

Construcción de una máquina de vapor casera

Aprendizaje Basado en Proyectos

Agustín Pérez Muñoz, Lisseth De la Peña Osorio, Arturo Antonio García-Figueroa, José Fernando Barragán Aroche, Amparo Maya Romero, Leticia Valle Arizmendi, José Luis López Cervantes* y Marco Antonio Alvarez-Amparán**



D. R. © , 2023, UNAM-CC-BY-NC



Construcción de una máquina de vapor casera. Aprendizaje Basado en Proyectos

Agustín Pérez Muñoz, Lisseth De la Peña Osorio, Arturo Antonio García-Figueroa, José Fernando Barragán Aroche, Amparo Maya Romero, Leticia Valle Arizmendi, José Luis López Cervantes* y Marco Antonio Alvarez-Amparán**

*Departamento de Fisicoquímica, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México 04510, México.

**Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México 04510, México.

D. R., ©, 2023, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad 3000, Universidad Nacional Autónoma de México, C. U., Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México.

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución, No comercial Código Legal: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.es>, (CC-BY-NC).

Para citar el contenido digital: se sugiere utilizar el formato APA, considerar lo señalado en <https://normas-apa.org/citas/>

*Imagen de la portada: Locomotora, imagen modificada de

Ortiz, X. V. (2022, diciembre 2). Todos los hombres que inventaron la máquina de vapor. La Vanguardia. <https://www.lavanguardia.com/historiayvida/mas-historias/20221202/8629778/todos-hombres-inventaron-maquina-vapor-pmv.html>

Agradecemos el apoyo de: DGAPA-UNAM a través del proyecto **PAPIME PE100723**

D. R. © , 2023, UNAM-CC-BY-NC



INTRODUCCIÓN

En nuestra vida cotidiana empleamos la energía contenida en el vapor cuando necesitamos que los alimentos se cocinen de forma rápida al emplear una olla de presión. También se emplea la energía contenida en el vapor para realizar un trabajo, para transformar esta energía en trabajo es necesario una máquina térmica.

Las máquinas térmicas son dispositivos alimentados por materia, la cual contiene energía, esta materia puede ser combustible para los motores de combustión interna, alimento para los seres vivos o vapor para las máquinas de vapor. La máquina térmica transforma la energía contenida en la materia que entra, en trabajo. En las máquinas térmicas estudiadas en la Ingeniería Química, el trabajo producido por la máquina térmica es transmitido mediante un eje o flecha, por eso este trabajo se le conoce como trabajo de eje.

El concepto de eficiencia motivó el desarrollo actual de la termodinámica; durante la revolución industrial se buscaba incrementar el trabajo recibido por una máquina térmica y reducir el consumo de energía. La búsqueda de la máquina de vapor ideal condujo al desarrollo al desarrollo del concepto de entropía, que es una pieza fundamental de la termodinámica. La comparación entre el trabajo producido por una máquina térmica ideal y una real condujo al concepto de eficiencia. Esta secuencia didáctica tiene el objetivo de que el estudiante indague en el concepto de eficiencia mediante una investigación sobre las máquinas de vapor, el diseño de una máquina de vapor y su construcción.



Construcción de una máquina de vapor casera

Secuencia didáctica bajo la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos

La secuencia didáctica está dirigida a alumnos de tercer, cuarto y quinto semestre de la carrera de Ingeniería Química en la Facultad de Química de la UNAM.

Asignaturas:

Balance de Materia y Energía, Transferencia de Energía y Termodinámica Química.

Objetivos y contenido de los programas de estudios

Balances de Materia y Energía

Objetivo de la asignatura:

“El alumno conocerá los diferentes sistemas de unidades y será capaz de efectuar transformaciones de unidades correctamente. Conocerá el manejo de flujos y composición. El alumno conocerá la simbología básica para representar procesos en la Ingeniería Química. El alumno será capaz de representar un problema físico esquemáticamente, identificando las corrientes, los procesos y las variables que participan. El alumno conocerá los procedimientos para plantear las **ecuaciones de balance de materia y energía** en sistemas con y sin la presencia de reacciones químicas, cerrados o abiertos, así como la vinculación de estas ecuaciones con las variables del problema de balance. El alumno será capaz de identificar las restricciones adicionales necesarias para el correcto planteamiento de un problema de balance de materia o energía y conocerá los procedimientos de solución. El alumno **desarrollará la habilidad de utilizar información disponible en tablas, diagramas, nomogramas, etc.; así como modelos y correlaciones**”



Balance de Materia y Energía

UNIDAD 1: Introducción

UNIDAD 2: Variables de proceso

UNIDAD 3: Balances de materia

UNIDAD 4: Balances de energía

UNIDAD 5: Aplicaciones a procesos industriales

(Extraído del programa de estudios de Balances de Materia y Energía 1316 del Plan de Estudios (2188) de la Carrera de Ingeniería Química (118) de la Facultad de Química, UNAM).

Esta actividad permitirá al estudiantado aplicar el concepto de trabajo de eje de una máquina térmica y el concepto de eficiencia termodinámica. Los conocimientos que se retomarán con esta actividad son el planteamiento del balance de energía para el cálculo del trabajo de eje de máquinas térmicas, revisado en la Unidad 4 y el uso de las tablas de vapor y los diagramas de fase revisados en las Unidades 4 y 5. Adicionalmente al construir la máquina de vapor, generar diagramas y bosquejos permite desarrollar las habilidades viso-espaciales, las cuales Balderas y Bienzobas (Barderas 2014) describen como fundamentales en la formación de un profesionista de la carrera de Ingeniería Química.

Termodinámica Química

El objetivo de la asignatura es:

“La Termodinámica, para el Ingeniero Químico, debe centrarse en promover el entendimiento de los conceptos teóricos y empíricos a través del uso de las leyes de la Termodinámica y el concepto de Equilibrio, con la finalidad de que el alumno aplique estas herramientas para **resolver problemas de Ingeniería Química**”

Termodinámica Química

UNIDAD 1: Principios fundamentales

UNIDAD 2: Condiciones generales de equilibrio

UNIDAD 3: Matemáticas del cálculo de propiedades

UNIDAD 4: Planteamiento de problemas de equilibrio



UNIDAD 5: Diagramas de fases

UNIDAD 6: Propiedades y equilibrio mediante ecuaciones de estado

UNIDAD 7: Funciones en exceso y coeficientes de actividad

UNIDAD 8: Equilibrio químico.

(Extraído del programa de estudios de Termodinámica Química (1426) del Plan de Estudios (2188) de la Carrera de Ingeniería Química (118) de la Facultad de Química, UNAM).

Con esta actividad se puede retomar el planteamiento de problemas de equilibrio (unidad 4) para el análisis termodinámico de la máquina de vapor, el uso y aplicación de diagramas de fase para el cálculo de las propiedades termodinámicas del vapor de agua (Unidad 5) y el cálculo de las propiedades termodinámicas del vapor agua en un ciclo termodinámico (Unidad 6).

Transferencia de energía

El objetivo de la asignatura es:

“El curso de Transferencia de Energía está enfocado a que los alumnos:

- a) Adquieran los conocimientos de los principios físicos fundamentales de la transferencia de energía y establezcan una relación entre estos principios y el comportamiento de sistemas térmicos de naturaleza diversa y propia del campo de la ingeniería química.
- b) Ser capaces de aplicar estos conocimientos en el análisis y solución de problemas de transferencia de energía.
- c) Desarrollen sus **capacidades analíticas y de abstracción** que les permita plantear y analizar problemas para el desarrollo de modelos específicos de transferencia de energía, mediante una perspectiva unificada de los fenómenos de transporte para resolver una mayor variedad de problemas tanto teóricos como prácticos.

