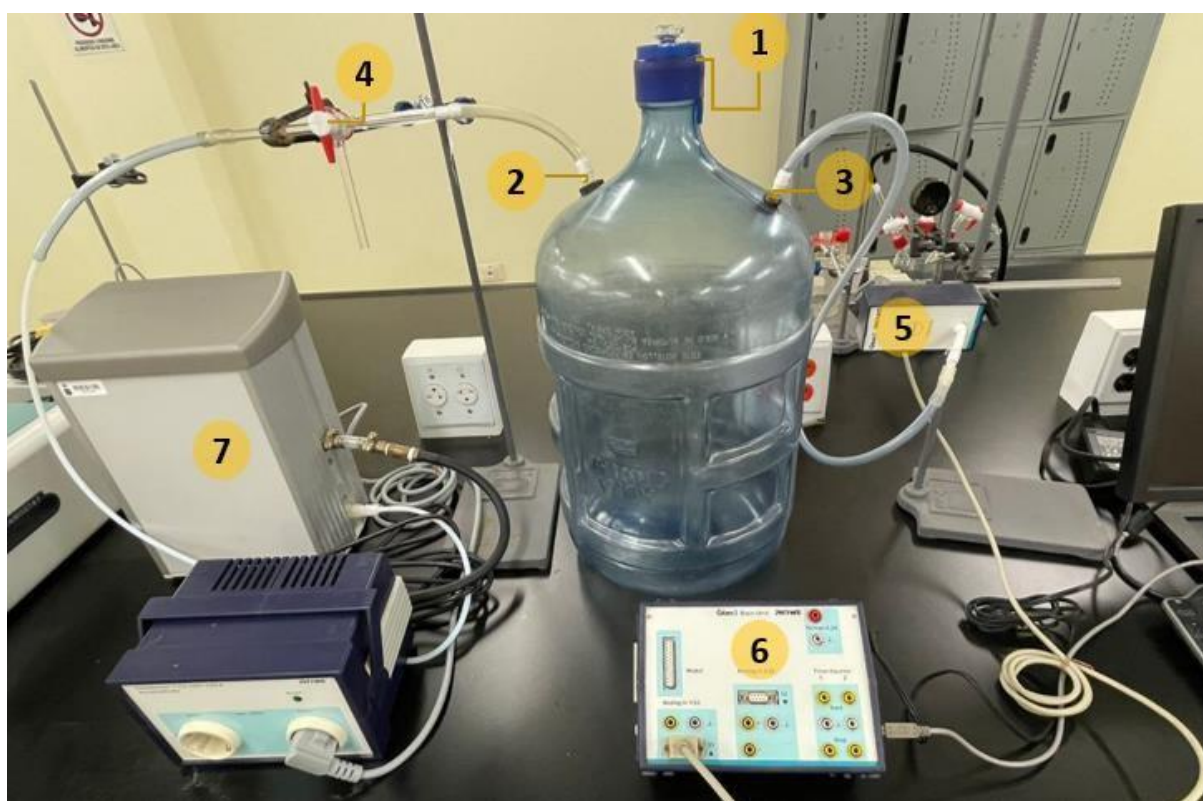


Figura 5. Montaje experimental para expansión adiabática de los gases. (1) Salida de gas, tapón esmerilado plástico de 20L, (2) Entrada de gas al recipiente, (3) Unión con el módulo de medición de presión, (4) Llave de tres vías, (5) Unidad básica COBRA 3 Marca PHYWE y (7) Bomba de vacío. (Fuente: Autor del proyecto).

La entrada de gas está conectada a una llave de tres vías a través de una manguera, la llave conecta el recipiente de plástico con la fuente de gas. La salida de gas está regulada por un tapón esmerilado, el cual se retira de manera manual. La tercera salida está conectada a través de una manguera al módulo de medición de presión de la unidad básica de Cobra 3.

El experimento consiste en agregar gas a volumen constante hasta aumentar la presión del sistema a 1000 hPa, luego de 1 min se espera a que la presión se estabilice; después se retira el tapón esmerilado y se tapa nuevamente de manera rápida. Finalmente, se miden los tres cambios de presión del sistema con ayuda del software Cobra 3 Ley de los gases.

3.2.3. Velocidad del sonido. Tubo de Kundt

Para el montaje experimental se empleó un tubo acrílico de 1,5 m de longitud y 4,5 cm de diámetro (Ver figura 6), el tubo está sellado a sus extremos con dos tapas cuadradas con agujeros que permite la entrada y salida del gas, y a su vez las conexiones del micrófono y el auricular. El experimento fue diseñado para generar y medir una señal de frecuencia; la tapa de la izquierda permite la conexión del auricular la tapa de la derecha permite la conexión con el micrófono. El micrófono está contenido dentro de un tubo de PVC de 0,65 cm de diámetro el cual permite sujetar y mover el micrófono en el interior del tubo acrílico.



Figura 6. Montaje experimental tubo de Kundt. (1) Tubo acrílico de $1,42 \text{ m} \pm 0,02 \text{ m}$, (2) Tapa izquierda, conexión de auricular y salida de gas, (3) Tapa derecha, conexión del micrófono y entrada de gas, (4) Bomba R12 blanca. (Fuente: Autor del proyecto).

Para generar y medir la señal se implementó el programa VISUAL ANALYZER 10.0 versión gratuita. El auricular está conectado a una computadora personal que tiene instalada la interfaz VISUAL ANALYZER 10.0 en modo Wave On y el micrófono está conectado a la computadora institucional, que tiene instalado la interfaz VISUAL ANALYZER 10.0 en modo Osciloscopio.

3.3. Implementación de la propuesta didáctica

El desarrollo de la práctica de laboratorio “Capacidad calorífica molar de un gas” se realizó basándose en la metodología presentada en (Lawrie et al., 2016). Se hizo entrega del manual de usuario y la rúbrica de evaluación del trabajo en la práctica de laboratorio de capacidad calorífica de los gases a los estudiantes una semana antes de iniciar clase (ver Apéndice D)

3.3.1. Construcción del taller de laboratorio bajo el marco POGIL-PCL

El taller de Capacidad calorífica molar de un gas basado en los lineamientos POGIL-PCL está constituido de tres ciclos de aprendizajes los cuales estarán apoyados en los tres métodos experimentales mencionados anteriormente (ver Apéndice C). Cada clase con una duración de cuatro horas. El taller cuenta con una serie de preguntas guiadas en las cuales los estudiantes predicen fenómenos, reconocen las variables medibles, recolectan y modelan datos, y analizan los resultados obtenidos. El objetivo de la práctica es determinar experimentalmente el valor de la capacidad calorífica molar (C_p y C_v) y la relación de capacidad de calorífica (γ) de una muestra de gas (aire y CO_2) empleando distintos métodos experimentales en cada ciclo.

3.3.2. Implementación del taller POGIL-PCL asistido por Notebook Lab UIS

El laboratorio se desarrolló en grupos máximo de tres estudiantes. En los tres ciclos los estudiantes debían realizar las preguntas de la sesión preexperimental, la sesión experimental y toma de datos, la sesión de tratamiento y análisis de datos. Finalizados los tres ciclos, debían responder las preguntas postexperimentales.

Cada avance del taller se debía registrar en el cuaderno electrónico basado en el software Wiki.js (página personal, observaciones y repositorios). El instructor realizó intervenciones dentro del aula de clase antes y durante la práctica experimental con ánimo de aclarar dudas. Adicionalmente el instructor facilita material de apoyo (artículos, textos y capítulos de libros)

3.3.3. Evaluación de la implementación.

La propuesta didáctica se evaluó bajo el marco LEPO (“Learning Environment, Process, Outcomes” por sus siglas en inglés) basado en el análisis empleado por (Lawrie et al., 2016). LEPO es un marco de evaluación conceptual que permite observar y analizar las interacciones entre el estudiante y el instructor. Asimismo, permite conocer la participación de ambos en el entorno de aprendizaje, en el proceso de aprendizaje y en los resultados del aprendizaje (R. Phillips et al., 2010b) (R. Phillips et al., 2010a).

- a) *Evaluación de la plataforma Notebook Lab UIS como entorno de aprendizaje:* Se evaluaron todas las contribuciones individuales y grupales del alumno durante la alfabetización digital y la elaboración de los tres ciclos de aprendizaje del taller “Capacidad calorífica molar de un gas” bajo los lineamientos POGIL-PCL (Trentin, 2009). Las contribuciones son: frecuencias de edición, imágenes insertadas, creación de tablas, edición de fórmulas y creación de páginas. Para los grupos de estudiantes de laboratorio se realizó la recolección de los datos cuantitativos y cualitativos de manera secuencial. Esta secuencia se reorganizó dependiendo de la categoría establecida para el análisis (Trentin, 2009). Las categorías son: Utilidad de la herramienta, trabajo

colaborativo y uso de recursos electrónicos.

- b) *Evaluación de los resultados del aprendizaje grupal en los estudiantes:* Se evaluaron los resultados obtenidos de cada grupo a través de la rúbrica donde se observa las frecuencias de participación y respuestas de los estudiantes, la comprensión de conceptos de capacidad calorífica de los gases, la interpretación y análisis de datos y el rendimiento académico al finalizar el taller “Capacidad calorífica molar de un gas”. Se evaluó el trabajo grupal bajo los siguientes criterios: asignación de roles y aprendizaje colaborativo aprovechando la opción de historial e hipertexto dentro de la página.
- c) *Evaluación de la percepción en los estudiantes:* Se realizará una escala de actitudes empleando un cuestionario de preguntas cerradas del método de escalamiento Likert con el fin de medir el experimento y también su frecuencia (Hernández Sampieri et al., 2006). El cuestionario consta de diez y nueve preguntas cada pregunta tendrá cinco opciones de respuesta: totalmente en desacuerdo, desacuerdo, indiferente, de acuerdo y totalmente de acuerdo (Ver Apéndice E). Las preguntas están distribuidas en cuatro elementos:
- Evaluación de la herramienta, se busca identificar las ventajas y desventajas de la herramienta Wiki.js como cuaderno electrónico de laboratorio.
 - Valoración de los estudiantes, se busca evaluar la efectividad del taller POGIL-PCL para la presentación de conceptos termodinámicos.
 - Competencias actitudinales, se busca una autoevaluación en cuanto a la responsabilidad y compromiso en el desarrollo del taller POGIL-PCL.
 - Uso de herramientas TICs se busca crear interés en el alumno al uso de recursos electrónicos en su desarrollo profesional.

4. Discusión de resultados

4.1. Notebook Lab UIS como ELN

4.1.1. Estructura y organización del Notebook Lab UIS.

En la figura 7 se muestra la interfaz general del Notebook Lab UIS. El ELN cuenta con una sesión de Navegación Global (barra azul lado izquierda de la página), la cual contiene el HOME (1), el cuaderno de laboratorio de cada grupo de estudiantes ELN 5 (2) y la página de aula virtual de la UIS como enlace exterior. En la parte superior de la página una barra de búsqueda llamada Búsqueda global (3), la cual permite ubicar las páginas creadas por nombre de la página, por etiqueta y por el contenido. Asimismo, se encuentra la opción Crear nueva página (4) ubicada en la parte superior derecha que tiene como función crear páginas y seleccionar el tipo de editor que puede ser en código HTML, Markdown o Visual Editor; seguido de la opción de crear página se encuentra Usuario (5) esta opción permite editar información del usuario y finalizar sesión.



Figura 7. Interfaz general del Notebook Lab UIS desde el usuario de un estudiante. La imagen muestra la organización estructural del cuaderno de laboratorio. (Fuente: Autor del proyecto). En la imagen se muestra la sesión de Home desde la cuenta de un estudiante que pertenece al grupo 5. <https://notebooklab.uis.edu.co/>

Adicionalmente tiene una Tabla de contenido (6) que organiza el contenido de la página por *headers* de primer, segundo y tercer grado, esta opción permite buscar la información dentro de la página de manera más rápida y sencilla. También, tiene una sesión de Comentarios (7), Historial de página (8) y Links sociales (9), esta última permiten marcar la página, imprimir la página en formato pdf y compartir el URL de la página por correo electrónico, Facebook, LinkedIn, Reddit, Telegram, Twitter, Viber, Weibo y Whatsapp.

Notebook Lab UIS facilita la creación de permisos y reglas de página que permiten personalizar el acceso de información a los usuarios y a los grupos. Además, se encontró que con wiki.js se puede recrear un entorno Wikispaces ya que cumple con las características de creación de páginas individuales para cada grupo, funciona como blackboard o sitio web del laboratorio y de personalizar los permisos de acceso y publicación de páginas (Kristian, 2015). Cabe resaltar, de que este proyecto buscó la creación de un ELN personal y libre de plagio, a lo cual el autor del proyecto denegó el permiso de *read:pages* a usuarios no pertenecientes a un grupo en específico.

4.1.2. Alfabetización Digital

En la semana de exploración, los estudiantes adquirieron destrezas en el manejo de Notebook Lab UIS, dominio en la creación de páginas, edición y búsqueda de información. La mayoría de los cuadernos creados por los estudiantes mostraron una estructura general de hipertexto de jerarquía (Trentin, 2009) Cada grupo de estudiantes editó y organizó la información con textos no secuenciales, generalmente los grupos de estudiantes dividieron la página en tres sesiones: la primera sesión muestra la información de los integrantes del grupo, la segunda corresponden a los tres ciclos; y en algunos grupos la tercera sesión corresponde a las preguntas post-experimentales; es decir, creaban páginas nuevas y las enlazaban con links a la página home ver Figura 8.

Figura 8. Página Home del ELN del grupo 3. Se observa que los estudiantes editaron los nombres, el contenido de la página y enlazaron links (texto subrayado de color azul) de otras páginas creadas, por ejemplo, en cada ciclo se observa que enlazaron páginas preexperimentales y resultados. (Fuente: Autor del proyecto)

También se observó, el correcto uso de los *headers* para organizar la tabla de contenido y estructurar cada página. Las páginas creadas para registrar el desarrollo de cada ciclo eran organizadas por las siguientes sesiones: preguntas preexperimentales, resultados experimentales y tratamientos de datos como se observa en la Figura 9, donde emplearon *headers* de primer orden para los títulos; y para el desarrollo de las preguntas post experimentales, generalmente creaban una nueva página para registrar la información o la anexaba en el tercer ciclo. En la Figura 9, también se observa la creación de una etiqueta: “experimento1” para la página la cual facilitaba la búsqueda global dentro del Notebook Lab UIS. Asimismo, el uso de *headers* y etiquetas le facilitó al instructor la búsqueda de información dentro de cada página y el proceso de calificación de cada ciclo. Por lo anterior,

se evidencia que Notebook Lab UIS como ELN favorece la organización de información dentro de la página a través de creación de textos secuenciales y no secuenciales y por otra parte permite categorizar y realizar la búsqueda de las páginas creadas a través del uso de etiquetas.

Figura 9. Organización de la página del primer ciclo de un cuaderno electrónico del grupo 2. La página pertenece al cuaderno electrónico de laboratorio del grupo 2. Se observa que el contenido de la página se divide en secciones correspondientes al desarrollo del primer ciclo de aprendizaje.

Los resultados de error obtenidos en este proyecto están alineados con los registrados en el trabajo de Kathleen (Kristian, 2015) sobre el error al insertar imágenes y problemas al guardar cambios cuando se realizan ediciones simultáneas en un entorno wiki como ELN. Como, por ejemplo, se observó que los estudiantes tardaron en comprender el proceso de insertar imágenes en Notebook Lab UIS, en algunos casos seleccionaban imágenes en formato diferentes a png o algunas veces no seleccionaban la carpeta correspondiente para subir la imagen. Para el caso de las ediciones simultáneas, los estudiantes editaban desde una sola cuenta las páginas. Sin embargo, los errores mencionados se corregían al observar el manual de usuario.

4.2. Resultados obtenidos de los montajes experimentales para medir capacidad calorífica de un gas: CO₂ y aire

4.2.1. Método tradicional

Con el montaje se obtienen valores de $C_p = 37,0 \pm 6,7$ J/Kmol y $C_v = 29,0 \pm 6,5$ J/Kmol para el aire y $C_v = 32,0 \pm 8,4$ J/Kmol y $C_p = 41,0 \pm 11,7$ J/Kmol para el CO₂. En la tabla 2 se observa

los resultados obtenidos de capacidad calorífica molar a condiciones isocóricas e isobáricas de un grupo de estudiantes, el grupo realizó 10 tiempos de calentamientos diferentes con una fuente de 0,439 A y 5,016 V. Los resultados experimentales obtenidos para el aire y el CO₂, están muy alejados de los valores teóricos, esto se debe a la pérdida de calor al entorno (Rodríguez Guizar & Gonzalez Altamirano, 2013).