Los conocimientos adquiridos en este curso servirán de **base para el estudio de equipos**, procesos y sistemas térmicos que se presentarán en el curso de Ingeniería de Calor y en cursos posteriores relacionados con el diseño, control y **optimización de procesos** que involucren en alguna de sus etapas la transferencia de energía”.



Transferencia de energía

UNIDAD 1: Introducción

UNIDAD 2: Ecuaciones de conservación

UNIDAD 3: Análisis de sistemas no isotérmicos (difusión y convección)

UNIDAD 4: Determinación de coeficientes de transferencia de energía

UNIDAD 5: Balances integrales

UNIDAD 6: Radiación térmica

(Extraído del programa de estudios de Transferencia de Energía (1547) del Plan de Estudios (2188) de la Carrera de Ingeniería Química (118) de la Facultad de Química, UNAM).

Esta actividad permite aplicar los conocimientos adquiridos en esta asignatura, principalmente en las unidades 2 y 5 en el análisis dinámico y al equilibrio de la máquina térmica para discutir el concepto de eficiencia termodinámica.

Justificación

Hoy en día, uno de los principales retos de la actividad docente para la enseñanza de la Físicoquímica es el manejo de conceptos abstractos como son: el calor, la temperatura, la determinación de propiedades termodinámicas y en este caso particular, la eficiencia termodinámica. Además del desarrollo de herramientas digitales y actividades experimentales que permitan un aprendizaje óptimo de dichos conceptos (Xing 2023).

Por lo cual, se desarrolló esta propuesta de secuencia didáctica que permita al estudiantado desarrollar habilidades STEM y de autoeficacia durante el proceso de enseñanza-aprendizaje en la carrera de Ingeniería Química. Además de la comprensión de dichos conceptos abstractos en esta propuesta se pretende que el estudiantado aplique dichas habilidades en el diseño y construcción de una máquina de vapor.

Al abarcar materias de 3er, 4to y 5to semestre de la carrera de Ingeniería Química se garantiza que exista un enfoque diferenciado en la exigencia y desarrollo del proyecto bajo diferentes parámetros de enseñanza según las necesidades del alumnado, fortaleciendo además sus habilidades manuales, viso-espaciales y procedimentales a etapas tempranas de la carrera. Esto debido a que el plan de estudios de la Facultad de Química introduce la aplicación de conceptos teóricos a la práctica hasta el 5to semestre



de la carrera, lo que podría generar cierta confusión y deficiencia en el alumnado al no aplicar de manera simultánea los conceptos teóricos.

Se emplea la estrategia de aprendizaje basado en problemas (ABP) debido a que de esta forma el estudiante adquirirá los conocimientos y habilidades al realizar un proyecto de la vida cotidiana y profesional. A través del desarrollo de este proyecto, el estudiante aplicará los conocimientos adquiridos en las asignaturas de Termodinámica, Equilibrio y Cinética, Balances de Materia y Energía, Termodinámica Química y Transferencia de Energía para construir y analizar una máquina de vapor.

Esta propuesta contempla el desarrollo de la máquina de vapor, la búsqueda de información teórica, de herramientas que permitan la resolución del problema y la construcción de la máquina para fomentar las habilidades multidisciplinarias con enfoque STEM.

A continuación, se indican el objetivo didáctico general y los objetivos particulares que los estudiantes alcanzarán con el desarrollo de esta actividad:

Objetivo general:

Desarrollar un proyecto con una duración aproximada de un mes, donde se diseñará y construirá una máquina de vapor casera para determinar la eficiencia termodinámica del equipo.

Objetivos particulares

- 1) Proponer el diseño de una máquina de vapor empleando materiales reciclados.
- 2) Plantear el balance de materia y energía del sistema.
- 3) Determinar los tiempos de operación, medición de variables del sistema.
- 4) Analizar el diseño seleccionado mediante la determinación de la eficiencia termodinámica.

Planteamiento del Problema

Diseñar, construir y analizar una máquina de vapor empleando materiales reciclados y/o de fácil acceso.



Planteamiento de la pregunta guía

¿Cómo determinar experimentalmente la eficiencia termodinámica de una máquina de vapor?

Preguntas guía de apoyo

- ¿Qué es una máquina térmica?
- ¿Qué es el trabajo de eje?
- ¿Cómo se determina el trabajo de eje teórico o ideal?
- ¿Cómo se determina el trabajo de eje experimental?
- ¿Qué es la eficiencia termodinámica?
- En una máquina térmica ¿qué indica la eficiencia termodinámica?

Definición del producto

Los estudiantes deberán entregar:

1. Una máquina a vapor funcional.
2. El reporte del análisis de la eficiencia termodinámica de la máquina térmica. Se espera que el alumnado desarrolle una serie de reportes que permitan comprender y dar seguimiento al trabajo durante la elaboración de la máquina de vapor.
3. Un video donde se muestre el funcionamiento y las partes de la máquina térmica.



Planificación de las actividades

El alumnado observará y asimilará de manera cuantitativa la eficiencia termodinámica de la máquina de vapor, comprendiendo así un concepto que un principio era abstracto.

Etapa	Descripción (Responsable)	Resultado de aprendizaje
1	Introducción al problema (Docente). Video demostrativo del eje y del trabajo de eje de una máquina térmica (Video) (Docente). Planteamiento del problema (Docente). Investigación sobre la máquina de vapor (Estudiante) Propuesta de diseño de la máquina de vapor (Estudiante) Revisión y discusión sobre la propuesta del diseño de la máquina de vapor (Estudiante y docente)	El alumnado podrá emplear herramientas relacionadas con la metodología STEAM para asimilar y aplicar de manera experimental los conocimientos vistos en clase y desarrollados a lo largo de la actividad.
2	Construcción de la máquina de vapor (Estudiante) Revisión de dudas (Estudiante y docente)	El alumnado logrará desarrollar el trabajo colaborativo mediante la construcción, operación y medición de las variables para el cálculo de la eficiencia termodinámica.
3	Análisis e interpretación de los resultados experimentales obtenidos (Estudiante) Discusión de los resultados (Estudiante y docente) Discusión grupal sobre los resultados obtenidos (Estudiante y docente) Presentación de un video donde se presenta el funcionamiento de la máquina térmica desarrollada por los estudiantes (Estudiantes)	El alumno observará y asimilará de manera cuantitativa la eficiencia termodinámica de la máquina de vapor, comprendiendo así un concepto que un principio era abstracto.



Primera etapa

Observar todas las áreas de oportunidad para la construcción de las siguientes partes de la máquina de vapor

Estudiantado	Docente	Resultado de aprendizaje <i>Que el alumnado sea capaz de ...</i>
El estudiantado deberá organizarse en equipos de trabajo para realizar la investigación previa.	Introducirá al tema (Video) y presentará el problema. Armado de los equipos. Ya sea que permita que el alumnado organice su propio equipo de trabajo o que sean grupos previamente pensados por el docente. Hará sugerencias de posibles lugares donde se puedan conseguir algunos materiales.	Desarrollar la capacidad de organización activa, colaborativa y crítica
Se proponen de 3 a 5 días para realizar la investigación previa y de una a dos semanas para la presentar una propuesta de máquina de vapor.	Sugerir posibles sustitutos de los materiales de ser necesario y proponer adaptaciones al diseño según propuesto por el estudiantado.	Resolver problemas relacionados con la sustitución y ajuste de piezas de equipos. Fortalecer sus aptitudes relacionadas a la Ingeniería según el enfoque STEAM
Presentará al docente todos los avances realizados para la modificación de la propuesta de la máquina de vapor, con el objetivo de tener una versión final.	Dar la realimentación correspondiente.	Observar todas las áreas de oportunidad para la construcción de las siguientes partes de la máquina de vapor



Para esta primera etapa se sugieren las siguientes **preguntas detonadoras**.