Tabla 2. Valores de C_p y C_v con el método tradicional comparados con los valores teóricos

Gas	C_p (J/Kmol)			C_v (J/Kmol)		
	Experimental ^a	Teórico ^b	% Error	Experimental ^a	Teórico ^b	% Error
Aire	34,0	29,1	17,3	25,0	20,8	18,5
CO ₂	37,0	33,3	10,0	32,0	24,9	30,1

(a) Resultados obtenidos por un grupo de estudiantes con $U = 0.439$ y 5.016 V se calcularon con las ecuaciones 1 y 2. Se empleó un manómetro de presión líquido con precisión 0,1 hPa, jeringas de 10 mL de precisión 0,1 mL y contador digital con precisión 0,001 ms (b) Resultados teóricos calculados a partir de los grados de libertad.

4.2.2. Medición de la capacidad calorífica molar de un gas por expansión adiabática

Para calcular γ y C_p se empleó la ecuación de expansión adiabática de un gas de un proceso reversible y la relación de Maxwell (ver ecuación 3 y 4). Con este experimento se obtuvo resultados favorables a presiones iniciales entre 980 hPa - 1000 hPa y a temperatura ambiente igual a 297,15 K, los resultados obtenidos son los siguientes: para el aire se obtuvo $\gamma_{aire} = 1,2 \pm 0,1$, $C_p = 42,2 \pm 4,4$ J/Kmol y $C_v = 34,1 \pm 4,3$ J/Kmol y para el CO₂ se obtuvo $\gamma_{CO_2} = 1,2 \pm 0,1$, $C_p = 43,7 \pm 5,3$ J/Kmol y $C_v = 35,7 \pm 5,5$ J/Kmol.

En la figura 10 se muestra la curva de presión dependiente del tiempo de la expansión del aire y del CO₂. En la gráfica se observa que para los tiempos de 0 s a 10 s y 60 s a 80 s (el sistema está cerrado) la presión tiende a permanecer constante preferiblemente para la muestra de aire; en el caso de CO₂ se observa una pequeña disminución de la presión debido a la fuga del tapón provocando la salida de gas. Asimismo, se resalta que al momento de apertura del sistema específicamente en el tiempo 10 s para el aire y de 5 s para el CO₂ es notoria la caída de la presión de gas favoreciendo la formación de la V, esto demuestra que la técnica de apertura manual del sistema muestra resultados satisfactorios a los esperados. Experimentalmente se observó que el uso de la unidad básica COBRA 3 marca PHYWE con lecturas de presión cada 5 s y al ajustar el tapón esmerilado de salida manual durante la

medición, se logran obtener resultados satisfactorios de γ , C_p y C_v , para ambos gases. En la tabla 3 se muestra los resultados obtenidos por un grupo de estudiantes, los resultados están dentro del rango establecido por el autor del proyecto con % de error aceptables a los valores teóricos.

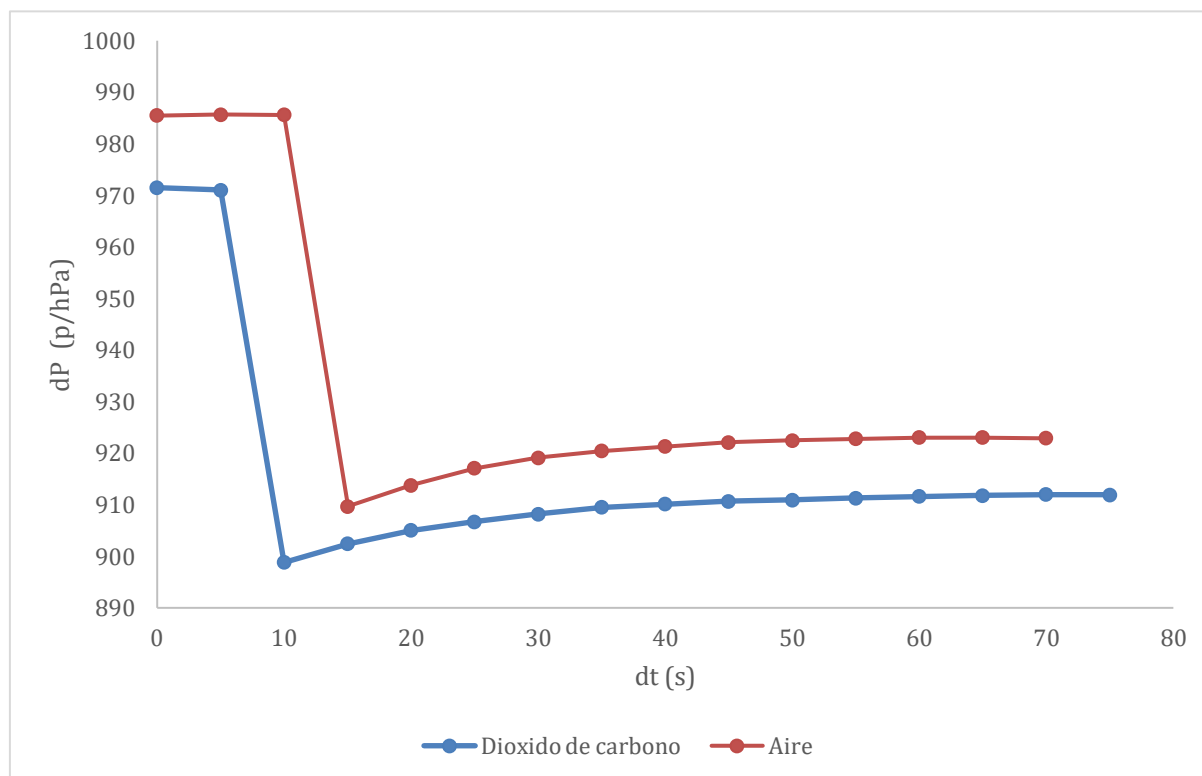


Figura 10. Curva de presión dependiente del tiempo en el proceso de expansión adiabática del aire y del CO₂

Tabla 3. Valores de γ , C_p y C_v con el método de expansión adiabática de los gases a 297 K comparados con los valores teóricos.

Gas	γ			C_p (J/Kmol)			C_v (J/Kmol)		
	Experimental ^a	Teórico ^b	% Error	Experimental ^a	Teórico ^b	% Error	Experimental ^a	Teórico ^b	% Error
Aire	1,2	1,3	3,2	28,9	29,1	0,6	22,7	20,8	8,0
CO ₂	1,3	1,3	1,9	31,3	33,3	5,9	24,7	24,9	14,1

(a) Resultados obtenidos por un grupo de estudiantes y se calcularon con las ecuaciones 3 y 4. Se empleó el manómetro de presión digital y el analizador de presión COBRA 3, ley de los gases con precisión de 0,1 hPa. (b) Resultados teóricos calculados a partir de los grados de libertad.

4.2.3. Medición de la capacidad calorífica molar de un gas por el método de la velocidad del sonido, Tubo de Kundt

Como este montaje no era conocido por los estudiantes, se realizó una intervención por parte del instructor y se realizaron mediciones de pruebas con el aire; esto con el fin de entender el funcionamiento del montaje del tubo de Kundt y del uso de Visual Analyser 10.0 como osciloscopio y como generador de frecuencias.

Para calcular la velocidad de sonido se tomaron los datos de frecuencias con Visual Analyser 10.0 vs el inverso de la longitud de onda; la pendiente de la regresión es igual a la velocidad del sonido. Se obtuvo valores de velocidad de sonido iguales a $c = 343,0 \pm 12,6 \left(\frac{m}{s}\right)$ para el aire y $c = 275,0 \pm 11,9 \left(\frac{m}{s}\right)$ para el CO_2 a 299,15 K. Se obtuvo los siguientes valores de relación de capacidad calorífica y valores de y valores de capacidad calorífica molar para ambos gases: para el aire se obtuvo $\gamma_{aire} = 1,36 \pm 0,1$, $C_p = 33,1 \pm 7,8 \frac{J}{Kmol}$ y $C_v = 24,8 \pm 7,8 \frac{J}{Kmol}$ y para el CO_2 se obtuvo $\gamma_{CO_2} = 1,34 \pm 0,1$, $C_v = 24,3 \pm 10,7 \frac{J}{Kmol}$ y $C_p = 35,6 \pm 10,7 \frac{J}{Kmol}$. En la figura 11 y 12 se muestra los datos de frecuencias vs al número a onda registrados por un grupo de estudiantes, se observa valores de R^2 buenos y velocidades de sonido iguales a: 351,6 m/s para el aire, y 271,5 m/s para el CO_2 , cercanas a los valores mostrados en la literatura.

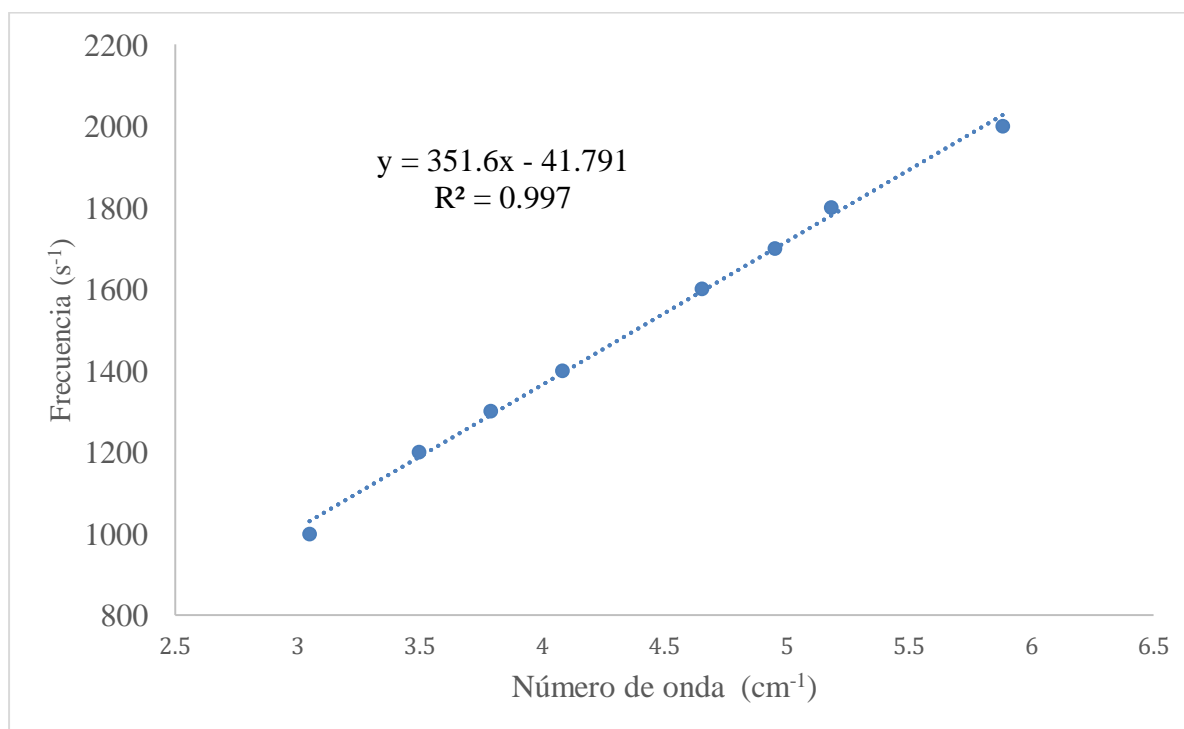


Figura 11. Grafica de frecuencia vs número de onda para el aire

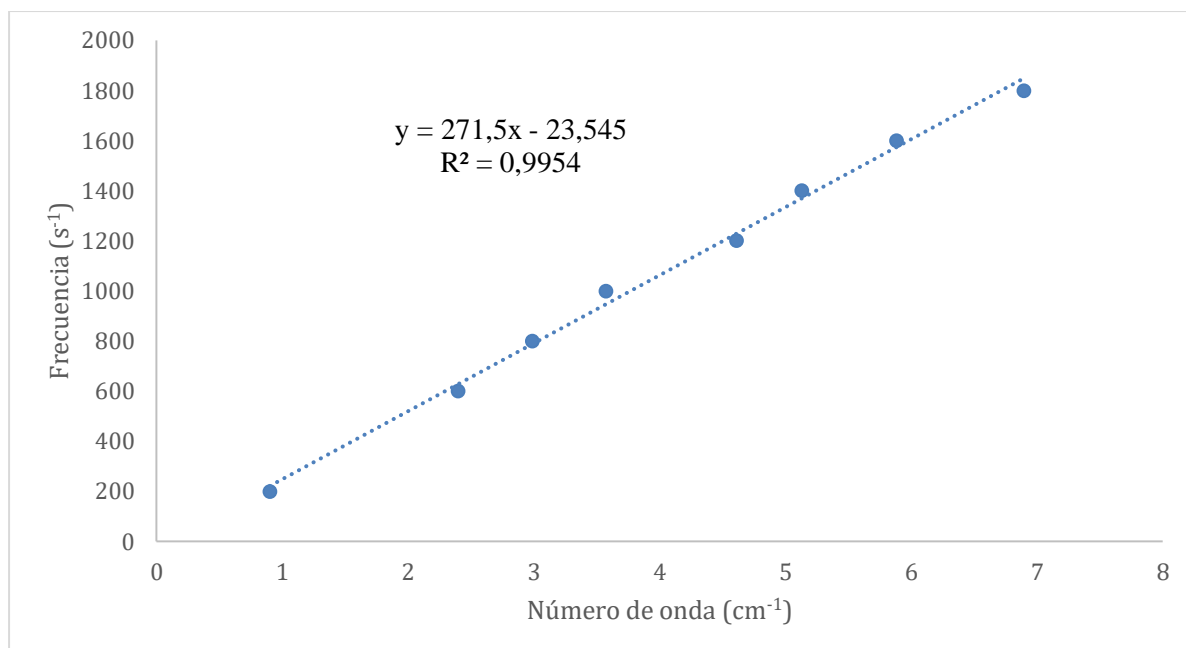


Figura 12. Grafica de frecuencia vs número de onda para el CO₂

Con el valor de la velocidad encontrada, los estudiantes calcularon la relación de capacidad calorífica con la ecuación 5 y la capacidad calorífica molar a presión y volumen constantes con la ecuación 6; $R = 8,314 \text{ J/K mol}$, $T = 299,15 \text{ K}$, $M = 28,96 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$ (aire), $M = 44,01 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$ (CO₂), los resultados obtenidos se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Valores experimentales de γ , C_p y C_v por el montaje Tubo de Kundt comparados con los valores teóricos.

Gas	γ			C_v (J/Kmol)			C_p (J/Kmol)		
	Experimental ^a	Teórico ^b	% Error	Experimental ^a	Teórico ^b	% Error	Experimental ^a	Teórico ^b	% Error
Aire	1,34	1,3	4,4	21,4	20,8	2,8	29,0	29,1	0,5
CO ₂	1,2	1,3	5,1	37,7	24,9	49,3	44,5	33,3	34,3

(a) Resultados obtenidos por un grupo de estudiantes. (b) Resultados teóricos calculados a partir de los grados de libertad.

En la tabla 4 se observa que los datos de γ , C_p y C_v obtenidos para el aire y CO₂. Los porcentajes de error en para ambos gases es menor comparado con los otros métodos. Este error se debe al intercambio de gas a través de la conexión del micrófono (ver figura 6); al mover el micrófono en el interior del tubo se ingresa aire de los alrededores afectando la lectura de la frecuencia. Para evitar la interferencia y la disminución de la señal detectada, se encontró que el uso de la bomba inflada con el gas de interés permite mantener una presión positiva hacia afuera, la bomba libera el gas acumulado durante 1 min; es decir, las mediciones

para el CO_2 se realizaron en lapsos de tiempos de 1 min. A pesar de ser un montaje poco robusto se puede medir la velocidad del sonido en gases.

4.3. Implementación

4.3.1. Implementación del taller: Capacidad calorífica molar de un gas

Primer Ciclo

Se centró en la construcción de conceptos básicos relacionados con el comportamiento térmico de los gases y los conceptos de capacidad calorífica molar de un gas isobárica C_p y capacidad calorífica isocórica C_v . Inicialmente se realizó una definición sobre capacidad calorífica molar de un gas ideal, con la cual cada grupo debía responder seis *preguntas pre-experimentales*, basadas en la siguiente situación real: si se añade calor a un gas contenido en un recipiente de vidrio cerrado mediante un calentador eléctrico que se enciende brevemente. ¿Cuáles son las variables y funciones de estado de este sistema?, la respuesta se deduce al describir el sistema planteado y analizar la relación de las variables de estado con la definición de capacidad calorífica molar de un gas, los estudiantes consiguieron describir el fenómeno con sus propias palabras e identificar conceptos de la primera ley de la termodinámica, la respuesta observada en su mayoría era “*las variables de estado (P, V y T) y funciones de estado H y U*”. Esta pregunta, conducía a la siguiente, que buscaba definir C_p y C_v , lo cual no resultó difícil ya que los estudiantes tenían una idea clara de que variables de estado permanecía constantes y que variables cambiaban. Las otras preguntas, buscaban comprender de la relación entre C_p y C_v , intuir el comportamiento de la energía U del gas empleando de la teoría cinética de los gases y calcular C_p y C_v teórico para el aire y el CO_2 . Se les pidió a los estudiantes describir un montaje experimental que permitiera medir C_p y C_v , los estudiantes no duraron en citar el manual de prácticas de laboratorio, lo cual era de esperar ya que dicha práctica se había realizado en cursos anteriores.