Pregunta	Se espera que el estudiantado ...
1. ¿Para ti qué es la eficiencia?	Tenga una noción del concepto abstracto
2. ¿Qué sentido físico tiene la eficiencia?	Relacione el concepto con problemas reales
3. Explica de forma breve el funcionamiento general de una máquina de vapor	Investigue el funcionamiento de una máquina de vapor. El docente debe recomendar un método de búsqueda y sugerir fuentes confiables.
4. ¿Qué variables termodinámicas consideras que son necesarias para analizar una máquina de vapor?	Investigar las propiedades termodinámicas y su relación con la máquina de vapor.
5. Realiza un diagrama (bosquejo) de una máquina de vapor indicando las partes generales que la componen	Desarrolle la inteligencia viso-espacial
6. ¿Cuál es el trabajo de eje?	Visualice el trabajo de eje
7. ¿Dónde crees que se aplica el concepto de eficiencia en la máquina de vapor?	Relacione conceptos investigados con la máquina de vapor.
8. ¿Cuál es la importancia del concepto de eficiencia en la industria?	Extienda el conocimiento fuera del aula.

Segunda etapa

En la segunda etapa se espera que el estudiantado ejecute su propuesta para la solución del problema y con el apoyo del docente ajuste los cambios necesarios para lograr la solución del problema. Se espera que en esta etapa el estudiantado analice su progreso y con el apoyo del docente evalúe su avance.

Estudiantado	Docente	Resultado de aprendizaje <i>Que el alumnado sea capaz de ...</i>
Presentará al docente todos los avances realizados en la construcción de la máquina de vapor y hará los ajustes pertinentes según la retroalimentación del profesor	Revisará los avances dados por los estudiantes relacionados a la caldera y dará la retroalimentación correspondiente. En caso de ser necesario, puede sugerir posibles sustitutos de los materiales y adaptaciones al diseño según el progreso que tenga el alumnado durante el proceso de elaboración	Observar todas las áreas de oportunidad para la construcción de las siguientes partes de la máquina de vapor. Resolver problemas relacionados con la sustitución y ajuste de piezas de equipos. Fortalecer sus aptitudes relacionadas a la Ingeniería según el enfoque STEAM Observar todas las áreas de oportunidad para la construcción de las siguientes partes de la máquina de vapor
Operar la máquina de vapor a partir de las indicaciones del docente una vez que este da el visto bueno del trabajo realizado para la medición de las variables.	Revisar el producto final de la construcción de la máquina y guiar al alumnado para que opere la máquina de vapor.	Desarrollar habilidades procedimentales. Desarrollar una actitud metodológica. Desarrollo de disciplina en el trabajo experimental.
Obtención de los resultados experimentales a partir del funcionamiento de la máquina de vapor.	Guiar el análisis del funcionamiento y dirigir la obtención de los resultados.	Desarrollar un pensamiento analítico. Desarrollar la observación crítica.



Tercera etapa

Aplicar los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de la máquina de vapor casera.

Estudiantado	Docente	Resultado de aprendizaje <i>Que el alumnado sea capaz de ...</i>
Comparativa de Resultados entre las diferentes máquinas de vapor elaboradas por el estudiantado (en caso de que haya más de un equipo)	Cuestionar al estudiantado por qué las diferencias. Guiar en todo este proceso de aprendizaje basado en la comparación de las diferentes máquinas de vapor.	Observar las variables implícitas en todo el proceso y cómo modifican los resultados obtenidos.
Discusión grupal donde se cuestione la diferencia entre lo teórico y lo experimental. Presentación de un video donde se muestre el funcionamiento de la máquina térmica.	Guiar la comparación de los resultados teóricos y experimentales.	Argumentar sus ideas y cuestionar las ideas de los demás de forma crítica y profesional.
Analizará la máquina de vapor para identificar las partes, la función de cada parte y su funcionamiento. Discusión grupal para plantear el uso de la máquina de vapor y proponer una metodología de cálculo.	Como actividad complementaria de profundización el docente guiará a los estudiantes para que apliquen los conocimientos desarrollados mediante una experiencia de cátedra. El docente presentará la máquina de vapor. Preguntará sobre las partes y el funcionamiento. Solicitará una propuesta de secuencia de cálculos para determinar la eficiencia. Guiará la discusión grupal para aterrizar el uso de la máquina de vapor y la metodología de cálculo.	Aplicar los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de la máquina de vapor casera.



Actividad complementaria de profundización sobre el cálculo de la eficiencia termodinámica en una máquina térmica.

Estudiantado	Docente	Resultado de aprendizaje <i>Que el alumnado sea capaz de ...</i>
Discusión grupal para responder a las preguntas.	Acercar a los estudiantes a la máquina de vapor comercial. Comenzar con algunas preguntas disparadoras que les permita a los estudiantes reflexionar sobre los conocimientos adquiridos durante la fabricación de la máquina de vapor casera. Preguntas disparadoras: ¿Cuáles son los fundamentos del funcionamiento que comparten las máquinas de vapor caseras y las comerciales? ¿Cuáles son las diferencias principales en cuanto al tamaño y potencia entre una máquina de vapor casera y una comercial? ¿Qué tipo de combustible se utiliza comúnmente en cada tipo de máquina de vapor y cómo afecta esto su funcionamiento? ¿Qué lecciones considera que aprendió en la construcción y al operar una máquina de vapor casera que puedan aplicarse al diseño y la operación de una máquina de vapor comercial?	Aplicar los conocimientos desarrollados durante la construcción de la máquina de vapor casera para analizar una máquina de vapor comercial.



(continuación . .) Estudiantado	Docente	Resultado de aprendizaje <i>Que el alumnado sea capaz de ...</i>
El estudiantado debe analizar la máquina de vapor, identificar sus partes y el funcionamiento de cada una de sus partes.	Preguntar ¿Cuáles son las partes de la máquina de vapor? ¿Cuál es la función de cada una de las partes de la máquina de vapor?	Aplicar los conocimientos desarrollados a una máquina vapor comercial.
Formar grupos de trabajo. Discusión mediante lluvia de ideas en los equipos. Confrontar información.	Cuestionar al estudiantado el funcionamiento de la máquina. • ¿Cómo crees que funciona? • ¿Cuál es el fundamento de la operación? • ¿Qué sentido físico de la eficiencia? • ¿Cómo medir la eficiencia termodinámica? • ¿En dónde se medirá la eficiencia? • ¿Dónde se ve el efecto de la eficiencia? • ¿Qué variables termodinámicas se deben medir? Guiar la discusión.	Desarrollar un pensamiento activo de forma individual: Pensar de forma consciente y adquirir una mejor toma de decisiones. Desarrollar el trabajo en equipo de forma cooperativa (entre todos los alumnos se realice la discusión). Argumentar sus ideas y cuestionar las ideas de los demás de forma crítica y profesional.
Escuchar de forma activa y comparar la información que resulta de su investigación con la explicación del funcionamiento.	De ser necesario y para orientar la discusión antes de poner en marcha el equipo. Retomar la información que expuso el estudiantado para explicar el funcionamiento de la máquina de vapor.	Asimilar la información y hacerla propia.



(continuación . .) Estudiantado	Docente	Resultado de aprendizaje <i>Que el alumnado sea capaz de ...</i>
Operar la máquina de vapor a partir de las indicaciones del docente.	Cuidar que el alumnado opere la máquina de vapor de forma adecuada.	Desarrollar habilidades procedimentales. Desarrollar una actitud metodológica, por medio del seguimiento ordenado de la guía proporcionada Desarrollo de disciplina en el trabajo experimental.
Obtención de los resultados experimentales a partir del funcionamiento de la máquina de vapor.	Guiar el análisis del funcionamiento y dirigir la obtención de los resultados.	Desarrollar un pensamiento analítico Desarrollar la observación crítica.
Discusión grupal donde se cuestione la diferencia entre lo teórico y lo experimental.	Guiar la comparación de los resultados teóricos y experimentales.	Argumentar sus ideas y cuestionar las ideas de los demás de forma crítica y profesional.



Protocolo experimental

En el anexo I se presenta una propuesta de protocolo experimental, que puede servir de apoyo para el docente. En este protocolo se presentan los materiales y la metodología de construcción.

Evaluación

Para realizar la evaluación de este proyecto se propone: 1) la revisión de los reportes de avance y 2) la valoración del impacto de la actividad. En el anexo II se describe el contenido y las características del reporte. En el anexo III se propone una rúbrica de evaluación y la ponderación correspondiente a cada criterio. En el anexo IV se propone un cuestionario para evaluar el impacto de esta actividad y el análisis de las respuestas esperadas.

Material adicional

Vídeo “[Eficiencia y Trabajo de Eje](#)”

Como material de apoyo al estudiante y docente se presenta un video donde se muestra el concepto de trabajo de eje desde dos perspectivas: 1) Ecuación de Bernoulli y la 2) Primera ley de la termodinámica. El trabajo de eje es un concepto fundamental; sin embargo, en un primer acercamiento este concepto puede resultar abstracto. En la primera parte del video se describen las partes de una máquina térmica, se tomó como caso particular una bomba centrífuga, para mostrar el eje que mueve el impulsor de la bomba. La energía necesaria para mover este eje, es el denominado trabajo de eje. En la segunda parte se obtiene la expresión para calcular el trabajo de eje, primero con la ecuación de Bernoulli y luego con la Primera Ley de la Termodinámica.

Bibliografía

Barderas, A. V., & Biezobas, C. G. (2014). Habilidades espaciales y competencias en Ingeniería Química. *Educación Química*, 25(2), 154-158.

[https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(14\)70539-7](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(14)70539-7)

De Pleijt, A., Nuvolari, A., & Weisdorf, J. (2020). Formación de capital humano durante la primera revolución industrial: Evidencia del uso de máquinas de vapor.



Revista de la Asociación Económica Europea, 18(2), 829–889.

<https://doi.org/10.1093/jeea/jvz006>

Herrero, A. C., Recio, T., Tolmos, P., & Vélez, M. P. (2023). De la máquina de vapor a la educación STEAM: una experiencia con profesores de matemáticas en formación. *Matemáticas*, 11(2), 473. <https://doi.org/10.3390/math11020473>

Herro, D., Quigley, C., Andrews, J., & Delacruz, G. (2017). Co-Medida: desarrollar una evaluación para la colaboración de los estudiantes en actividades STEAM. *Revista Internacional de Educación STEM*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0094-z>

Shi, L., Chen, S., & Zhou, Y. (2023). La influencia del capital social en el comportamiento docente creativo de los profesores de primaria: efectos mediadores del intercambio de conocimientos y la autoeficacia docente creativa. *Habilidades de pensamiento y creatividad*, 47(101226), 101226. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101226>

Webb, D. L., & LoFaro, K. P. (2020). Fuentes de autoeficacia en la enseñanza de la ingeniería en un curso de métodos STEAM para profesores de educación primaria. *Ciencia y Matemáticas Escolares*, 120(4), 209–219. <https://doi.org/10.1111/ssm.12403>

Xing, W., Huang, X., Li, C., & Xie, C. (2023). Enseñanza de la termodinámica con interacción aumentada y analítica del aprendizaje. *Computadoras y Educación*, 196(104726), 104726. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104726>

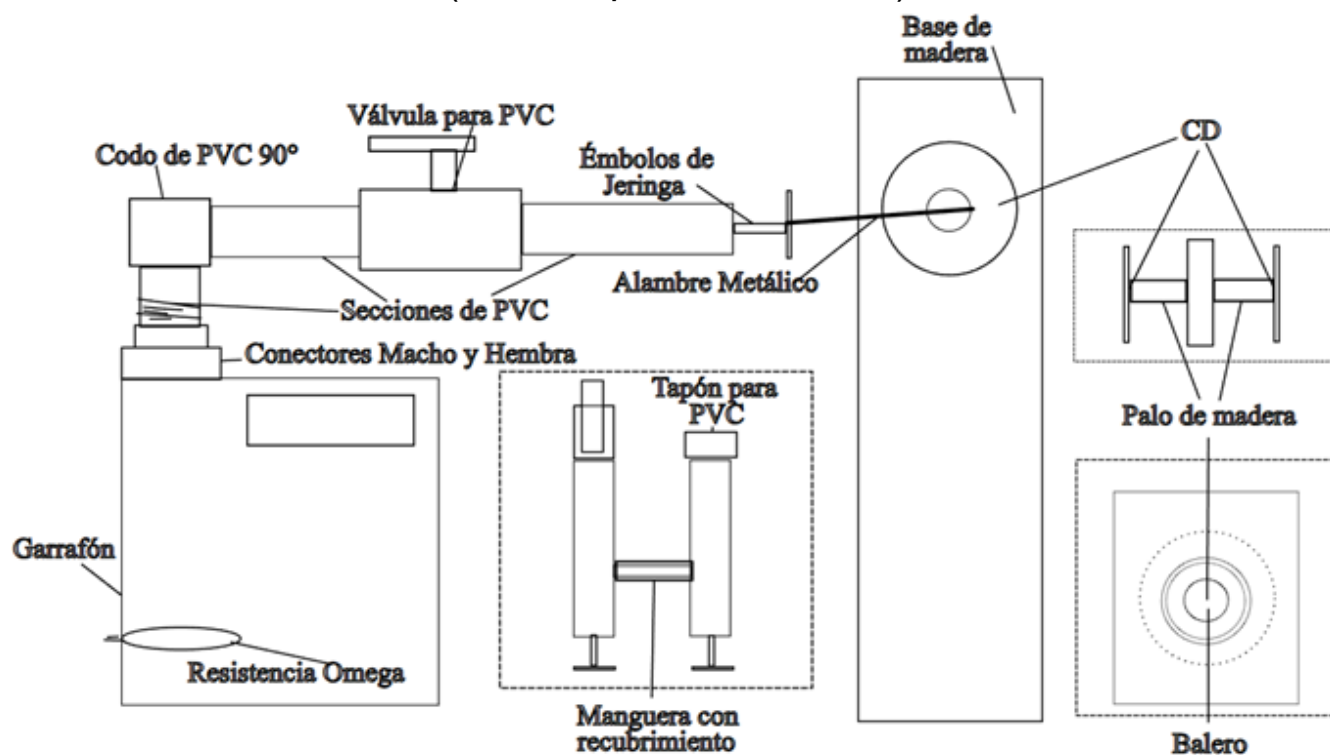


ANEXOS

ANEXO I

PROTOCOLO DE REFERENCIA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE VAPOR CON MATERIALES RECICLADOS

(Material para el Docente)



Materiales

- A. Garrafón de plástico grueso de 5 L con tapa
- B. Resistencia Omega
- C. 3 tubos de PVC 1/2" de 10 cm c/h
- D. 1 tubo de PVC 1/2" de 5 cm
- E. 1 conector macho para tubo de PVC 1/2"
- F. 1 conector hembra para tubo de PVC 1/2"
- G. 1 válvula para tubo de PVC 1/2"
- H. Plastilina epóxica
- I. 1 sección de manguera de plástico
- J. 1 balero
- K. 2 Discos CD



- L. 1 trozo de madera de 50 cm de largo
- M. Taladro
- N. 2 émbolos de jeringa de 10 mL
- O. 1 termómetro
- P. 1 tapón para tubo de PVC $\frac{1}{2}$ "
- Q. 1 codo de 90 ° para tubo de PVC $\frac{1}{2}$ "
- R. Alambre de cobre
- S. Palo de madera de 3 cm de espesor y 5 cm de largo