Durante el experimento, se realizó la intervención por parte del instructor para explicar el funcionamiento del montaje, los estudiantes lograron **predecir** el comportamiento lineal entre el tiempo de calentamiento y las variables presión y volumen. Luego de analizar los datos obtenidos (ver tabla 2), los estudiantes resolvieron las cinco preguntas de **Thinking About the Data**, en estas preguntas se le sugiere a los estudiantes analizar y justificar los resultados obtenidos, por ejemplo “*los datos presentan una acumulación de error sistemático, pues para la toma de estos se debe considerar las pérdidas de calor a los alrededores, el error al momento de la toma del cambio en el volumen y la presión. por ejemplo: para la toma del cambio de volumen se usa una jeringa para extraer un determinado volumen...*”; otro grupo

señaló los siguiente: “*La corriente y el voltaje son directamente proporcional a la capacidad calorífica a volumen y presión constante, por consiguiente, si estos factores se ven muy alterados, no será posible determinar con precisión esta propiedad...*”. Este primer ciclo permitió a los estudiantes cuestionar los parámetros físicos del montaje, cuestionar la teoría de gases ideales aplicada a gases reales y proponer otros métodos de medición lo cual se plantea en los ciclos dos y tres. Por consiguiente, este primer ciclo, puede ser empleado como una práctica de laboratorio independiente enfocado a la indagación teórico-práctica.

Segundo Ciclo.

Considerando los datos obtenidos de C_p , C_v y R de ambos gases en el primer ciclo, se definió la relación de capacidad calorífica de los gases, a través del fenómeno de expansión adiabática de un gas. En este ciclo se planteó la siguiente situación: “Suponga que, a un recipiente adiabático, se le agrega una cantidad de gas hasta aumentar su presión interna, posteriormente el recipiente se abre y se vuelve a cerrar de manera inmediata” y se realizaron diferentes cuatro **preguntas pre-experimentales** en la que los estudiantes debían relacionar las variables de estado y las condiciones adiabáticas con la relación de capacidad calorífica de un gas, una de las preguntas realizadas fue: ¿Qué cree que suceda? ¿Qué variables de estado intervienen en este sistema? ¿Cómo deben ser las paredes del recipiente adiabático? ¿Cómo se relacionan con la capacidad térmica del sistema?, a lo cual la mayoría de los estudiantes reconocían que no había transferencia de calor debido al aislamiento térmico. Finalmente puedan intuir sobre el cambio de la función de estado de la energía interna del gas dada por $dU = dw = pdV$. El taller sugiere buscar información sobre el método de Clemente y Desormes, lo cual facilita la comprensión del montaje antes de realizar la práctica.

Al realizar dicho análisis podían **predecir** los resultados esperados en el laboratorio como los cambios de presión, cambios de volumen y los valores de capacidad isobárica C_p y capacidad calorífica isocórica C_v . Con los datos obtenidos los estudiantes debían responder ocho preguntas de **Thinking About the Data**, las preguntas se enfocan en calcular γ , C_p y C_v a través del tratamiento estadístico de los datos experimentales de presión y volumen asumiendo un proceso reversible. Al realizar las gráficas de P vs V en ambos gases (ver figura 13) para el aire y (ver figura 14) para el CO_2 se observa que los grupos lograron obtener resultados reproducibles. Asimismo, con este taller los estudiantes comprendieron que el sistema no es reversible ya que no es un sistema adiabático. Además, analizaron y explicaron la isoterma “cuando se agrega gas ocurre aumento de presión en el sistema a volumen constante;

al abrir del sistema la presión cae ya que ocurre una expansión adiabática del gas; luego de cerrar el sistema, sucede el calentamiento isocórico a la temperatura original de la garrafa; la presión aumenta”.

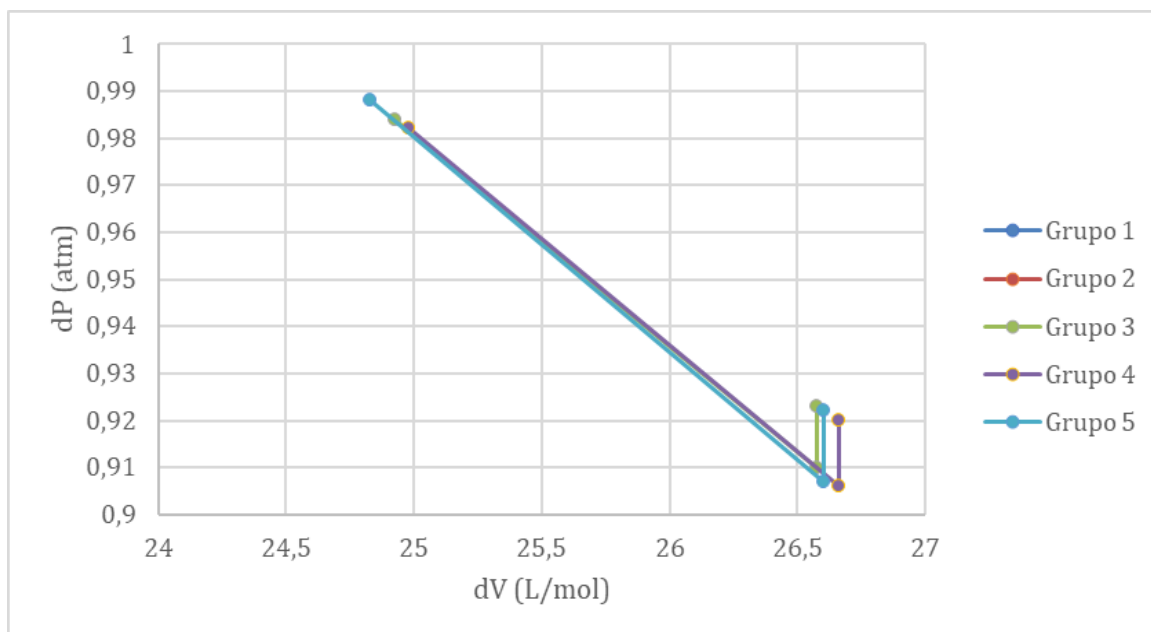


Figura 13. Cambios de la presión en función del volumen para el aire basado en los resultados de los estudiantes

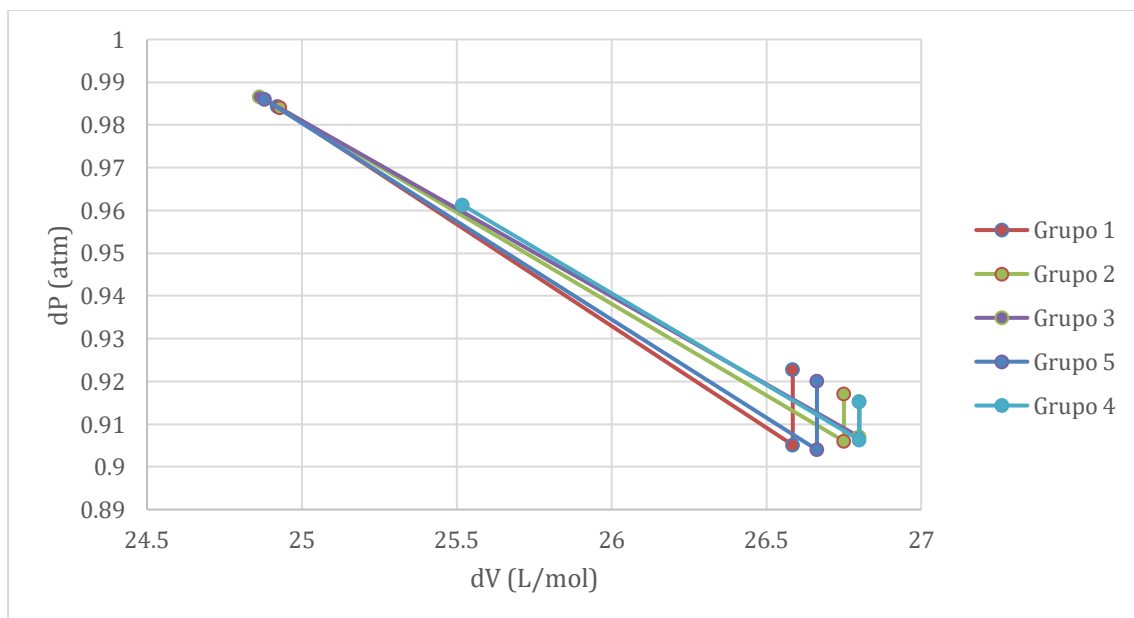


Figura 14. Cambio de la presión en función del volumen para CO₂ basados en los resultados de los estudiantes

Este ciclo finaliza con una pregunta abierta: Suponga que para el desarrollo de esta práctica se empleó un recipiente de metal y otro de vidrio, responda las siguientes preguntas: ¿en cuál recipiente favorece la expansión adiabática?, ¿en cuál recipiente favorece el proceso isocórico

al momento de cerrar el sistema?, ¿cuál de los dos recipientes permite mejor el proceso isotérmico? Estas preguntas les permitieron a los estudiantes discutir la importancia del material del recipiente y lo difícil de obtener un recipiente completamente adiabático.

Tercer Ciclo

Este último ciclo busca indagar métodos de medición de capacidad calorífica de un gas sin necesidad de un calentamiento y tampoco de variaciones de presión. Este ciclo se enfoca en relacionar la capacidad calorífica molar con la velocidad de sonido de un gas mediante el experimento del tubo de Kundt. Inicialmente se realiza una pequeña definición de la relación entre γ y la velocidad del sonido en un gas ideal. Una de las seis **preguntas pre-experimentales** realizadas fue: La capacidad calorífica molar $C_{V,m}$ está relacionada con la energía interna del sistema. Defina el tipo de energías moleculares relacionadas con $C_{V,m}$ esta pregunta le permite al estudiante identificar las energías que participan en este fenómeno físico y como se relacionan con la relación de capacidad calorífica, la mayoría de las respuestas observadas eran “*La energía cinética de las moléculas, la energía de rotación de las moléculas, la energía de las vibraciones*”. Asimismo, se les pidió a los estudiantes indagar sobre el tubo de Kundt. Estas preguntas, facilitaron la **predicción** de resultados en el experimento por ejemplo, la mayoría de los grupos sabían que a mayores frecuencias menor sería la longitud de onda; los estudiantes siguieron el protocolo experimental y realizaron el tratamiento de datos con el desarrollo de las seis preguntas de **Thinking About the Data**, en este ciclo también se calculó γ , C_p y C_v , comprender el principio de equipartición y recordar conceptos físicos de ondas estacionarias, los estudiantes observaron que los resultados son más cercanos a los teóricos, también se dieron cuenta que las moléculas más grandes, presentan mayor niveles de energía por tanto sus capacidades caloríficas molares son mayores.

Finalmente, el taller finaliza comparando los tres métodos, los estudiantes lograron concluir que el método del tubo de Kundt es el mejor método de los tres para medir capacidad calorífica molar de un gas, algunas observaciones realizadas fueron: “...entre ambos gases el que posee los valores más cercanos al teórico es el aire, sin embargo, no corresponde totalmente a un comportamiento ideal, ya que el aire tiene una mezcla de gases... Finalmente, este experimento es una muy buena aproximación para observar cómo cambia la velocidad del sonido en determinado gas, y como estos se ven afectados por las condiciones del medio, además de poder comparar y tener presente los niveles energéticos de los gases”

4.3.2. Implementación en el aula

Los ciclos del taller se pueden implementar de manera individual, ya que se emplean prácticas diferentes para favorecer la construcción de conceptos básicos en cada ciclo, es decir el ciclo dos y tres se puede realizar enfocándose en la definición del coeficiente adiabático. Si embargo, en este proyecto se buscaba crear un taller que permitiera medir la capacidad calorífica molar de un gas a través de diferentes métodos experimentales y poder comparar los resultados obtenidos. Asimismo, el ciclo dos y tres se puede realizar una sola sesión siempre y cuando el ciclo uno se haya realizado y explicado con anterioridad.

También se observó que algunos estudiantes no recordaban conceptos físicos de ondas estacionarias, algunas unidades de conversión de julios, frecuencias, velocidad del sonido y otras. Con este proyecto se propone a los instructores realizar investigaciones futuras sobre herramientas pedagógicas, como, por ejemplo; el análisis dimensional el cual fortalece el razonamiento matemático (Vera Monroy et al., 2022).

4.3.3. Evaluación de la implementación bajo el marco LEPO

a) Evaluación de la plataforma Notebook Lab UIS como entorno de aprendizaje.

Utilidad de la herramienta y trabajo colaborativo

Se realizó la observación y el análisis de la interacción del estudiante y la herramienta como alternativa de un cuaderno de laboratorio tradicional, los estudiantes mostraron interés y destreza por el manejo del Notebook Lab UIS dentro del laboratorio empleando la rúbrica de evaluación mencionada en el trabajo de Aaron R. Van Dyk (Gupta et al., 2019). En la figura 15 se puede observar que los estudiantes realizaban sus anotaciones desde el celular o el computador durante el desarrollo de la práctica del laboratorio.



Figura 15. Manipulación del Notebook Lab UIS desde diferentes equipos electrónicos. La imagen muestra a estudiantes interactuando con el Notebook Lab UIS desde un celular y/o computador personal. (Fuente: Autor del proyecto).

Notebook Lab UIS se caracterizó por permitir al docente llevar el registro de la actividad de cada grupo y estudiantes, dentro del cuaderno electrónico a través de la revisión del historial de cada página editada. Asimismo, el cuaderno garantizó reproducibilidad y disponibilidad de los registros experimentales y excluye la necesidad de transcripción manual de los resultados experimentales. En la figura 16 se observa la creación de páginas adicionales para registrar las observaciones experimentales durante la práctica de laboratorio, esta página fue creada por un grupo de estudiantes en la cual registraban comentarios subjetivos sobre el desarrollo de la práctica de expansión adiabática, en ésta el estudiante señala la importancia de la correcta manipulación del equipo para obtener resultados satisfactorios en la medición. También, se observan descubrimientos de los estudiantes durante las prácticas. Por ejemplo, en la figura 16 se muestra el siguiente comentario “...*hay muchos factores que generan una mal medición ya que no son los mismos tiempos que se saca el corcho...*”, este comentario fue empleado para el análisis de los resultados por el grupo en los cuál los estudiantes señalaban la importancia de disminuir el tiempo de medición en que ocurre la expansión adiabática del gas.

```

198 + </figure>
74 199 <h5>Desarrollo</h5>
75 200 <p>&nbsp;</p>
76 - <p>&nbsp;</p>
201 + <p>OBSERVACIONES&nbsp;</p>
202 + <ul>
203 + <li>hay muchos factores que general una mal medición ya que no son los mismos tiempos que se saca el corcho , ap
204 + <li>se estabiliza por 1 munito y son 25 segundos lo que dura el cambio de un hectopascal.</li>
205 + <li>el maximo que debe llegar de precision es 960 en el co<sub>2 </sub>y en el aire el maximo era 1000.</li>
206 + </ul>
77 - <p>&nbsp;</p>
207 + <p>desde la medición 5 se tomo el maximo 980&nbsp;</p>
78 - <p>&nbsp;</p>
79 - <p>&nbsp;</p>
80 - <p>&nbsp;</p>

```

Figura 16. Historial de la página: Observaciones del montaje experimental de un grupo. Imagen tomada desde el historial de la página de observaciones del cuaderno electrónico de un grupo. En la imagen se observa en color verde el comentario sobre la práctica de expansión adiabática. (Fuente: Autor del proyecto).