Construcción

1. Caldera

- Marcar las ranuras donde se conectará la resistencia omega en el recipiente plástico
- Introducir la resistencia Omega en la botella de plástico
- Perforar la botella según las marcas realizadas anteriormente
- Unir la resistencia Omega al recipiente
- Perforar la tapa de la botella de modo que pueda entrar a presión el conector F
- Sellar la sección F con plastilina epóxica y unir conector macho
- Conectar sección D de tubería y sellar
- Conectar la válvula y sellar

2. Barriles de pistón

- Marcar ligeramente ambos trozos de 10 cm de Tubería a la mitad
- Perforar de modo que entre a presión la sección I de manguera plástica
- Introducir la manguera a ambas secciones de tubo
- Sellar la unión y recubrir la manguera con plastilina epóxica
- Conectar los pistones a la caldera
- Colocar en la sección de tubo paralela a la caldera un tapón

3. Bielas

- Cortar 2 pedazos de alambre metálico entre 10-15 cm

4. Cigüeñal

- Marcar la forma del balero en trozo de madera de 50 cm



- Perforar por completo según la marca del balero
- Introducir balero asegurando que se fije por completo al trozo de madera (de ser necesario pegar usando plastilina epóxica)
- Introducir palo de madera por el interior del balero de modo que quede centrado
- Perforar CDs en el borde de la circunferencia interna de cada disco
- Pegar discos CD en cada extremo del palo de madera S usando plastilina epóxica

5. Pistones

- Perforar la superficie plana del émbolo
- Unir cada émbolo a un CD usando las secciones de alambre metálico previamente cortadas
- Introducir cada émbolo en los barriles de pistón

Etapas de desarrollo

Etapas de desarrollo

1. Caldera

- Marcar las ranuras donde se conectará la resistencia omega en el recipiente plástico
- Introducir la resistencia Omega en la botella de plástico
- Perforar la botella según las marcas realizadas anteriormente
- Unir la resistencia Omega al recipiente
- Perforar la tapa de la botella de modo que pueda entrar a presión el conector F
- Sellar la sección F con plastilina epóxica y unir conector macho
- Conectar sección D de tubería y sellar
- Conectar la válvula y sellar

2. Barriles de pistón

- Marcar ligeramente ambos trozos de 10 cm de Tubería a la mitad
- Perforar de modo que entre a presión la sección I de manguera plástica
- Introducir la manguera a ambas secciones de tubo
- Sellar la unión y recubrir la manguera con plastilina epóxica



- Conectar los pistones a la caldera
- Colocar en la sección de tubo paralela a la caldera un tapón

3. Pistones

- Perforar la superficie plana del émbolo
- Retirar el plástico del émbolo
- (Opcional) Engrasar los émbolos con aceite
- Introducir cada émbolo en los barriles de pistón

Nota: Se sugiere que la primera sesión de realimentación abarque estas etapas de construcción.

Etapas 2. Construcción de bielas y cigüeñal (7 días desarrollo)

1. Bielas

- Cortar 2 pedazos de alambre de cobre de 10-15 cm

2. Cigüeñal

- Marcar la forma del balero en trozo de madera de 50 cm
- Perforar por completo según la marca del balero
- Introducir balero asegurando que se fije por completo al trozo de madera (de ser necesario pegar usando plastilina epóxica)
- Introducir palo de madera por el interior del balero de modo que quede centrado
- Perforar CDs en el borde de la circunferencia interna de cada disco
- Pegar discos CD en cada extremo del palo de madera usando plastilina epóxica

Nota 1: Aunque podría pensarse que esta etapa es más corta, no lo es en realidad porque en ella los estudiantes deberán realizar varios ajustes para lograr la generación de movimiento.

Nota 2: Se sugiere que con estas etapas de construcción se agende la segunda sesión de realimentación y se considere la primera entrega de reportes.

Etapas 3. Operación y Resultados experimentales de la máquina de vapor (7 días desarrollo)

En esta etapa deberán medir:



- Tiempo de operación
- Masa inicial de la caldera con agua
- Temperatura de entrada y salida
- Masa del condensado generado por la máquina de vapor

Además deberán:

1. Registrar en tablas todos los resultados obtenidos
2. (Opcional) Tomar fotografías del proceso y/o vídeos
3. Anotar las observaciones que consideren pertinentes

Nota: Se sugiere que con estas etapas de construcción se agende la tercera sesión de realimentación y se considere la segunda entrega de reportes. Se sugiere que después de siete días a partir de la tercera sesión de realimentación se entregue el reporte final.



ANEXO II

Guía para la Elaboración de Reportes

La construcción de la máquina de vapor puede ser dividida en tres secciones secuenciales.

1. Construcción de caldera, barriles de pistón y pistones
2. Construcción de las bielas y Cigüeñal
3. Operación y Resultados experimentales de la máquina de vapor (determinación de la eficiencia termodinámica)

Se propone elaborar un reporte para cada sección. El reporte se entregará una semana después de haber finalizado dicha sección.

Se darán 7 días para el desarrollo de cada sección y posterior a esos 7 días se hará la discusión de resultados y retroalimentación por parte del docente. A lo largo de esos 7 días el alumno puede externar sus dudas o comentarios al docente.

Posterior a la sesión de retroalimentación se contarán nuevamente 7 días para el desarrollo de la siguiente sección y la entrega de la sección anterior.

Los reportes deberán seguir el siguiente formato con cada uno de los contenidos especificados a continuación:

Contenidos del reporte

Nombre y Etiqueta de datos

En el encabezado de cada página deberá incluir el nombre de la institución, Facultad de Química (así como sus respectivos logos) con un tipo de letra Arial 8. Posterior y únicamente en la primera página se deberá incluir el nombre completo (por apellidos) de cada integrante del equipo de trabajo ordenados alfabéticamente.

Remarcado en negritas con letra Arial 10 se indicará el nombre de la materia, profesor(a) y el título de la etapa correspondiente al reporte.

Como pie de página con letra Arial 8 cursiva se escribirá nuevamente el título de la etapa correspondiente y el número de página

Cada uno de los apartados del reporte deberán ser señalados en negritas y el contenido el Arial 10



Objetivos

- a) *Objetivo general:* Determinar la eficiencia termodinámica de una máquina de vapor construida con materiales reciclados o de fácil acceso para un estudiante de Licenciatura.
- b) *Objetivo particular:* Construir/Operar la máquina de vapor indicar la parte a construir + una propuesta dada por el equipo de trabajo (modificación de material, de procedimiento o de diseño o cualquier otra propuesta que emane del equipo)

Resumen

En 2000 caracteres debe sintetizar el reporte. La síntesis debe incluir:

- ¿Qué se hizo?
- ¿Para qué se hizo?
- Resultados obtenidos
- Especificar cambios en la metodología de ser el caso de manera breve
- Mencionar de manera concreta parte de las conclusiones. Es decir, indicar los logros obtenidos.

Además de esto deberán agregar una imagen clara y nítida de la máquina de vapor, no colocar pie de imagen. La imagen dará una primera impresión del avance que está teniendo el equipo.

Marco Teórico

El alumnado deberá explicar, proponer y justificar la parte teórica de la máquina de vapor. El estudiante debe buscar y cuestionar los modelos matemáticos que permitan calcular la eficiencia termodinámica de la máquina de vapor una vez que esté construida.

Además, deberán escribir todo el balance de materia y energía de la máquina de vapor el cual deberá estar debidamente planteado y explicado.