Los estudiantes emplearon las herramientas de Notebook Lab UIS para insertar imágenes, tablas, fórmulas y editar textos. Al revisar los grupos se observó que los estudiantes prefieren emplear el editor WYSIWYG ya que comparte características similares a una hoja de Word y facilita el registro durante la elaboración de la práctica. También, se pudo observar que los grupos decidieron crear páginas para de cada ciclo, dentro de cada página resolvían las

preguntas pre-experimentales, experimentales y tratamientos de datos, donde cada estudiante realizaba aportes al desarrollo del taller, favoreciendo la participación activa de los miembros (ver figura 17). En la gráfica 1 se observa la frecuencia de ingreso de cada estudiante durante el desarrollo del laboratorio, la gráfica muestra mayor frecuencias de ingreso durante los meses de agosto y septiembre, esto sucede ya que las clases se desarrollaron durante estos meses, también se resalta que del total de ingresos, el 54,16 % sucedió en septiembre ya que en ese mes se finalizaba el primer ciclo de aprendizaje y se iniciaban los ciclos restantes, esto también se explica porque los estudiantes ya manejan con mayor destreza el cuaderno electrónico de laboratorio Notebook Lab UIS. También, se encontró que los grupos con mayor número de frecuencias de ediciones mostraban un número menor de imágenes insertadas (ver tabla 5), por ejemplo, el grupo 4 obtuvo un total de 172 ediciones y un total de 21 imágenes insertadas, caso contrario al grupo 3 que realizó un número de 134 ediciones y un total de 80 de imágenes insertadas; esto se debe a que el grupo 3 editó las fórmulas y los cálculos. De igual manera, se encontró que en general el 62% de los estudiantes editaron las fórmulas y solo el 37% de los estudiantes insertaron las fórmulas como imágenes, esto demuestra que Notebook Lab UIS permite la edición y escritura de textos, ecuaciones, cálculos y fórmulas sencillas (ver figura 17).

b) Los estudiantes encienden el calentador eléctrico a presión constante durante 1000 ms y observan que el volumen aumenta a 4 mL. Posteriormente los estudiantes calientan el gas durante 2000 ms y observan que el volumen aumenta a 6,5 mL. Calcule C_p , si $a = 0,855 \text{ cm}^3/\text{hPa}$, $p = 1011 \text{ hPa}$, $U = 5 \text{ V}$ e $I = 0,43 \text{ A}$

$$C_p = 83,11 \text{ hPa} \cdot \text{L} / \text{K} \cdot \text{mol} \cdot (U/I/p) \cdot (dt/dV) \quad (*)$$

$$C_p = 83,11 \text{ hPa} \cdot \text{L} / \text{K} \cdot \text{mol} \cdot (U/I/p) \cdot (dt/dV)$$

$$C_p = 83,11 \text{ hPa} \cdot \text{L} / \text{K} \cdot \text{mol} \cdot ((5\text{V} \cdot 0,43\text{A}) / (1011 \text{ hPa})) \cdot (1\text{S} / 0,0025 \text{ L})$$

$$C_p = 70,696 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$$

Datos Experimentales

- Determine las variables de estado con sus respectivas unidades que se van a cuantificar en cada experimento. presión, y volumen.
- Prediga los cambios de las variables de presión y volumen en el experimento respecto al tiempo de calentamiento eléctrico. ¿Qué sucede si se aumenta el tiempo de calentamiento? y ¿qué variable puede controlar?

Datos experimentales CO_2

Tabla 1. $C_v \text{ CO}_2$

p (mbar)	t (s)
0.02	0.665
0.05	1.564
0.1	2.644
0.12	3.891
0.2	4.863
0.25	6.337

Figura 17. Edición de cálculos y datos experimentales por un grupo

Tabla 5. Frecuencias de contribución grupal

Cuaderno Grupal	Total, de Páginas Creadas	# Total Ediciones	# Total Imágenes Insertadas	# Total de tablas creadas	Tipo de editor
ELN1	4	132	27	6	Visual Editor
ELN2	4	94	26	12	Visual Editor
ELN3	5	134	80	5	Visual Editor
ELN4	5	172	21	12	Visual Editor
ELN5	3	77	15	4	Visual Editor

Con lo mencionado anteriormente se observa que los estudiantes no mostraron resistencia por sustituir el cuaderno tradicional por un cuaderno electrónico de laboratorio durante el desarrollo del laboratorio. Aunque los estudiantes aseguraban que no tenían problema alguno en anotar datos, observaciones y comentario en el Notebook Lab UIS, se observó la preferencia de realizar los cálculos en papel como se observa en la Figura 18.

The screenshot shows a digital notebook interface. On the left, there are navigation and communication options like 'CONTENIDO DE LA PÁGINA', 'HABLAR', and 'ÚLTIMA EDICIÓN POR: Johan Sebastian Robles Paez, 17/12/2022'. The main content area displays a physics problem: '3. Si se asume que en el sistema hay un gas ideal y se aplica la ecuación del gas ideal. Deduzca la relación que hay entre C_p y C_v . Tenga en cuenta la siguiente ecuación: $\left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p = C_p + \left[\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_T + p\right]\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$ (4)'. Below the problem is a photograph of a piece of paper with handwritten mathematical derivations. The first line is $C_p = C_v = \left[\left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p - \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_v \right] = \left[\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_p + \left(\frac{\partial (pV)}{\partial T}\right)_p \right] - \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_v$. The second line is $C_p = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_v + \left(\frac{\partial (pV)}{\partial T}\right)_p$. The third line is $C_p = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_v + R$. At the bottom of the paper, the text 'LO HACEMOS MEJOR' is visible.

Figura 18. Desarrollo del punto tres de la sesión pre-experimental del primer ciclo del taller.

Usos de recursos electrónicos

Se observó el uso de enlaces externos (Google Drive) para mostrar imágenes y gráficas al Notebook Lab UIS, esto se debía a que los estudiantes no comprendían el proceso de insertar imágenes como se había mencionado anteriormente. Adicionalmente, los estudiantes emplearon herramientas como Microsoft Excel, Phywe measure 4 y VISUAL ANALYSER para poder realizar el tratamiento de datos y creación de gráficas de cada ciclo.

b) Evaluación de la plataforma Notebook Lab UIS como entorno de aprendizaje

Durante el trabajo grupal realizado por los estudiantes en todo el ciclo de aprendizaje se observó un trabajo activo y colaborativo por parte de todos los miembros de cada grupo (ver figura 19). También, se observó la organización de roles dentro de los grupos de estudiantes, en la mayoría de los casos, los integrantes de cada grupo seleccionaban una sola persona (registrador) para cada ciclo, la cual registraba la información, datos y observaciones grupales y los demás integrantes realizaban el protocolo del laboratorio. Lo anterior se explica con la figura 20, en las fechas de agosto 29 el estudiante S2 tuvo un mayor número de frecuencias de edición que los estudiantes S1 y S3, para la fecha de septiembre 12 que se desarrolló el segundo ciclo, el estudiante S3 destacó en el número de frecuencias de edición y en septiembre 19 se desarrolló el tercer ciclo, a lo cual el estudiante S1 tuvo mayor frecuencia de edición.

Dentro del laboratorio se pudo observar una participación activa y constructiva al desarrollar las preguntas experimentales indicadas por el instructor. Cabe señalar que en esta parte del ciclo el rol del instructor como facilitador fue importante ya que se realiza el proceso de retroalimentación de sesión preexperimental y sobre el montaje experimental.

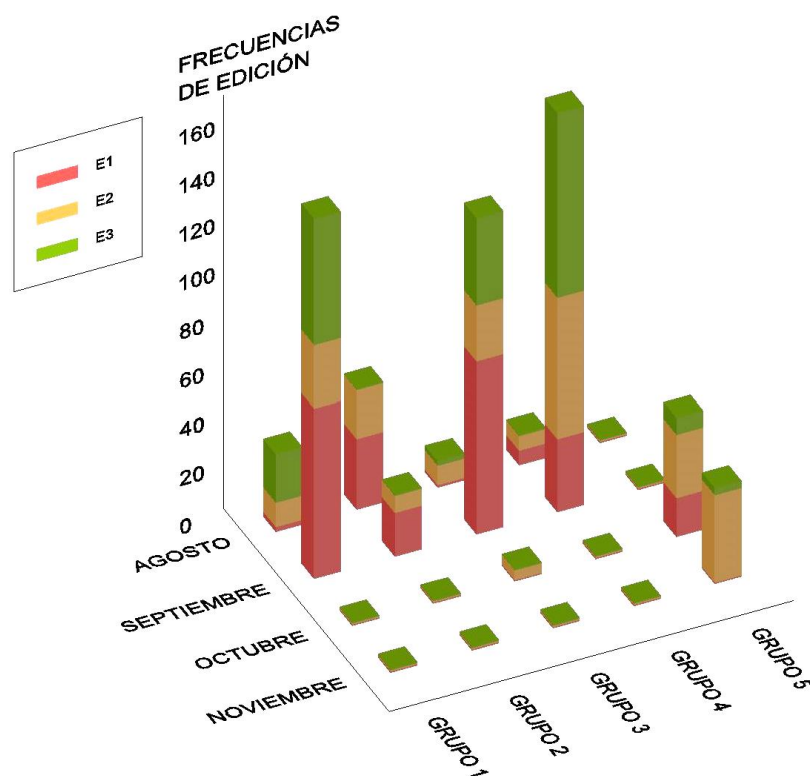


Figura 19. Frecuencias de edición en función del tiempo observadas en los grupos durante el desarrollo del taller.

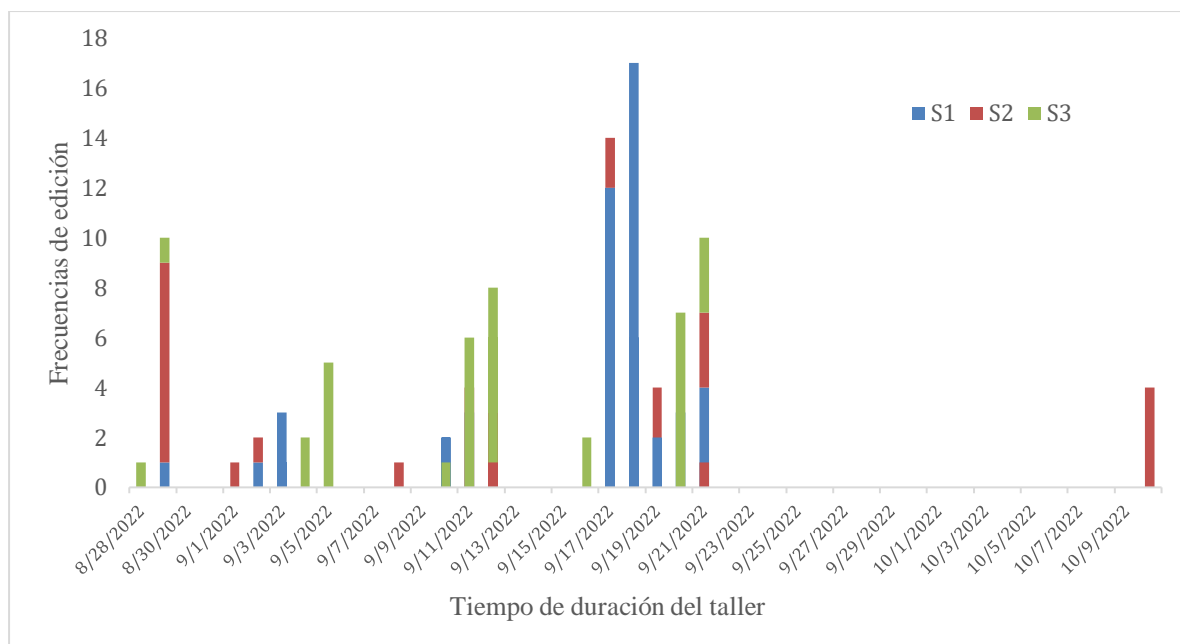


Figura 20. Frecuencias de edición en función del tiempo observadas en el grupo 3 durante el desarrollo de los tres ciclos de aprendizaje.

Asimismo, se observa un trabajo grupal durante todo el desarrollo del taller por parte de todos los miembros. Por ejemplo, el 28 de agosto, solo el estudiante S3 ingreso a editar, en el NotebookLab UIS las ediciones corresponden a las preguntas preexperimentales, pero en los días restantes del 1 al 5 de septiembre se observa ediciones por parte de todos los miembros. En ese período de tiempo, los estudiantes editaron el tratamiento de datos. Generalmente en esta sesión el instructor realizaba intervenciones dentro del ELN a través de la sesión de comentarios dejando observaciones o aclaraciones sobre lo realizado.

Según lo anterior, Notebook Lab UIS, le permite al instructor y a los miembros del grupo identificar el rol y el tipo de participación de cada estudiante en cada sesión. Además, el instructor puede intervenir a través de la plataforma dejando observaciones en la sesión de comentarios, lo cual facilita el trabajo colaborativo y fomenta la participación activa durante el laboratorio. Ahora, con esta herramienta no se puede saber con exactitud cuál es la persona que realizó las ediciones cuando se realizan fuera del laboratorio, solamente se puede identificar el usuario, hora y edición realizada.

c) Percepción de los estudiantes. Encuesta de aceptación de la implementación

Al observar los resultados de la encuesta de satisfacción evaluada por una escala de actitudes se pudo determinar la aceptación de esta implementación. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 6 organizados por elementos.

Para el primer elemento, en las preguntas relacionadas con la utilidad, estructura y organización del taller para presentar conceptos bajo el marco POGIL-PCL; el 72,8 % de los estudiantes están en total acuerdo en emplear el taller bajo el marco POGIL.PCL. Sobre la pregunta si prefiere el taller que el formato de informe, el 80 % estaría en total acuerdo, 13,3 % está de acuerdo y el 6,6 % indiferente, lo cual se explica ya que algunos estudiantes no comprendían la metodología POGIL-PCL y sugerían lo siguiente: “Un vídeo corto didáctico dónde explique en breve los objetivos de las etapas del experimento” (ver tabla 6) y otros consideraban que la práctica de laboratorio era extensa. Con la pregunta: ¿Considera que el taller le permite construir un pensamiento crítico al momento de realizar el laboratorio?, el 73,3 % está en total acuerdo y el 26,6 % en acuerdo, esto se corroboró con las respuestas realizadas por los grupos ante el tratamiento de datos, los estudiantes tomaron un rol de participación para comprender conceptos, responder las preguntas del taller e interpretar los resultados experimentales a través de la discusión grupal y búsqueda investigativa. Al comparar los resultados se puede concluir que los estudiantes prefieren abordar los temas de capacidad calorífica empleando este marco pedagógico.

Tabla 6. Resultados de la encuesta de satisfacción

Elementos	Pregunta	Totalmente desacuerdo	En desacuerdo	Indiferente	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Valoración de los estudiantes, evaluación de la efectividad del taller	¿La elaboración del taller "capacidad calorífica molar de un gas" resulta útil para aprender sobre conceptos de termodinámica en el laboratorio como la interpretación de la primera ley de termodinámica, ley de los gases ideales, grados de libertad de la molécula y capacidad calorífica de un gas?				3	12
	¿Esta experiencia le permitió comprender los conceptos y procesos de forma clara y completa sobre capacidad calorífica de los gases?				2	13
	¿Recibió retroalimentación por parte del instructor para desarrollar cada ciclo en el laboratorio?				2	13
	¿Los temas de capacidad calorífica de los gases se presentaron secuencialmente?				7	8

	¿Estaría de acuerdo en emplear el taller POGIL-PCL en lugar del formato de pre-informe/informe de laboratorio tradicional en los laboratorios de fisicoquímica II?			1	2	12
	¿Considera que el taller le permite construir un pensamiento crítico al momento de realizar el laboratorio?				4	11
	¿Considera que el primer ciclo explica de manera clara los conceptos de capacidad calorífica a volumen constante y a presión constante?				6	9
	¿Está de acuerdo que el primer ciclo explica de manera clara el concepto de relación capacidad calorífica y expansión adiabática?				2	13
	¿Está de acuerdo que el tercer ciclo permite comprender el concepto de relación de capacidad calorífica, onda estacionaria y velocidad del sonido?			1	2	12

Uso de herramientas TICs	¿Se le proporcionaron suficientes recursos y apoyo para aprender a usar Notebook Lab UIS y Asimismo solucionar problemas?				7	8
	¿El uso de Notebook Lab UIS para el desarrollo del laboratorio mejoró sus conocimientos y habilidades tecnológicas?			1	8	6
	¿Considera necesario emplear herramientas de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs) en la enseñanza de la escuela de Química?				8	7
Evaluación de la herramienta Notebook Lab UIS	¿Estaría de acuerdo en remplazar el cuaderno tradicional por un cuaderno electrónico en un sitio como Notebook Lab UIS para registrar observaciones y resultados de un laboratorio?		1		7	7
	¿El uso de Notebook Lab UIS como cuaderno electrónico de laboratorio grupal favorece el registro del proceso experimental y trabajo colaborativo para el análisis de datos?		1		5	9

¿El cuaderno Notebook Lab UIS facilitó el trabajo en grupo para el desarrollo de la práctica de laboratorio?			2	10
¿Considera efectivo el aprendizaje sobre conceptos de termodinámica aplicando esta metodología de enseñanza?			3	12
¿Notebook Lab UIS facilita la documentación, organización y almacenamiento de los datos obtenidos experimentalmente?			4	11
¿Tiene alguna recomendación de mejoras que podamos hacer para mejorar la experiencia de aprendizaje en el laboratorio?	<p><i>“Buen método de enseñanza”</i></p> <p><i>“Permitir que en el cuaderno virtual de laboratorio se incluya la opción de escribir ecuaciones”</i></p> <p><i>“En cuanto al cuaderno electrónico se debería mejorar la parte de subir imágenes en el formato markdown”</i></p> <p><i>“Sería bueno facilitar computadores de la universidad en el laboratorio a los estudiantes para usar el notebook lab”</i></p> <p><i>“Todo muy claro, tal vez links a recursos audiovisuales de los temas planteados”</i></p> <p><i>Ninguna recomendación</i></p> <p><i>“Un video corto didáctico donde explique en breve los objetivos de las etapas del experimento”</i></p> <p><i>“Me pareció super chévere la metodología... aprendí más habiendo el taller que haciendo informes...”</i></p>			

Para el elemento relacionado al uso de las TICs, los estudiantes sintieron apoyo por parte del instructor, algunos estudiantes sugieren el uso de videos didácticos para abordar la metodología del laboratorio (ver tabla 6). En la pregunta ¿El uso de Notebook Lab UIS para el desarrollo del laboratorio mejoró sus conocimientos y habilidades tecnológicas?, el 40% estuvo en total acuerdo, el 53,3 % en acuerdo y el 6,6 % indiferente. Los estudiantes consideran importante incursionar la escuela de Química en el uso de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs); otros comentaban *“Sería bueno facilitar computadores de la universidad en el laboratorio a los estudiantes para usar el notebook lab”*.