Una cuartilla

Materiales y Metodología

En forma de lista deben incluir los materiales empleados en la etapa correspondiente. Debe incluir una descripción de la metodología realizada para construir la máquina de



vapor y de ser el caso, cómo adaptan las partes construidas a las previamente elaboradas o si tuvieron que modificar lo construido con anterioridad. La metodología puede ser en forma de lista o diagrama de flujo siempre y cuando se encuentre bien sintetizado.

Máximo cuartilla y media

Justificación

Deberán justificar claramente cada uno de los cambios hechos en la metodología original presentada para la actividad donde indicarán explícitamente el porqué de los cambios (cualquier justificación es válida siempre y cuando sea clara y sea explicada de manera adecuada).

Media cuartilla

Resultados

Deberán colocar todo lo relacionado a gráficas, imágenes, resultados numéricos (de ser necesario), ejemplos de cálculo de cada ecuación empleada.

No deberá incluir información que no utilice. Todas las gráficas y tablas de datos deben estar en esta sección.

Todas las imágenes deberán estar debidamente identificadas y deberán tener una breve descripción de lo que representa.

De ser necesario se pueden incluir breves observaciones de lo obtenido.

Dos cuartillas.

Discusión y análisis de resultados

Se debe explicar el porqué de todos los resultados obtenidos (lo más explícitamente posible) así como los posibles cambios que se podrían hacer para las etapas posteriores. Máximo 5000 caracteres.

Conclusiones

De manera concreta deberán abarcar los puntos más importantes de la discusión de resultados. Las conclusiones no deben ser generales (deben de ser particulares de la



máquina de vapor construida por el equipo) y deberá dejar en claro el avance de la construcción de la máquina de vapor. Máximo 2000 caracteres.

Costos de construcción y herramientas utilizadas

Con un formato libre el alumnado deberá presentar el gasto hecho para la construcción de la máquina y todos los materiales empleados a lo largo de la actividad sea software, tablas, gráficas, entre otros.

Bibliografía

Todas las fuentes de consulta reportadas en formato APA con letra Arial



ANEXO III

EVALUACIÓN DE LOS REPORTES

Se propone el uso de la siguiente rúbrica con enfoque STEM (previamente manejadas como STEAM) (Shi 2023, Herro 2017, Yu 2023) para la evaluación de los reportes entregados por el alumnado. Se consideran 12 rubros para la evaluación del reporte. Los rubros se encuentran listados en la primera columna. La ponderación de cada rubro se indica entre paréntesis. La segunda columna indica el atributo evaluado de acuerdo con el enfoque STEM. Las últimas columnas indican la calificación de cada rubro de acuerdo con la descripción mostrada.

Rúbrica de evaluación

Categoría	Atributo para destacar	0	6	8	10
Datos del equipo (5%)	Cumplimiento de parámetros	No cuenta con los datos necesarios para identificar el reporte de la manera indicada ni cumple con la <i>Guía para la Elaboración de Reportes</i>	No indica el nombre de algunos de los miembros del equipo o la etapa a que corresponde el reporte y no cumple con el formato descrito en la <i>Guía para la Elaboración de Reportes</i>	Cumple con toda la información solicitada, pero no con el formato descrito en la <i>Guía para la Elaboración de Reportes</i>	Cumple con toda la información solicitada y con el formato descrito en la <i>Guía para la Elaboración de Reportes</i>

Categoría (continuación ...)	Atributo para destacar	0	6	8	10
Objetivos (5%)	Propósito del trabajo	No incluyen ni los objetivos generales y particulares. No incluye una propuesta al <i>Objetivo particular</i>	No incluye uno de los objetivos generales y particulares. No incluye una propuesta al <i>Objetivo particular</i>	Incluyen los objetivos generales y particulares, pero no agregan una propuesta al <i>Objetivo particular</i>	Incluyen los objetivos generales y particulares. Incluye una propuesta al <i>Objetivo particular</i>
Resumen (5 %)	Síntesis de la Información	No cumple con el número de caracteres. No incluye fotografías con su correspondiente descripción. No presenta de forma concreta las actividades realizadas en la etapa. No presenta los problemas y dificultades del procedimiento ni el método para resolverlo.	Cumple con el número de caracteres. Incluye fotografías con su correspondiente descripción. No presenta de forma concreta las actividades realizadas en la etapa. No presenta los problemas y dificultades del procedimiento ni el método para resolverlo.	Cumple con el número de caracteres. Incluye fotografías con su correspondiente descripción. Presenta de forma concreta las actividades realizadas en la etapa. No presenta los problemas y dificultades del procedimiento ni el método para resolverlo.	Cumple con el número de caracteres. Incluye fotografías con su correspondiente descripción. Presenta de forma concreta las actividades realizadas en la etapa. Presenta los problemas y dificultades del procedimiento y método para resolverlo.



Categoría (continuación ...)	Atributo para destacar	0	6	8	10
Marco teórico (5 %)	Capacidad de buscar, solucionar y plantear problemas	Sobrepasa una cuartilla de contenido. Falta información teórica o hay información de más. No presenta el balance de materia y energía. El alumnado no presenta una propuesta para calcular la eficiencia termodinámica de la máquina de vapor construida.	No sobrepasa una cuartilla de contenido. La información teórica es mínima o hay elementos que están de más. No presenta el balance de materia y energía de forma correcta. El alumnado no presenta una propuesta para calcular la eficiencia termodinámica de la máquina de vapor construida.	No sobrepasa una cuartilla de contenido. Toda la información teórica se encuentra debidamente planteada y no hay información de más. Presenta el balance de materia y energía de forma adecuada. El alumnado no presenta una propuesta para calcular la eficiencia termodinámica de la máquina de vapor construida.	No sobrepasa una cuartilla de contenido. Toda la información teórica se encuentra debidamente planteada y no hay información de más. Presenta el balance de materia y energía de forma adecuada. El alumnado presenta una propuesta para calcular la eficiencia termodinámica de la máquina de vapor construida.



Categoría (continuación ...)	Atributo para destacar	0	6	8	10
Materiales y Metodología (10 %)	Validez de reproducibilidad	No reporta toda la lista de materiales empleados en la construcción de la máquina de vapor. No reporta de manera clara las adaptaciones y ajustes a los materiales y no se explica el procedimiento de modo que la lectura del reporte permite la reproducibilidad de la máquina de vapor construida.	Reporta toda la lista de materiales empleados en la construcción de la máquina de vapor. Reporta las adaptaciones y ajustes a los materiales, pero falta claridad. No se explica el procedimiento de modo que la lectura del reporte permite la reproducibilidad de la máquina de vapor construida.	Reporta toda la lista de materiales empleados en la construcción de la máquina de vapor. Se reporta de manera clara las adaptaciones y ajustes a los materiales. No se explica el procedimiento de modo que la lectura del reporte permite la reproducibilidad de la máquina de vapor construida.	Reporta toda la lista de materiales empleados en la construcción de la máquina de vapor. Se reporta de manera clara las adaptaciones y ajustes a los materiales. Se explica el procedimiento de modo que la lectura del reporte permite la reproducibilidad de la máquina de vapor construida.

Categoría (continuación ...)	Atributo para destacar	0	6	8	10
Justificación (10 %)	Criterios de diseño.	No especifica ni justifica de manera tal forma que genera un criterio de evaluación de cada uno de los cambios de la propuesta inicial.	Específica, pero no justifica de manera tal forma que genera un criterio de evaluación de cada uno de los cambios de la propuesta inicial.	Especifica y justifica cada uno de los cambios de la propuesta inicial pero no genera un criterio para evaluar los cambios.	Especifica y justifica de manera tal forma que genera un criterio de evaluación cada uno de los cambios de la propuesta inicial.
Resultados (20 %)	Claridad de lo obtenido	No incluye gráficas, imágenes. El contenido sobrepasa las 2 cuartillas o es insuficiente. No indica pie de figuras y tablas. No reporta claramente los resultados obtenidos a lo largo de la actividad.	Incluye gráficas, imágenes. El contenido no sobrepasa las 2 cuartillas. No indica pie de figuras y tablas. No reporta claramente los resultados obtenidos a lo largo de la actividad.	Incluye gráficas, imágenes. El contenido no sobrepasa las 2 cuartillas. Se indica pie de figuras y tablas. No reporta claramente los resultados obtenidos a lo largo de la actividad.	Incluye gráficas, imágenes. El contenido no sobrepasa las 2 cuartillas. Indica pie de figuras y tablas. Reporta claramente los resultados obtenidos a lo largo de la actividad.

Categoría (continuación ...)	Atributo para destacar	0	6	8	10
Discusión y análisis de resultados (20 %)	Interpretación de la información	El contenido es mayor de 5000 caracteres. La redacción no es clara en su totalidad. No describe todos los resultados reportados. No demuestran un dominio del tema.	El contenido es de menos de 5000 caracteres. La redacción llega a ser confusa en su mayoría. Describe los resultados reportados pero su explicación no es clara. No demuestran un dominio del tema.	El contenido es de menos de 5000 caracteres. La redacción es clara en su totalidad. Describe todos los resultados reportados. No demuestran un dominio total del tema.	El contenido es de menos de 5000 caracteres. La redacción es clara en su totalidad. Describe todos los resultados reportados. Demuestran un dominio total del tema.
Conclusiones (10 %)	¿Qué se obtuvo en este trabajo?	La extensión es mayor a 2000 caracteres. La información presentada corresponde más a comentarios y/o opiniones personales de la actividad	La extensión es menor o igual a 2000 caracteres. Las conclusiones no consideran aspectos particulares de la actividad.	La extensión es menor o igual a 2000 caracteres. Las conclusiones son claras y concretas, pero considera datos no incluidos en los resultados o bien en la discusión de los mismos.	La extensión es menor o igual a 2000 caracteres. Las conclusiones son claras y concretas considerando aspectos particulares de la actividad realizada.



Categoría (continua ción ...)	Atributo para destacar	0	6	8	10
Costos de construcción y herramientas utilizadas (5%)	Aprovechamiento de recursos	No incluye el listado de gastos de construcción. No enlista las herramientas empleadas en la actividad y no considera los costos energéticos. No considera los costos energéticos.	Incluye el listado de gastos de construcción. No enlista las herramientas empleadas en la actividad. No considera los costos energéticos.	Incluye el formato de gastos de construcción. Enlista las herramientas empleadas en la actividad. No considera los costos energéticos.	Incluye el formato de gastos de construcción. Enlista las herramientas empleadas en la actividad y considera los costos energéticos.
Bibliografía (5%)	Validez del trabajo	No reportan todas las fuentes de información ni considera el formato APA. Las referencias no son libros ni artículos. No incluye referencias actuales de los últimos 5 años.	Reporta todas las fuentes de información, pero no considera el formato APA. Las referencias no son libros ni artículos. No incluye referencias actuales de los últimos 5 años.	Reportan todas las fuentes de información considerando formato APA. Las referencias son libros y artículos. No incluye referencias actuales de los últimos 5 años.	Reportan todas las fuentes de información considerando formato APA. Las referencias son libros y artículos. Incluye referencias actuales de los últimos 5 años.



Formato para el registro de la evaluación.

Categoría	Calificación	Comentarios	Calificación ponderada
Datos del equipo (5 %)			
Objetivos (5%)			
Resumen (5%)			
Marco Teórico (5%)			
Materiales y Metodología (10 %)			
Justificación (10 %)			



Resultados (20 %)			
Discusión y análisis de resultados (20 %)			
Conclusiones (10 %)			
Costos de construcción y herramientas utilizadas (5%)			
Bibliografía (5%)			
<i>Total</i>			



ANEXO IV

Evaluación del Impacto de la Actividad

Esta evaluación tiene el objetivo de evaluar si la actividad propuesta mejora la comprensión del concepto de eficiencia termodinámica. Por lo que se aplica en dos momentos, antes de realizar la actividad y después de realizarla. La realimentación presentada en este cuestionario está dirigida a los docentes con el objetivo de dotarlos de herramienta para el análisis de los resultados.

A continuación, se enlistan las preguntas y después se presenta una justificación y análisis de cada pregunta.

1. La eficiencia termodinámica es:

- a) Un porcentaje que indica el desempeño de una máquina.
- b) La relación entre el trabajo teórico y experimental.
- c) Un concepto que no tiene sentido físico, pero sí teórico.
- d) Es una definición abstracta.

a	Parcialmente correcta. Tiene noción de lo que es eficiencia
b	Respuesta correcta. Entienden que la eficiencia es un cociente de dos trabajos
c	Incorrecta. No queda claro la relación entre lo experimental y lo teórico.
d	Parcialmente correcta. Es un concepto que no se logra asimilar.

2. Selecciona las casillas de escenarios que consideres correctas y contesten a lo siguiente. La eficiencia termodinámica tiene sentido físico aplicado en los siguientes escenarios:

- a) En una empresa, el jefe de producción elige a las personas que tienen la capacidad de lograr el cumplimiento adecuado de las actividades propuestas dentro de su área laboral.
- b) En la industria, uno de los ingenieros es el encargado de obtener el trabajo teórico y relacionarlo con el trabajo experimental de una máquina térmica para mejorar el diseño.
- c) Un alumno al hacer su almuerzo decide llevarse dos manzanas, debido a que una no lo satisface por completo durante el día y requiere mayor energía.



- d) El profesor ha dejado mucha tarea por lo que te propones hacerla con anticipación para poder realizarla de forma correcta y con tiempo.
- e) En un motor de gasolina se lleva a cabo la combustión del combustible en el interior del depósito caliente, convirtiendo directamente la energía térmica de la combustión en trabajo.
- f) Un alumno va al gimnasio, pero antes de entrenar toma un vaso de proteína para mejorar su rendimiento, ya que cuando no lo hace al realizar un entrenamiento pesado no suele acabarlo ya que realiza un mayor gasto de energía.

a	Es eficiencia en general no eficiencia termodinámica.
b	Es la respuesta correcta obvia. Se espera que la contesten antes y después de la intervención.
c	Después de la intervención, aumente el número de personas que la seleccione. Debido a que no es una respuesta obvia.
d	Eficiencia en general
e	Es la respuesta correcta obvia. Se espera que la contesten antes y después de la intervención.
f	Después de la intervención, aumente el número de personas que la seleccione. Debido a que no es una respuesta obvia.

3. La máquina de vapor de forma general lleva a cabo el siguiente funcionamiento:

- a) Comienza su funcionamiento en una caldera, a partir de una fuente de calor se busca elevar la temperatura de un volumen de agua, hasta evaporarse. El vapor fluye a un pistón (siendo una pieza movable). Cuando se acumula, empuja al pistón, moviendo en consecuencia a otro pistón permitiendo que ambos regresen a su estado inicial. Finalmente, el movimiento es transmitido a los discos que están conectados a los pistones, produciendo energía mecánica al final del proceso.
- b) Se lleva a cabo por medio de un sistema constituido por una caldera que tiene como contenido agua, en el cual ésta es evaporada y enviada a un sistema de pistones que ayudará a mover discos conectados a ellos para producir energía eléctrica.
- c) Comienza su funcionamiento en una caldera, a partir de una fuente de calor se busca elevar la temperatura de un volumen de agua, hasta evaporarse. El vapor

fluye a un pistón (siendo una pieza movable). Cuando se acumula, empuja al pistón, moviendo en consecuencia a otro pistón permitiendo que ambos regresen a su estado inicial. Finalmente, el movimiento es transmitido a los discos que están conectados a los pistones, produciendo energía térmica al final del proceso.