En la evaluación de la herramienta Notebook Lab UIS, se resalta que el 93,2 % de los estudiantes reemplazaría el cuaderno tradicional por el cuaderno electrónico de laboratorio y solo el 6,7 % no estaría de acuerdo. Se observa que el 60 % estaría en total acuerdo, el 33,3 % en acuerdo de que Notebook Lab UIS es una herramienta flexible que facilita el registro de datos, y el 6,7 % no está de acuerdo. Al comparar estos resultados con las recomendaciones de los estudiantes se deduce que los resultados negativos se deben a los problemas

encontrados al insertar las imágenes en el Notebook Lab UIS y el tiempo límite dado para aprender el formato Markdown. Con los resultados anteriores, los estudiantes en su totalidad están de acuerdo en emplear esta metodología para poder aprender conceptos de termodinámica.

5. Conclusiones

Con la implementación de esta propuesta de enseñanza de capacidad calorífica de un gas empleando un taller bajo el marco POGIL-PCL asistido por Notebook Lab UIS, se concluyen los siguientes aspectos.

- Notebook Lab UIS es una herramienta que permite editar, almacenar y compartir información, permite crear páginas muy parecidas a una página en un cuaderno de laboratorio tradicional o de papel con el tipo de código WYSIWYG, Asimismo se observó que Notebook Lab favorece la alfabetización digital de los estudiantes en el laboratorio, a través de la exploración y el buen manejo de las herramientas brindadas como *headers*, etiquetas, “User Guide”, tablas y creación de páginas en los dos tipos de editor WYSIWYG y Markdown.
- Se logró la construcción del taller de capacidad calorífica de un gas bajo el marco POGIL- PCL, el cual consta de tres ciclos. El taller permite la construcción de conceptos de manera secuencial. Además, los ciclos del este taller se pueden abordar de manera individual.
- Se realizó seguimiento y evaluación de la actividad de los estudiantes durante el desarrollo de cada ciclo dentro del laboratorio y fuera del laboratorio empleando Notebook Lab UIS, este cuaderno facilita el análisis de organización y tipo de participación de los estudiantes para desarrollar el taller.
- Esta implementación potencia el pensamiento crítico, el aprendizaje activo, constructivo y colaborativo de los estudiantes. Favorece la interacción entre el docente y el alumno dentro y fuera del aula, para comprender situaciones, fortalecer conceptos, interpretar resultados y realizar un análisis sobre lo observado.

6. Recomendaciones

A continuación, se muestran algunas recomendaciones que se presentaron en la ejecución de este proyecto.

1. Se sugiere realizar una intervención más detallada del manejo de Notebook Lab UIS a los estudiantes para evitar intervenciones adicionales por parte del instructor sobre el manejo del cuaderno electrónico de laboratorio.
2. Al desarrollar el taller se le sugiere al instructor explicar la metodología y rúbrica de evaluación que se va a emplear. A pesar de que en este proyecto se realizó una unidad temática, por cuestiones de tiempo algunas actividades no se contemplaron las cuales puedan brindar resultados distintos. Como, por ejemplo, emplear esta metodología con un grupo experimental y otro grupo sea de control, realizar evaluación de aprendizaje a través de pruebas diagnósticas antes y después del taller, etc.
3. Para la aplicación del montaje experimental de medición de la velocidad del sonido en un gas, se sugiere el cambio en cada clase del globo R12, comprobar funcionalidad de visual analizar como generador de frecuencia o emplear una aplicación para móvil de generador de frecuencia como, por ejemplo: Frequency.
4. Se sugiere incursionar en la evaluación del aprendizaje de los estudiantes con un grupo de estudiantes de prueba y otro grupo de estudiantes de control, como propuesta para futuras investigaciones.

Bibliografia

- ACS Committee on Professional Training. (2015). *Chemical Information Skills*. 1–2. <http://www.acscinf.org/>
- Aiman, U., Hasyda, S., & Uslan. (2020). The influence of process oriented guided inquiry learning (POGIL) model assisted by realia media to improve scientific literacy and critical thinking skill of primary school students. *European Journal of Educational Research*. <https://doi.org/10.12973/EU-JER.9.4.1635>
- Belford, R. E., & Gupta, T. (2019). Introduction: Technology Integration in Chemistry Education and Research. In *ACS Symposium Series*. <https://doi.org/10.1021/bk-2019-1318.ch001>
- Bertrand, G. L., & McDonald, H. (1819). *A Physical Chemistry Experiment with an Erroneous Assumption*. 4.
- Bromfield Lee, D. (2018). Implementation and Student Perceptions on Google Docs as an Electronic Laboratory Notebook in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 95(7), 1102–1111. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00518>
- Bryant, P. A., & Morgan, M. E. (2004). LabWorks and the Kundt's tube: A new way to determine the heat capacities of gases. *Journal of Chemical Education*, 81(1), 113–115. <https://doi.org/10.1021/ed081p113>
- Colabroy, K., & Bell, J. K. (2019). Lab eNotebooks. *ACS Symposium Series*, 1337, 173–195. <https://doi.org/10.1021/bk-2019-1337.ch008>
- Cole, R. S., Muniz, M., Harvey, E., Sweeney, R., & Hunnicutt, S. (2020). How Should Apples Be Prepared for a Fruit Salad? A Guided Inquiry Physical Chemistry Experiment. *Journal of Chemical Education*. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00517>
- Coles, S. J., Frey, J. G., Bird, C. L., Whitby, R. J., & Day, A. E. (2013). First steps towards semantic descriptions of electronic laboratory notebook records. *Journal of Cheminformatics*, 5(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/1758-2946-5-52>

- Flores, J., Caballero Sahelices, M. C., & Moreira, M. A. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de Investigación*, 33(68), 75–111.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-29142009000300005&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Gerlach, B., Untucht, C., & Stefan, A. (2020). Electronic Lab Notebooks and Experimental Design Assistants. *Handbook of Experimental Pharmacology*, 257, 257–275. https://doi.org/10.1007/164_2019_287
- Gupta, T., Belford, R. E., & Van Dyke, A. R. (2019). Practical Considerations for Advancing Undergraduate Digital Literacy through Digital Laboratory Notebooks [Chapter]. *ACS Symposium Series*, 1318, 107–118. <https://doi.org/10.1021/bk-2019-1318.ch007>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). Metodología de la investigación. In *Metodología de la investigación*. <https://doi.org/-> ISBN 978-92-75-32913-9
- Hervás-Torres, M. (2020). The wiki environment and its innovative didactic application. *Revista de Educación a Distancia*, 20(62). <https://doi.org/10.6018/RED.404161>
- Hii, K. K., Rzepa, H. S., & Smith, E. H. (2015). Asymmetric Epoxidation: A Twinned Laboratory and Molecular Modeling Experiment for Upper-Level Organic Chemistry Students. *Journal of Chemical Education*, 92(8), 1385–1389. <https://doi.org/10.1021/ed500398e>
- Hunnicut, S. S., Grushow, A., & Whitnell, R. (2015). Guided-inquiry experiments for physical chemistry: The POGIL-PCL model. *Journal of Chemical Education*. <https://doi.org/10.1021/ed5003916>
- Hunnicut, S. S., Grushow, A., & Whitnell, R. (2017). How Is the Freezing Point of a Binary Mixture of Liquids Related to the Composition? A Guided Inquiry Experiment. *Journal of Chemical Education*, 94(12), 1983–1988. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00409>
- Iii, E. W. E., & Fraiman, A. (2010). *Using Chem-Wiki To Increase Student Collaboration through Online Lab Reporting*. 87(1), 2009–2011.

- KG, G. L. P. S. G. & C. (2008). CHEMISTRY. *Laboratory Experiments Chemistry*, 24. <https://doi.org/D-37070>
- Klokmoose, C. N., & Zander, P.-O. (2010). Rethinking Laboratory Notebooks. In *Proceedings of COOP2010*. https://doi.org/10.1007/978-1-84996-211-7_8
- Kristian, K. E. (2015). A Wiki-Based Group Project in an Inorganic Chemistry Foundation Course. *Journal of Chemical Education*. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00507>
- Lawrie, G. A., Grøndahl, L., Boman, S., & Andrews, T. (2016). Wiki Laboratory Notebooks: Supporting Student Learning in Collaborative Inquiry-Based Laboratory Experiments. *Journal of Science Education and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9601-0>
- Levine, I. N. (2004). *Fisicoquimica_Levine_Volumen_1_5Ta_Edicion.Pdf* (p. 537). https://ambientalguasave.files.wordpress.com/2010/10/fisicoquimica_levine_volumen_1_5ta_edicion.pdf
- Libby, R. D. (2008). *Phasing into POGIL*. 49–59. Lixandriou, R., Maican, C., & Dovleac, L. (2019). *A Study on Open-Source Wiki Platforms*. 9–14. <https://doi.org/10.35219/rce206705321>
- Lombardi, D., Shipley, T. F., Bailey, J. M., Bretones, P. S., Prather, E. E., Ballen, C. J., Knight, J. K., Smith, M. K., Stowe, R. L., Cooper, M. M., Prince, M., Atit, K., Uttal, D. H., LaDue, N. D., McNeal, P. M., Ryker, K., St. John, K., van der Hoeven Kraft, K. J., & Docktor, J. L. (2021). The Curious Construct of Active Learning. *Psychological Science in the Public Interest*, 22(1), 8–43. <https://doi.org/10.1177/1529100620973974>
- Molek, K. S., Reyes, K. A., Burnette, B. A., & Stepherson, J. R. (2015). *Measuring the Speed of Sound through Gases Using Nitrocellulose*. <https://doi.org/10.1021/ed400653t>
- Monteiro, A., & Leite, C. (2021). Digital literacies in higher education: Skills, uses, opportunities and obstacles to digital transformation. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 21(65), 1–20. <https://doi.org/10.6018/red.438721>
- Moore, W. M. (1984). *The Adiabatic Expansion of Gases and the Determination of*

Heat Capacity kativos A Physical Chemistry Experiment. 61(12), 1119–1120.

- Myers, T., Monypenny, R., & Trevathan, J. (2012). Overcoming the glassy-eyed nod: An application of process-oriented guided inquiry learning techniques in information technology. *Journal of Learning Design, 5(1), 12–22.* <https://doi.org/10.5204/jld.v5i1.97>
- Nickla, J. T., & Boehm, M. B. (2011). Proper laboratory notebook practices: Protecting your intellectual property. In *Journal of Neuroimmune Pharmacology*. <https://doi.org/10.1007/s11481-010-9237-4>
- Phillips, J. A., Jones, G. H., & Iski, E. V. (2019). Using a Guided-Inquiry Approach to Teach Michaelis- Menten Kinetics. *Journal of Chemical Education*. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00031>
- Phillips, R., McNaught, C., & Kennedy, G. (2010a). Towards a generalised conceptual framework for learning: the Learning Environment , Learning Processes and Learning Outcomes (LEPO) framework. *Proceedings of the 22nd Annual World Conference on Educational Multimedia Hypermedia Telecommunications Toronto Canada 28 June–2 July, 2010(July), 2495–2504.*
- Phillips, R., McNaught, C., & Kennedy, G. (2010b). Towards a generalised conceptual framework for learning: the Learning Environment , Learning Processes and Learning Outcomes (LEPO) framework. *Proceedings of the 22nd Annual World Conference on Educational Multimedia Hypermedia Telecommunications Toronto Canada 28 June–2 July.*
- Robert M. Whitnell, and M. S. R. (2019). *Process Oriented Guided Inquiry Learning Computational Chemistry Experiments : Revisions and Extensions Based on Lessons Learned from Implementation.*
- Rodriguez Guizar, G., & Gonzalez Altamirano, E. (2013). *MANUAL DE PRACTICAS DEL LABORATORIO DE FISICOQUIMICA.* https://issuu.com/ginamounster/docs/manual_turismo_de_aventura
- Rodriguez, J. M. G., Hunter, K. H., Scharlott, L. J., & Becker, N. M. (2020). A Review of Research on Process Oriented Guided Inquiry Learning: Implications for Research and Practice. *Journal of Chemical Education*. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00355>

- Ruder, S. M., & Stanford, C. (2020). Training Undergraduate Teaching Assistants to Facilitate and Assess Process Skills in Large Enrollment Courses. *Journal of Chemical Education*. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00912>
- Rudolphi, F., & Goossen, L. J. (2012). Electronic laboratory notebook: The academic point of view. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 52(2), 293–301. <https://doi.org/10.1021/ci2003895>
- Selco, J. I. (2018). Designing an active learning physical chemistry course using best practices. *ACS Symposium Series*, 1279, 115–130. <https://doi.org/10.1021/bk-2018-1279.ch008>
- Spencer, J. N., & Moog, R. S. (2008). *POGIL in the Physical Chemistry Classroom Implementing POGIL in the Physical Chemistry Classroom*. 148–156.
- Stegall, S. L., Grushow, A., Whitnell, R., & Hunnicutt, S. S. (2016). Evaluating the effectiveness of POGIL-PCL workshops. *Chemistry Education Research and Practice*. <https://doi.org/10.1039/c5rp00225g>
- Teague, C. M. (2020). Focusing on Student Learning: Efforts at Multiple Levels [Chapter]. *ACS Symposium Series*, 1343, 69–85. <https://doi.org/10.1021/bk-2020-1343.ch005>
- Tremouilhac, P., Nguyen, A., Huang, Y. C., Kotov, S., Lütjohann, D. S., Hübsch, F., Jung, N., & Bräse, S. (2017). Chemotion ELN: An Open Source electronic lab notebook for chemists in academia. *Journal of Cheminformatics*. <https://doi.org/10.1186/s13321-017-0240-0>
- Trentin, G. (2009). Using a wiki to evaluate individual contribution to a collaborative learning project. *Journal of Computer Assisted Learning*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2008.00276.x>
- Van Dyke, A. R., & Smith-Carpenter, J. (2017). Bring Your Own Device: A Digital Notebook for Undergraduate Biochemistry Laboratory Using a Free, Cross-Platform Application. *Journal of Chemical Education*. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00622>
- Varberg, T. D., Pearlman, B. W., Wyse, I. A., Gleason, S. P., Kellett, D. H. P., & Moffett, K. L. (2017). Determining the Speed of Sound and Heat Capacity

Ratios of Gases by Acoustic Interferometry. *Journal of Chemical Education*, 94(12), 1995–1998.

<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00526>

Vera-monroy, S. P., Hoz, V. De, & Gamboa, M. C. (2022). *Resolución de problemas en química: descifrando métodos, errores, obstáculos, temáticas y aplicabilidad usando N-Vivo Problem solving in chemistry: deciphering methods, errors, barriers, subject matters, and applicability by using N-Vivo*. 15(1), 175–182.

Wiig, C., Wittek, A. L., & Erstad, O. (2019). Teachers, tools and accountable practices. Engaging with a wiki blog as a learning resource. *Learning, Culture and Social Interaction*, 22, 100245. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2018.07.001>

Wong, K., Kapoor, V., Tso, A., Oconnor, M., Convissar, D., Kothari, N., & Traba, C. (2021). *Environments, processes, and outcomes-using the LEPO framework to examine medical student learning preferences with traditional and electronic resources*. <https://doi.org/10.1080/10872981.2021.1876316>

APÉNDICES

Apéndice 1. Manual de Instalación del software wiki.js como cuaderno de laboratorio

Requerimiento sistema operativo linux distribución Ubuntu 20.04.

Pre-requisitos:

A. Instalar NodeJs

```
sudo apt-get -y install curl
```

```
curl -fsSL https://deb.nodesource.com/setup_16.x | sudo -E bash - &&\
```

```
sudo apt-get install nodejs
```

1. Verificación:

```
node -v
```

B. Instalar la base de datos PostgreSQL

```
sudo apt-get install postgresql postgresql-contrib -y
```

```
sudo systemctl start postgresql.service
```

```
sudo -i -u postgres
```

```
psql
```

2. Crear un rol de usuario

```
postgres=# CREATE ROLE wikijs WITH LOGIN;
```

3. Asignar una clave al rol

```
postgres=# \password wikijs
```

4. Crear la base de datos

```
postgres=# CREATE DATABASE wikidb;
```

5. Garantizar los permisos de usuario a la base de datos

```
postgres=# GRANT ALL PRIVILEGES ON DATABASE wikidb TO wikijs;
```

6. Salir

```
postgres=# \q
```

```
exit
```

C. Instalar wikijs

```
sudo adduser wikijs
```

```
sudo mkdir -p /opt/
```

1. Descargar la versión del software open source Wiki.js:

```
cd /opt
```

```
wget https://github.com/Requarks/wiki/releases/latest/download/wiki-js.tar.gz
```

2. Extraer el paquete a la ubicación final

```
57
```

```
mkdir wiki
```

```
tar xzf wiki-js.tar.gz -C ./wiki
```

```
cd ./wiki
```

3. Renombrar el archivo de configuración a config.yml

```
mv config.sample.yml config.yml
```

4. Editar el archivo de configuración y agregar parametros de la base de datos

```
nano config.yml
```

```
# PostgreSQL / MySQL / MariaDB / MS SQL Server only:
```

```
host: localhost
```

```
port: 5432
```

```
user: wikijs
```

```
pass: <PASSWORD_BASE_DATOS>
```

```
db: wiki
```

5. Validar el servicio

```
node server
```

```
nano /etc/systemd/system/wiki.service
```

6. Pegar el siguiente contenido (asumiendo que la wiki está instalada en /opt/wiki):

```
[Unit]
```

```
Description=Wiki.js
```

```
After=network.target
```

```
[Service]
```

```
Type=simple
```

```
ExecStart=/usr/bin/node server
```

```
Restart=always
```

```
# Consider creating a dedicated user for Wiki.js here:
```

```
User=wikijs
```

```
Environment=NODE_ENV=production
```

```
WorkingDirectory=/opt/wiki
```

```
[Install]
```

```
WantedBy=multi-user.target
```

Guardar el archivo de servicio (CTRL+X, Seguido por Y).

7. Recargar el sistema

```
systemctl daemon-reload
```

8. Correr el servicio:

```
systemctl start wiki
```

9. Habilitar el servicio.

```
systemctl enable wiki
```

D. Instalar proxy nginx

```
sudo apt install nginx -y
```

```
sudo rm /etc/nginx/sites-enabled/default
```

```
sudo nano /etc/nginx/sites-available/wikijs-http.conf
```

1. Pegar el siguiente contenido

```
server {
```

```
58
```

```
listen 80 default_server;
```

```
listen [::]:80 default_server;
```

```
server_name notebook.uis.edu.co;
```

```
root /opt/wiki;
```

```
location / {
```

```
proxy_pass http://127.0.0.1:3000;
```

```
proxy_http_version 1.1;
```

```
proxy_set_header Upgrade $http_upgrade;
```

```
proxy_set_header Connection "upgrade";
```

```
proxy_set_header Host $host;
```

```
proxy_set_header X-Real-IP $remote_addr;
```

```
proxy_set_header X-Forwarded-For $proxy_add_x_forwarded_for; proxy_set_header X-Forwarded-Proto $scheme;
```

```
}
```

```
}
```

2. Habilitar el servicio

```
sudo ln -s /etc/nginx/sites-available/wikijs-http.conf /etc/nginx/sites-enabled/wikijs-http.conf
```

3. Test

```
sudo nginx -t
```

```
sudo systemctl reload nginx.service
```

4. Luego de que el Equipo de Redes asigne el nombre de dominio notebook.uis.edu.co; acceder por navegador web, y configurar la herramienta.

Apéndice 2. Manual de usuario

A. Ingreso a la plataforma

Usuario:

Correo

Institucional

Contraseña:

Código

institucional

B. Crear Páginas

1. Dar clic en nueva página
 2. En la ventana emergente seleccionar ELNsfolder
 3. Seleccionar el ELN que le corresponde y verificar que la ruta de la página sea como se muestra en el ejemplo:
ELNsfolder/ELNA2/new-page
 4. Editar el nombre de la página, cambiar new-page por el nombre de interés
 5. Dar clic en seleccionar
 6. Escoger el tipo de editor, Visual Editor
 7. Editar las propiedades de página: título, etiqueta, dar clic en acuerdo
 8. La página ya queda creada
-

c. Insertar imágenes

1. Dar clic en insertar imagen
2. Seleccionar al grupo al que pertenece
3. Verificar la ruta de la carpeta, por ejemplo: /grupo1/
4. Dar clic en examinar para subir imagen en png o jpg desde el ordenador
5. Dejar cargar la imagen, y subir a la carpeta del Notebook Lab UIS
6. Seleccionar la imagen cargada y luego dar clic en insertar
7. Para eliminar una imagen, dar clic en acciones y seleccionar eliminar.

Apéndice 3. Taller Capacidad calorífica molar de los gases. Manual del instructor

Laboratorio Capacidad calorífica molar de los gases: ¿Cómo se mide la capacidad calorífica de un gas?

1. Objetivos del proceso de aprendizaje:

Objetivo General

- Determinar experimentalmente el valor de capacidad calorífica molar (C_v y C_p) y la relación de capacidad de calorífica (γ) de una muestra de gas (aire y CO_2) empleando distintos métodos experimentales.

Objetivo Específico

- Identificar las variables de estado que contribuyen en la capacidad calorífica a temperatura ambiente.
- Obtener valores experimentales de las relaciones caloríficas y comparar con las relaciones teóricas de capacidad calorífica para cada muestra de gas.
- Modelar los datos obtenidos para cuantificar las relaciones caloríficas de los gases CO_2 y aire controlando datos estadísticos (intersecciones, pendientes, constantes) variables termodinámicas y parámetros físicos.

2. Objetivos del aprendizaje teórico:

- Comprender el concepto de capacidad calorífica molar a volumen constante de un gas ideal identificando las variables que contribuyen a la capacidad calorífica de un gas.
- Entender el funcionamiento básico del montaje experimental (Clement y Desormes) y proponer una metodología adecuada para determinar la relación de capacidad calorífica.
- Entender el funcionamiento básico del montaje experimental (Tubo de Kundt) y proponer una metodología adecuada para determinar la relación de capacidad calorífica.

Conocimientos Previos

Propiedades de los gases ideales, primera ley de la termodinámica, grados de libertad de la molécula, fenómeno de resonancia y velocidad del sonido.

Resumen: Este laboratorio se desarrollará en tres ciclos en tres clases, cada clase con una duración de cuatro horas. Para cada ciclo se debe realizar un taller de preguntas preexperimentales, experimentales y para el tratamiento de datos. Completados los dos ciclos

el grupo debe desarrollar las preguntas finales relacionadas con los dos ciclos.

Primer Ciclo: Construcción de conceptos básicos relacionados con propiedades de los gases, ecuaciones de estado, calor y capacidad calorífica ($\overline{C_v}$ y $\overline{C_p}$).

Segundo Ciclo: Comprender el concepto de relación de capacidad calorífica de un gas en un sistema adiabático.

Tercer Ciclo: Comprender la relación entre capacidad calorífica y la velocidad del sonido en un gas.

Primer Ciclo: Capacidad calorífica de los gases

Las capacidades caloríficas pertenecen a las propiedades termo físicas más importantes de la materia. La capacidad calorífica molar de un gas ideal se define como la energía necesaria para elevar la temperatura de un mol de gas en un grado Kelvin [1].

$$C = \frac{1}{n} \left(\frac{dQ}{dT} \right) \quad (1)$$

En este ciclo se determinará la relación de capacidad calorífica isocórica e isobárica de dos muestras de gases.

A. Preguntas previas al experimento

1. Si se añade calor a un gas contenido en un recipiente de vidrio cerrado mediante un calentador eléctrico que se enciende brevemente. ¿Cuáles son las variables de estado de este sistema? ¿Cómo se relacionan con la capacidad calorífica del gas? Explique su respuesta
2. Según lo anterior, explique la diferencia entre capacidad calorífica específica isobárica C_p^{id} y la capacidad calorífica específica isocórica C_v^{id} .

Recuerde que:

$$C_p \equiv \left(\frac{\partial H}{\partial T} \right)_p \quad (2)$$

$$C_v \equiv \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_v \quad (3)$$

3. Si se asume que en el sistema hay un gas ideal y se aplica la ecuación del gas ideal. Deduzca la relación que hay entre C_p y C_v . Tenga en cuenta la siguiente ecuación:

$$\left(\frac{\partial H}{\partial T} \right)_p = C_v + \left[\left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T + p \right] \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p \quad (4)$$

4. De la ecuación (2) se deduce que la capacidad calorífica molar es una función de la energía interna del gas. La energía interna se puede calcular con la ayuda de la teoría cinética de los gases [2] con el número de grados de libertad f y la constante universal de los gases R :

$$U_i = \frac{1}{2} f \cdot R \cdot T \cdot n \quad (5)$$

Si se deduce que $C_v = \frac{1}{2} f \cdot R$ y $C_p = \frac{f+2}{2} \cdot R$, calcule f , C_v y C_p , para los gases: CO_2 y aire.

5. Suponiendo la situación del punto número 1 y teniendo en cuenta las preguntas anteriores, sugiera al menos un método experimental que podría usarse para determinar C_V y C_p .
6. Un grupo de estudiantes calientan eléctricamente un gas que se encuentra en un recipiente de 10 L a presión constante y a volumen constante.

- a) Los estudiantes encienden el calentador eléctrico a volumen constante durante 1000 ms y observan que la presión del sistema aumenta a 0,45 mbar. Posteriormente los estudiantes calientan el gas durante 2000 ms y observan que la presión es 0,85 mbar. Calcule C_V , si $a = 0,855 \text{ cm}^3/\text{hPa}$, $p = 1011 \text{ hPa}$, $U = 5 \text{ V}$ e $I = 0,43 \text{ A}$

$$C_V = 83,11 \frac{\text{hPa} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot \left(\frac{U \cdot I \cdot dt}{(ap + V) \cdot dp} - \frac{ap}{ap + V} \right) \quad (6)$$

- b) Los estudiantes encienden el calentador eléctrico a presión constante durante 1000 ms y observan que el volumen aumenta a 4mL. Posteriormente los estudiantes calientan el gas durante 2000 ms y observan que el volumen aumenta a 6,5mL. Calcule C_p , si $a = 0,855 \text{ cm}^3/\text{hPa}$, $p = 1011 \text{ hPa}$, $U = 5 \text{ V}$ e $I = 0,43 \text{ A}$

$$C_p = 83,11 \frac{\text{hPa} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot \left(\frac{UI}{p} \right) \cdot \left(\frac{dt}{dV} \right) \quad (7)$$

B. Preguntas experimentales. Primera Parte

1. Determine las variables de estado con sus respectivas unidades que se van a cuantificar en cada experimento.
2. Prediga los cambios de las variables en el experimento respecto al tiempo de calentamiento eléctrico. ¿Qué sucede si se aumenta el tiempo de calentamiento? y ¿qué variable puede controlar?
3. Anotar los datos obtenidos en el cuaderno electrónico de laboratorio y registrar las observaciones.

C. Protocolo Experimental

1. Realizar el montaje del siguiente circuito.
 - A. Disponer el montaje experimental como se muestra en la figura 1.

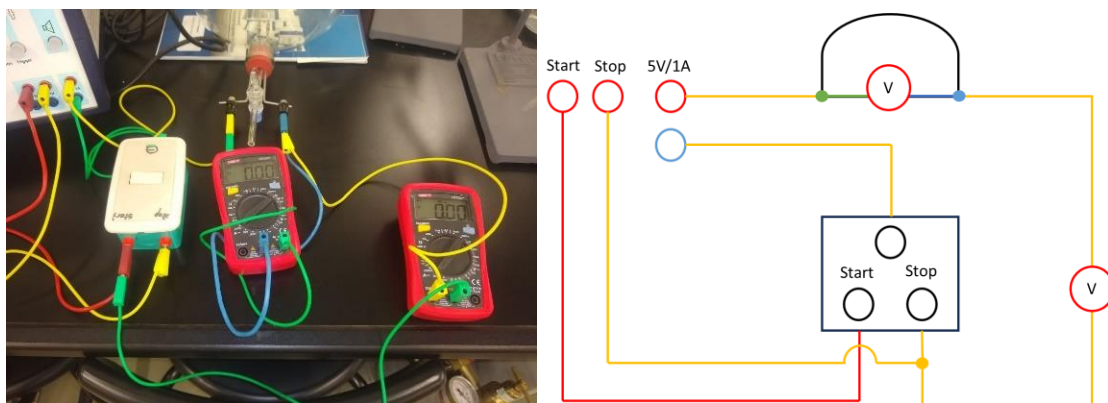


Figura 1: a) Montaje del circuito b) Mapa de circuito. (Fuente: Autor del proyecto)

Determinar C_v

- A. Disponer el montaje experimental como se muestra en la figura 2.



Figura 2: Montaje Experimental para determinar C_v . Tomado del manual de laboratorio de fisicoquímica II [3].

- B. Conectar el manómetro de presión a la botella mediante una manguera.
- C. Leer el incremento de la presión inmediatamente después de la interrupción del proceso de calentamiento. El canal del manómetro debe estar bien humedecido antes de cada medición.
- D. Iniciar el procedimiento de medición presionando el interruptor. El periodo de medición debe ser muy variados, pues se debe realizar una gráfica de variación de presión versus tiempo; anotar los valores de corriente (A) y voltaje (V).

- E. Realizar por lo menos 10 mediciones para cada gas. Después de cada medición, llevar a cabo una estabilización de la presión con la presión del ambiente abriendo la llave de tres pasos.

Determinar C_p

- A. Disponer el montaje experimental como se muestra en la figura 3.



Figura 3: Montaje Experimental para determinar C_p . Tomado de: Manual del laboratorio de Fisicoquímica II [3].

- B. Inicie y detenga el procedimiento de medición accionando el interruptor de dos vías.
- C. Para la medición, la llave de tres vías debe colocarse de tal manera que conecte la jeringa y el manómetro con la botella.
- D. El procedimiento de medición debe ser lo más corto posible (menos de dos segundos).
- E. Durante la medición, la llave de tres vías debe colocarse de tal manera que conecte la jeringa y el manómetro con la botella.
- F. Al calentar, la presión en la botella comenzará a aumentar.
- G. Como desea determinar la capacidad calorífica a presión constante, debe compensar el aumento de presión aumentando el volumen a través de la jeringa.
- H. Puede sostener la jeringa en la mano y usar el pulgar para empujar suavemente el émbolo.

- I. Cuando se detenga el calentamiento, el volumen del gas en la botella seguirá aumentando por un momento.
- J. Tenga cuidado de notar el punto de inflexión cuando el volumen comienza a disminuir nuevamente porque el gas comienza a enfriarse. En este momento la presión debe tener su valor inicial y comenzar a descender mientras ya has dejado de aumentar el volumen.
- K. Puede leer el aumento de volumen directamente desde la escala de la jeringa. Es posible que necesite algo de práctica hasta que pueda mantener la presión bastante constante durante toda la medición y reconocer el punto de inflexión correctamente.
- L. Realizar 10 mediciones para cada gas. Después de cada medición, restablezca el volumen inicial y espere hasta que el gas se enfríe nuevamente a temperatura ambiente.

D. Pensando en los datos (TATD) de sus siglas en inglés (Thinking About the Data): Primera parte

1. Graficar los resultados obtenidos dP vs dt para determinar C_v y graficar dV vs dt para determinar C_p) para cada gas y agregue una línea de tendencia lineal. Luego realice un análisis ESTIMACION.LINEAL para determinar la pendiente y su error estándar.
2. ¿Cómo afecta la corriente y el voltaje del circuito suministrado al sistema con la ecuación de capacidad calorífica \overline{C}_p y \overline{C}_v ?
3. Determine la relación entre las pendientes obtenidas para \overline{C}_p y \overline{C}_v en ambos gases en unidades de energía. Tenga en cuenta las ecuaciones de \overline{C}_p y \overline{C}_v , y justifique su respuesta:

Para el cálculo de \overline{C}_v y \overline{C}_p , considere

$$a = 8.8 \times 10^{-4} \frac{l}{hPa}, p_0 = 1013 hPa, T_0 = 273,2 K, V_0 = 22.414 \frac{l}{mol}, p = 901 hPa y V =$$

101

$$C_v = \frac{p_0 \cdot V_0}{T_0} \left(\frac{U \cdot I \cdot dt}{(ap + V) \cdot dp} - \frac{ap}{ap + V} \right)$$

$$C_p = \frac{p_0 \cdot V_0}{T_0} \cdot \left(\frac{U \cdot I}{p} \right) \cdot \left(\frac{dt}{dV} \right)$$

4. Determine si con los datos obtenidos de \overline{C}_p y \overline{C}_v para el aire y CO_2 se cumple que:

$$\overline{C}_p - \overline{C}_v = R(8)$$

Calcule el % de error de los R . ¿A que se debe este error? Justifique su respuesta

$$\%error = \frac{|V_{real} - V_{aprox}|}{V_{real}} \times 100\% (9)$$

5. ¿Cómo afecta la corriente y el voltaje del circuito suministrado al sistema con la ecuación de capacidad calorífica $C_{p,m}$ y $C_{v,m}$?
6. ¿Cómo incrementaría la temperatura del gas interno sin calentamiento eléctrico?

Bibliografía

- [1] I. N. Levine, “Fisicoquímica_Levine_Volumen_1_5Ta_Edicion.Pdf.” p. 537, 2004, [Online]. Available: https://ambientalguasave.files.wordpress.com/2010/10/fisicoquimica_levine_volumen_1_5ta_edicion.pdf.
- [2] W. S. Warren, “Essential Physical Concepts for Chemistry,” Phys. Basis Chem., vol. 17, pp. 32–59, 2001, doi: 10.1016/b978-012735855-0/50003-6.
- [3] G. Rodriguez Guizar and E. Gonzalez Altamirano, “MANUAL DE PRACTICAS DEL LABORATORIO DE FISICOQUIMICA,” 2013, [Online].
-

Segundo ciclo: Expansión adiabática y capacidad calorífica

Las capacidades caloríficas pertenecen a las propiedades termo físicas más importantes de la materia. La capacidad calorífica molar de un gas ideal se define como la energía necesaria para elevar la temperatura de un mol de gas en un grado Kelvin [1].

$$C = \frac{1}{n} \left(\frac{dQ}{dT} \right) \quad (1)$$

En este laboratorio se determinará la relación de capacidad calorífica de dos muestras de gases a través de un proceso de expansión adiabática.

A. Preguntas Preexperimental: Segunda Parte

Suponga que, a un recipiente adiabático, se le agrega una cantidad de gas aumentando su presión interna, posteriormente el recipiente se abre y se vuelve a cerrar de manera inmediata [2].

1. ¿Qué cree que suceda?, ¿qué variables de estado intervienen en este sistema?, ¿cómo deben ser las paredes del recipiente adiabático?, ¿qué sucede con la energía interna del gas?, ¿Cómo se relaciona con la capacidad calorífica de dicho gas? Explique su respuesta
2. Defina el coeficiente adiabático de un gas (γ). ¿En qué variables se debe expresar (γ)?. Investigue el (γ) para el aire y para el CO_2 . Cite la fuente
3. Una muestra de gas ideal diatómico se expande adiabáticamente. Inicialmente, 1 mol de gas está a una presión de $101,30 \text{ K}$ y a una temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. El volumen final incrementa en un factor de 1,8. Calcule la presión final.

Tenga en cuenta que:

$$PV_i^\gamma = PV_f^\gamma \text{ y } C_v = \frac{5}{2}R$$

4. Investigue sobre el método de Clément y Desormes y sugiera al menos un **método experimental** que podría usarse para determinar (γ y C_p).

B. Preguntas Experimentales: Segunda Parte

1. Construya la tabla de datos para registrar los datos obtenidos para ambos gases y calcular γ . Tener en cuenta las unidades de las variables.
2. ¿Es importante el material del recipiente? Justifique la respuesta
3. ¿Por qué la presión debe permanecer positiva dentro del sistema? ¿Es posible que ocurra una expansión adiabática dentro del sistema si el gas sale lentamente? Justifique su respuesta.

C. Protocolo Experimental: Segunda Parte

A. Disponer el montaje experimental se muestra en la Figura 1.

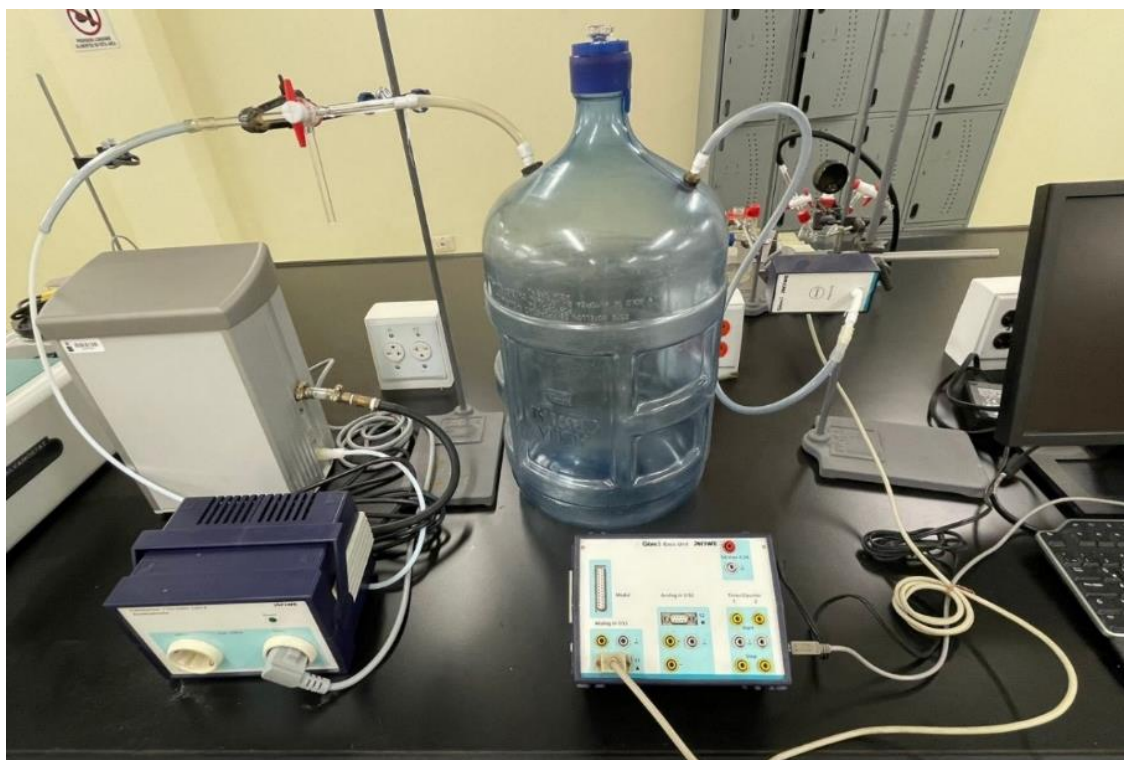


Figura 1. Montaje experimental para determinar la relación de capacidad calorífica a través de una expansión adiabática. (Fuente: Autor del proyecto)

El volumen de la bombona de plástico es de aproximadamente 20 L se sugiere que el tiempo de purga se realice en 3 minutos. La bombona tiene dos conexiones: entrada del gas y conexión con el barómetro digital de presión; y una salida del gas con una tapa movable de vidrio esmerilado.

- B. Abrir el programa *Phywe measure 4*, dar clic en *SENSOR* y seleccionar *Cobra3 Leyes de los gases*. Aparecerá una ventana emergente.
- C. En la ventana emergente seleccionar la pestaña *Medir/Inicio/Fin*. Seleccionar *Automática* y configurar 2s para medir *aire* y 5s para medir el CO_2 .
- D. Luego, selecciona la pestaña *Calibrar* y en la sesión de *Presión* configura 904 hPa. Da clic en la opción *Calibrar*. Finaliza dando clic en *Continuar*.
- E. Purgar el sistema con el gas a trabajar, con ayuda de la bomba de vacío hasta llegar a una presión de 870 hPa.
- F. Realizar el llenado del recipiente plástico con el gas de interés, se sugiere realizar este paso en un lapso de 1min y que la presión interna no alcance a 1000 hPa.

- G. Detener el llenado del gas. Luego de llenado se cierra la válvula de tres vías para dejar el sistema completamente cerrado, luego esperar a que la presión interna sea constante por más de 30 segundos
- H. Se da clic en iniciar la medición en el programa *Phywe measure 4*.
- I. Pasado 10 segundos, se retira la tapa de vidrio esmerilada rápidamente y se vuelve a poner. Se sugiere realizar este procedimiento en el menor tiempo posible.
- J. Colocar la tapa de vidrio con fuerza y esperar que la presión se estabilice. Observar cómo cambia el valor de la presión interna.
- K. Se finaliza la medición en el programa *Phywe measure 4* y guardar los datos.
- L. Seleccionar la pestaña *Medida*, luego *Exportar datos*, *Copiar en un fichero* y *OK*. Nombrar el archivo y *Guardar*.
- M. Tomar pantallazo de la gráfica obtenida.
- N. Realizar triplicado de medición.

Nota: En el caso del CO_2 se sugiere manejar presiones no superiores a 950 hPa. Recuerde purgar el recipiente de plástico en cada medición para ambos gases.

D. Pensando en los datos (TATD) de sus siglas en inglés (Thinking About the Data):
Segunda parte

1. Obtenga el gráfico de P vs t para ambos gases). Analice los diagramas de presión dependiente de tiempo y volumen de los puntos 1 y 2 respectivamente y discuta las siguientes preguntas: ¿El experimento anterior se puede ser considerado como un proceso reversible?, ¿qué sucede cuando se abre el sistema?, ¿qué sucede al cerrar nuevamente el sistema?
2. Obtenga el gráfico de P vs V para ambos gases). Analice los diagramas de presión dependiente de tiempo y volumen de los puntos 1 y 2 respectivamente y discuta las siguientes preguntas: ¿El experimento anterior se puede ser considerado como un proceso reversible?, ¿qué sucede cuando se abre el sistema?, ¿qué sucede al cerrar nuevamente el sistema?
3. Emplee la ecuación de los gases ideales para determinar el valor de V

$$V = R \left(\frac{T}{P} \right)$$

Nota: Recuerde que $V_2 = V_3$

4. Suponiendo que los procesos son reversibles, la ecuación adiabática $P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$ se tiene que γ en función de P es igual a:

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \log$$

Determine la γ de ambos gases en función de los cambios de presión.

5. Calcule el valor de C_p de ambos gases con la siguiente ecuación:

$$C_p = R \left(\frac{\log \left(\frac{P_2}{P_1} \right)}{\log \left(\frac{P_2}{P_3} \right)} \right)$$

6. Conociendo el valor de γ y C_p . Determine el valor de C_v
7. Determine si con los datos obtenidos para el aire y CO_2 se cumple que:

$$\overline{C_p} - \overline{C_v} = R$$

Calcule el % de error de los valores para R , $\overline{C_p}$ y $\overline{C_v}$. Explique los resultados obtenidos y proponga una posible solución.

8. Suponga que para el desarrollo de esta práctica se empleó un recipiente de metal y otro de vidrio, responda las siguientes preguntas: ¿en cuál recipiente favorece la expansión adiabática?, ¿en cuál recipiente favorece el proceso isocórico al momento de cerrar el sistema?, ¿cuál de los dos recipientes permite mejor el proceso isotérmico? Justifique la respuesta

Bibliografía

[1] I. N. Levine, “Fisicoquímica_Levine_Volumen_1_5Ta_Edicion.Pdf.” p. 537, 2004, [Online]. Available: https://ambientalguasave.files.wordpress.com/2010/10/fisicoquimica_levine_volumen_1_5ta_edicion.pdf.

[2] D. W. BALL, FISICOQUIMICA, S.A. EDICI. 05/05/2004, 2004.

Tercer Ciclo: Capacidad calorífica y la velocidad del sonido

La relación de capacidad calorífica de un gas, γ , se puede obtener midiendo el cambio de presión durante una expansión adiabática. La rápida expansión y compresión de las moléculas de gas produce ondas sonoras. Esta expansión y compresión ocurre tan rápidamente que la energía térmica no se transfiere entre las moléculas de gas durante la vibración del sonido, y la generación de ondas de sonido puede considerarse adiabática [1].

La fórmula para determinar la relación capacidad calorífica a partir de la velocidad del sonido es:

$$\gamma = \frac{Mc^2}{RT} \quad (1)$$

A. Preguntas Preexperimental: Tercera Parte

1. La capacidad calorífica molar \overline{C}_V está relacionada con la energía interna del sistema. Defina el tipo de energías moleculares relacionadas con \overline{C}_V
2. ¿Qué relación existe entre capacidad calorífica molar y la velocidad de sonido?
3. Expresé la relación de capacidad calorífica ($\gamma = \frac{\overline{C}_V}{\overline{C}_p}$) en términos de \overline{C}_V (capacidad calorífica molar) para los gases ideales. Tenga en cuenta la relación entre la capacidad calorífica específica isobárica C_p^{id} y la capacidad calorífica específica isocórica C_V^{id} mostrada en la siguiente ecuación:

$$C_V - C_p = nR \quad (2)$$

Nota: La capacidad calorífica molar de una sustancia se define como la cantidad de calor absorbido y el cambio de temperatura en un mol de dicha sustancia.

4. La relación de capacidad calorífica de los gases se puede representar como:

$$\gamma = \frac{Mc^2}{RT}$$

Donde c es la velocidad del sonido, M es la masa molar del gas. ¿Por qué γ se ve afectada por la velocidad del sonido c ? Tenga en cuenta la teoría cinética de los gases [2].

5. La velocidad del sonido en CO_2 a $T = 303,15K, P = 0,01$ es $C = 259 m/s$. Calcule la capacidad calorífica del gas ideal isobárico correspondiente.
6. Investigue sobre el experimento del Tubo de Kundt [3] y proponga un método que permita determinar la velocidad de sonido de un gas. ¿Cómo mediría la velocidad de un gas real? Justifique su elección.

A. Experimento: Tercera Parte

1. ¿Qué variables se deben medir para determinar la velocidad del sonido? ¿Qué unidades deben tener las variables medibles? ¿La longitud del tubo afecta la velocidad del sonido? Justifique su respuesta.
2. ¿Cuál es la velocidad del sonido en aire y en CO_2 ?

B. Protocolo: Tercera Parte

- A. Disponer el montaje experimental se muestra en la Figura 1.



Figure 1. Experimental configuración para medir la velocidad del sonido en gas. (Fuente: Autor del proyecto)

- B. Conecte el micrófono del tubo a la computadora del laboratorio VISUAL ANALYZER 10.0 y asegúrese de que la interfaz funcione correctamente dar clic en On.

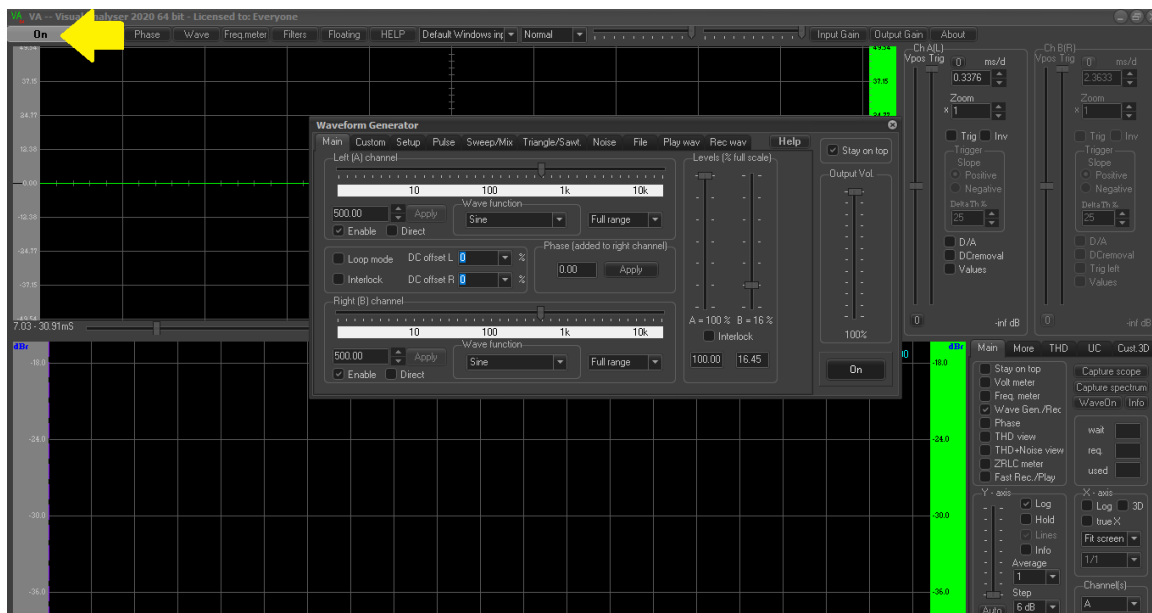


Figura 2: Interfaz VA 10.0. (Fuente: Autor del proyecto)

- C. Verifique que el analizador reciba la señal del micrófono.

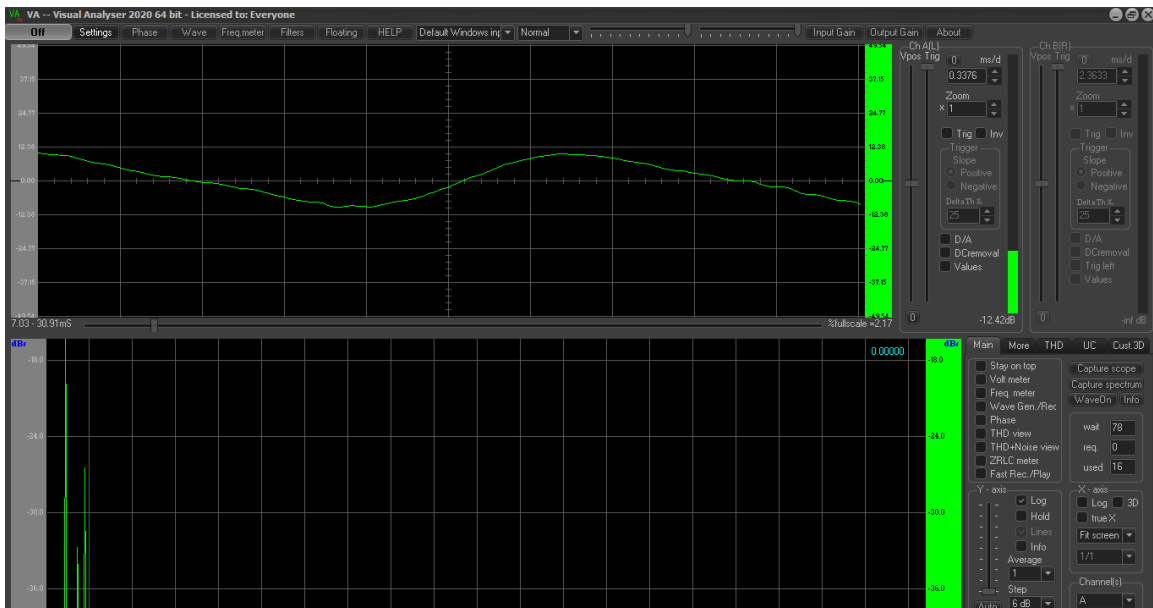


Figura 3: Interfaz VA 10.0 como Osciloscopio. (Fuente: Autor del proyecto)

D. Conecte el parlante o audífono al computador personal con el programa VISUAL ANALYZER 10.0.

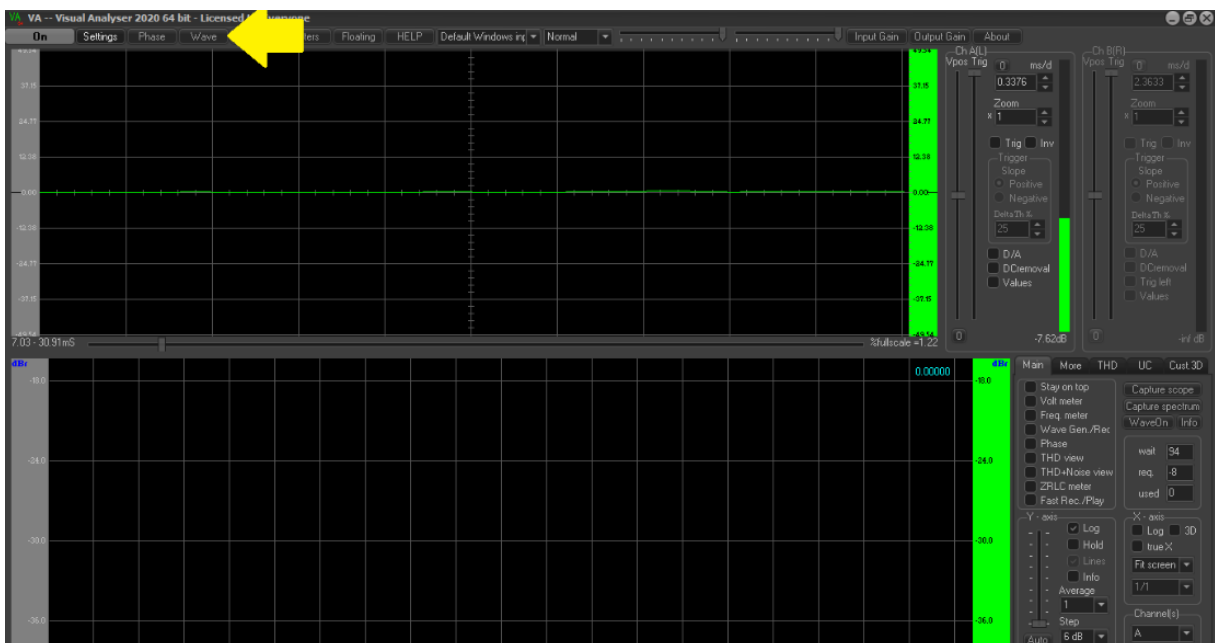


Figura 4: Dar click en *Wave*. (Fuente: Autor del proyecto)

E. Verifique que el analizador funcione como osciloscopio.

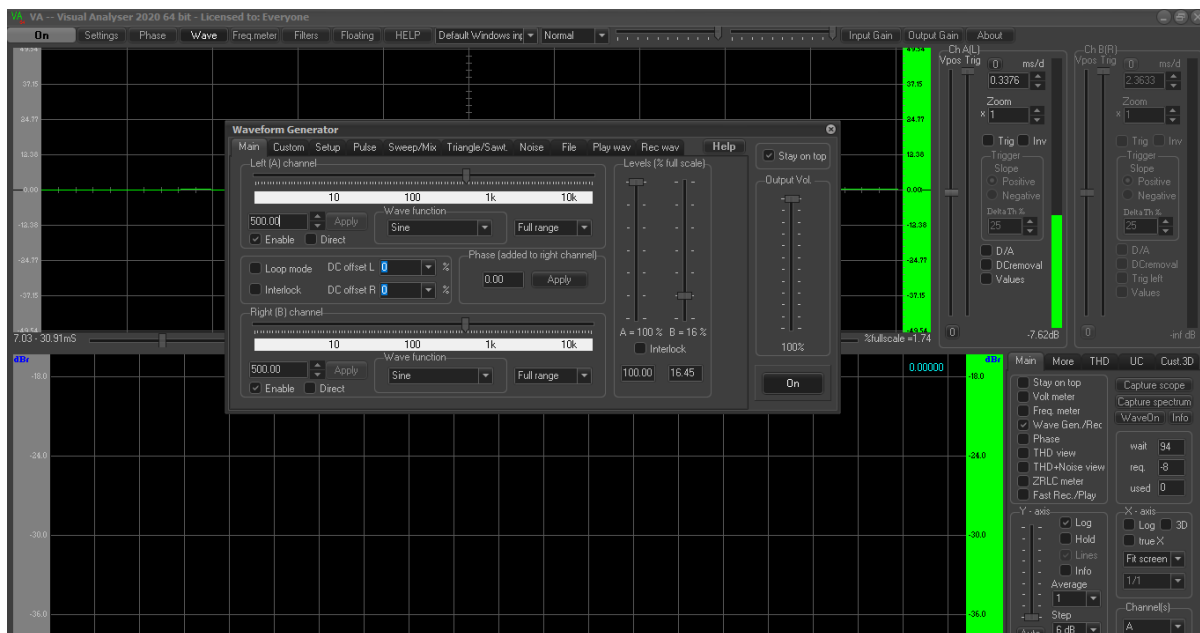


Figura 5: Dar click en On. (Fuente: Autor del proyecto)

- F. Abra lentamente la válvula del tanque de gas de muestra y deje que el gas de muestra fluya a través del tubo de Kundt durante 3-5 minutos. Ubicar el micrófono en la posición inicial, cercano al audífono.
- G. En la interfaz de VA 10.0 del computador personal se determina la frecuencia que se desea generar y se da clic en On.
- H. Mover el micrófono a lo largo del tubo y observar la señal en el analizador VA 10.0 del computador del laboratorio.
- I. Realice mediciones en diferentes valores de frecuencia y encuentre los nodos para cada frecuencia.

C. Procesamiento de los datos (TATD): Tercera parte

1. Realice la gráfica de v (Hz) frente a n (cm) para cada gas y agregue una línea de tendencia lineal. Luego realice un análisis ESTIMACION.LINEAL para determinar la pendiente y su error estándar.
2. Calcule el valor de la velocidad del sonido c en cada gas a partir de la pendiente y L usando la ecuación:

$$v = \left(\frac{c}{2L}\right)n, \quad n = 1,2,3, \dots$$

3. Determine el valor de la relación de capacidad calorífica de los dos gases con la ecuación:

$$\gamma = \frac{Mc^2}{RT}$$

4. Determine el valor de C_v con la siguiente fórmula $\gamma = 1 + \frac{R}{C_{v,m}}$, calcule el valor de C_p y R .
Determine el % de error de cada una.
5. Para calcular $C_{v,m}$, se toma en cuenta los grados de libertad de traslación, rotación y vibración. ¿Por qué no se incluye los niveles de energía electrónicos?
-

Preguntas Post-Experimentales

1. Compare los resultados obtenidos en los tres métodos y responda: ¿Cuál método permite obtener resultados más cercanos al teórico? ¿Cuál de los gases tiene un comportamiento cercano al de un gas ideal? Justifique su respuesta.
2. Al estudiar sobre los motores de Carnot, la capacidad calorífica es una propiedad importante que debe medirse para cualquier gas. Realice una búsqueda bibliográfica sobre los motores térmicos o motores de Carnot y analice que tipo de gas empleado favorece el rendimiento de un motor térmico. El gas puede ser (monoatómico, diatómico o una mezcla de gases).

Bibliografía

- [1] P. A. Bryant and M. E. Morgan, "LabWorks and the Kundt's tube: A new way to determine the heat capacities of gases," *J. Chem. Educ.*, vol. 81, no. 1, pp. 113–115, 2004, doi: 10.1021/ed081p113.
- [2] W. S. Warren, "The Kinetic Theory of Gases," pp. 149–172, doi: 10.1016/B978-0-12-735855-0.50007-3.
- [3] M. Branca and I. Soletta, "Cp/Cv ratios measured by the sound velocity method using calculator-based laboratory technology," *J. Chem. Educ.*, vol. 84, no. 3, pp. 462–464, 2007, doi: 10.1021/ed084p462.

Apéndice 4. Rubrica de evaluación

En la siguiente tabla se muestra los objetivos de aprendizaje y los criterios de evaluación de esta práctica de laboratorio. A cada miembro del grupo se le puede asignar una calificación final diferente. Tenga en cuenta que el 60% de la nota está relacionada con el desarrollo del taller y el 30 % de la nota final de este laboratorio se basa en la eficacia con la que colabora con su propio grupo y con otros.

Taller: Capacidad calorífica de	Presentación 10 puntos	Colaboración grupal 10 puntos	Colaboración intergrupala 10 puntos
<p>Los estudiantes han obtenido, procesado y presentado la información correctamente. El conocimiento del manejo del Notebook Lab UIS y la presentación de los datos es adecuada, profunda y libre de errores. El contenido presentado aborda las indicaciones de las tareas.</p>	<p>Las páginas creadas en Notebook Lab UIS tienen diseños y gráficos atractivos; son lógicos y organizados. Los estudiantes han utilizado fuentes apropiadas y las han citado correctamente en el Notebook Lab UIS.</p>	<p>Cada miembro contribuyó con contenido original y apropiado en Notebook Lab UIS antes de las fechas límite. Los miembros han comentado y editado las contribuciones de los demás miembros. Las interacciones grupales en línea y en clase son constructivas y enfocadas.</p>	<p>Las interacciones intergrupales tanto en línea como en clase son constructivas y enfocadas. Los miembros del grupo han incorporado las sugerencias de otros en el desarrollo del laboratorio y la edición en sus cuadernos electrónicos de laboratorio.</p>

RUBRICA DE EVALUACIÓN DEL TALLER DEL LABORATORIO				
Criterio	Mal	Regular	Bien	Excelente
Demuestra una clara comprensión de los temas abordados (25%)	La información de antecedentes es precisa, pero irrelevante	La información está presente pero no se explica adecuadamente	La información de antecedentes es pertinente y se explican adecuadamente, pero son pocas	La información de antecedentes tiene el nivel apropiado de especificidad para proporcionar un contexto útil y conciso
Demuestra Conocimiento del Diseño experimental y capacidad en predecir resultados. (25%)	Ensayos experimentales mal explicados	Las explicaciones de los estudiantes sobre los controles y/la replicación son vagas e inexactas	El estudiante demuestra un sentido razonable y preciso sobre las variables que controlar el experimento	Las explicaciones del <i>¿por qué?</i> Sobre las variables importantes para este experimento son claras y están vinculadas a predicciones realizadas
Los datos son completos, precisos y relevantes. Están debidamente etiquetados incluidas las unidades. (25%)	Los datos son incompletos o erróneos	Al menos un conjunto de datos relevante por experimento, pero algunos datos faltan o son inexactos	Los datos son relevantes, precisos y completos. Presentan un menor error	Los datos son relevantes, precisos y completos, no contiene errores
Demuestra un análisis apropiado que le permite llegar a conclusiones	Se proporcionan resultados, pero son inapropiados y son	Se proporcionan resultados, pero falta explicación suficiente	Se proporcionan resultados y la explicación es suficiente. Las conclusiones son claras pero	El análisis es apropiado, correcto y claramente explicado. Las conclusiones están completamente justificadas por los

claras y lógicas. (25%)	contradictorios a los esperados		limitadas	datos
--	------------------------------------	--	-----------	-------

Apéndice 5. Encuesta de Satisfacción

Elementos	Pregunta	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Indiferente	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Valoración de los estudiantes, evaluación de la efectividad del taller	¿La elaboración del taller "capacidad calorífica molar de un gas" resulta útil para aprender sobre conceptos de termodinámica en el laboratorio como la interpretación de la primera ley de termodinámica, ley de los gases ideales, grados de libertad de la molécula y capacidad calorífica de un gas?					
	¿Esta experiencia le permitió comprender los conceptos y procesos de forma clara y completa sobre capacidad calorífica de los gases?					
	¿Recibió retroalimentación por parte del instructor para desarrollar cada ciclo en el laboratorio?					
	¿Los temas de capacidad calorífica de los gases se presentaron secuencialmente?					
	¿Estaría de acuerdo en emplear el taller POGIL-PCL en lugar del formato de pre-informe/informe de laboratorio tradicional en los laboratorios de fisicoquímica II?					
	¿Considera que el taller le permite construir un pensamiento crítico al momento de realizar el laboratorio?					
	¿Considera que el primer ciclo explica de					

	manera clara los conceptos de capacidad calorífica a volumen constante y a presión constante?					
	¿Está de acuerdo que el primer ciclo explica de manera clara el concepto relación capacidad calorífica y expansión adiabática?					
	¿Está de acuerdo que el tercer ciclo permite comprender el concepto de relación de capacidad calorífica, onda estacionaria y velocidad del sonido?					
Uso de herramientas TICs	¿Se le proporcionaron suficientes recursos y apoyo para aprender a usar Notebook Lab UIS y Asimismo solucionar problemas?					
	¿El uso de Notebook Lab UIS para el desarrollo del laboratorio mejoró sus conocimientos y habilidades tecnológicas?					
	¿Considera necesario emplear herramientas de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs) en la enseñanza de la escuela de Química?					
Evaluación de la herramienta Notebook Lab UIS	¿Estaría de acuerdo en reemplazar el cuaderno tradicional por un cuaderno electrónico en un sitio como Notebook Lab UIS para registrar observaciones y resultados de un laboratorio?					
	¿El uso de Notebook Lab UIS como cuaderno electrónico de laboratorio grupal favorece el registro del proceso experimental y trabajo colaborativo para el análisis de datos?					
	¿El cuaderno Notebook Lab UIS facilitó el trabajo en grupo para el desarrollo de la práctica de laboratorio?					

¿Considera efectivo el aprendizaje sobre conceptos de termodinámica aplicando esta metodología de enseñanza?					
¿Notebook Lab UIS facilita la documentación, organización y almacenamiento de los datos obtenidos experimentalmente?					
¿Tiene alguna recomendación de mejoras que podamos hacer para mejorar la experiencia de aprendizaje en el laboratorio?	<i>En este espacio puede realizar comentarios sobre la experiencia en el laboratorio, las prácticas de laboratorio, el taller, el cuaderno electrónico de laboratorio y el aprendizaje</i>				

Estas preguntas están dirigidas a la autoevaluación en cuanto del estudiante. La calificación tiene una escala de Deficiente (1) hasta Excelente (5).

Pregunta	1	2	3	4	5
Participó de manera activa en clase expresando sus aportes y/o dudas.					
¿Para realizar el taller es necesario la explicaciones e indicaciones del docente dentro y fuera del laboratorio?					
¿En cada desarrollo del ciclo tomó apuntes en el cuaderno electrónico del laboratorio Notebook Lab UIS?					
¿Cumplió con las actividades indicadas dentro del tiempo establecido?					