- d) El funcionamiento comienza en los pistones, ya que cuando el primer pistón acumula una cierta cantidad de vapor, permite que el otro pistón se mueva ocasionando un movimiento que es transmitido a los pistones, permitiendo así obtener el trabajo experimental y relacionarlo con el trabajo teórico.

4. **¿Qué variables termodinámicas experimentales son importantes en la máquina de vapor?**

- a) Volumen, temperatura, presión.
- b) Presión, trabajo, densidad.
- c) Volumen, masa, temperatura
- d) Masa, trabajo, densidad

a	Respuesta correcta
b	La densidad no se usa, trabajo no es una variable experimental
c	Respuesta correcta, después de la intervención, porque ahora están involucrados mucho más con el proceso.
d	La densidad no se usa, trabajo no es variable una experimental

5. Selecciona el orden correcto que explica el funcionamiento de la máquina de vapor:

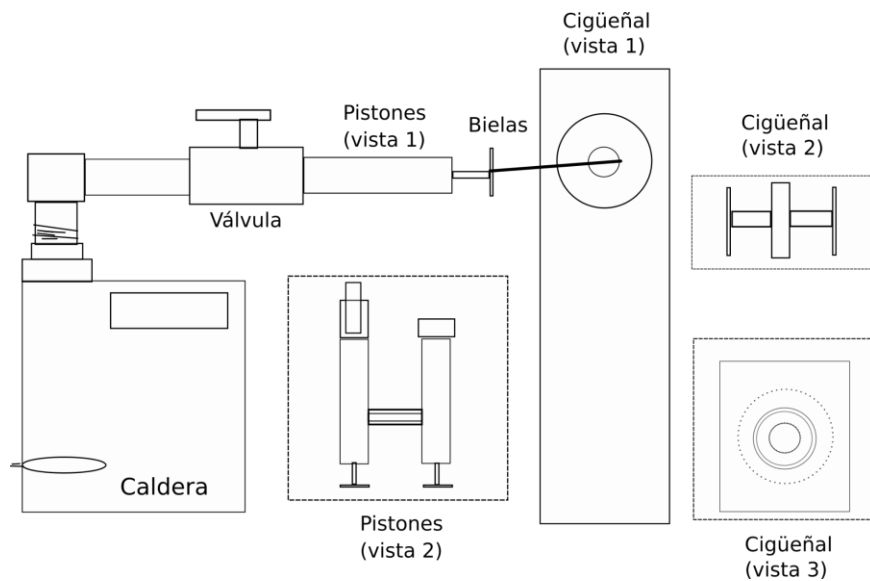
- I. Movimiento del segundo pistón
- II. Calentamiento de la caldera
- III. Evaporación del agua
- IV. Movimiento del primer pistón
- V. Movimiento de bielas y discos

- a) I,II,III,IV y V
- b) II, III, IV, I y V
- c) IV, III, II, I y V
- d) II, I, III, V y IV

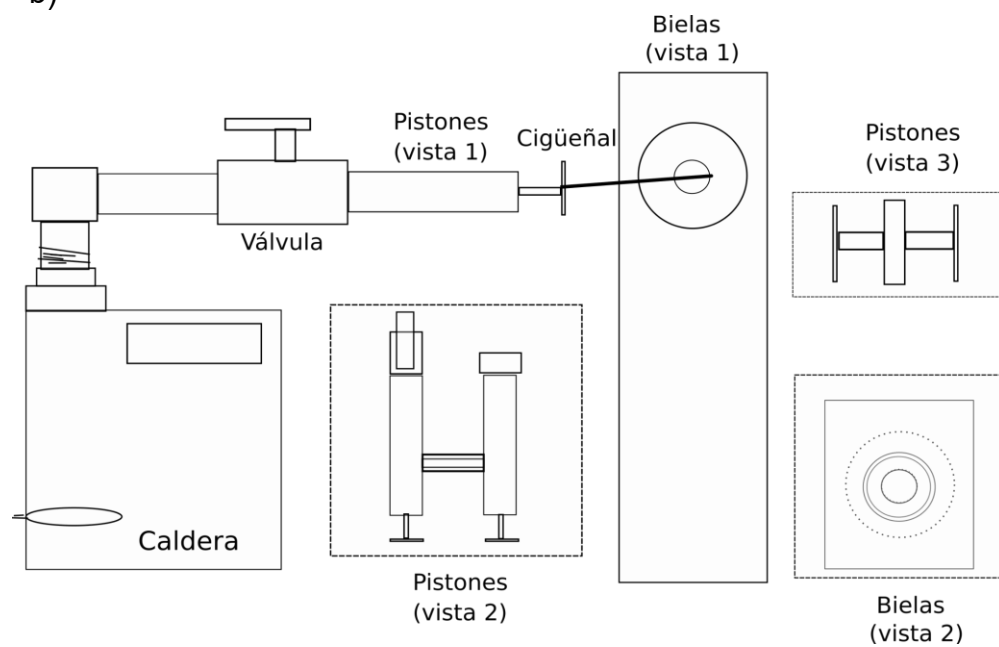
Evaluar	Que el estudiante identifique la secuencia de operación de la máquina térmica.
Correcta	Esperamos que sea correcta después de la intervención porque vivió el proceso.
Incorrecto	Se espera que la respuesta sea incorrecta antes de la intervención debido a que no visualiza la secuencia de operación.

6. Identifica el diagrama (bosquejo) de la máquina de vapor que indica de manera correcta las partes que la componen

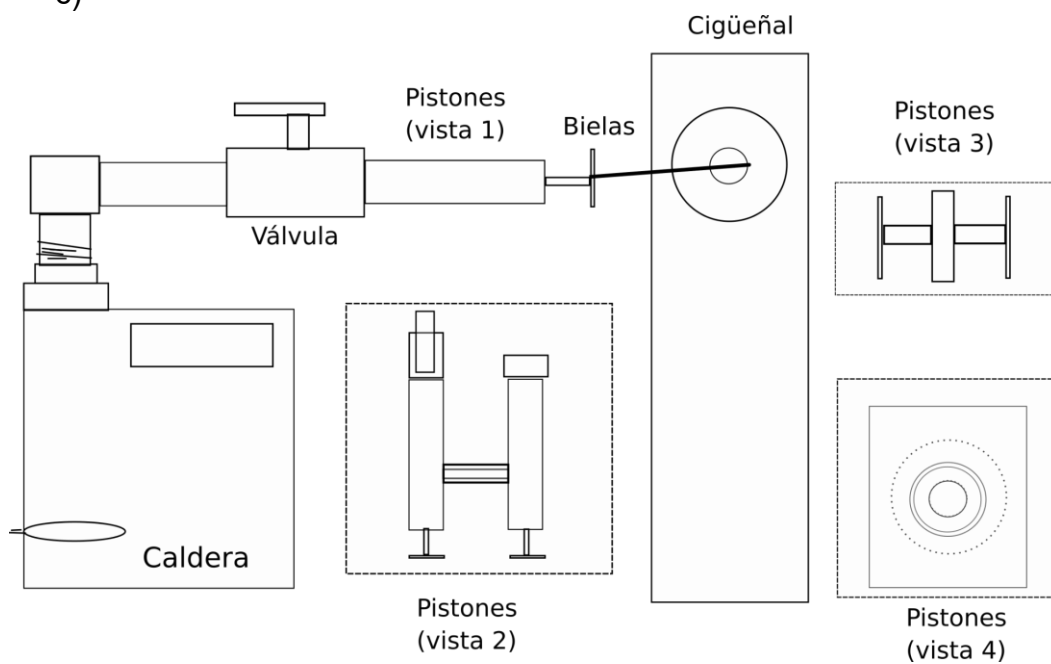
a)

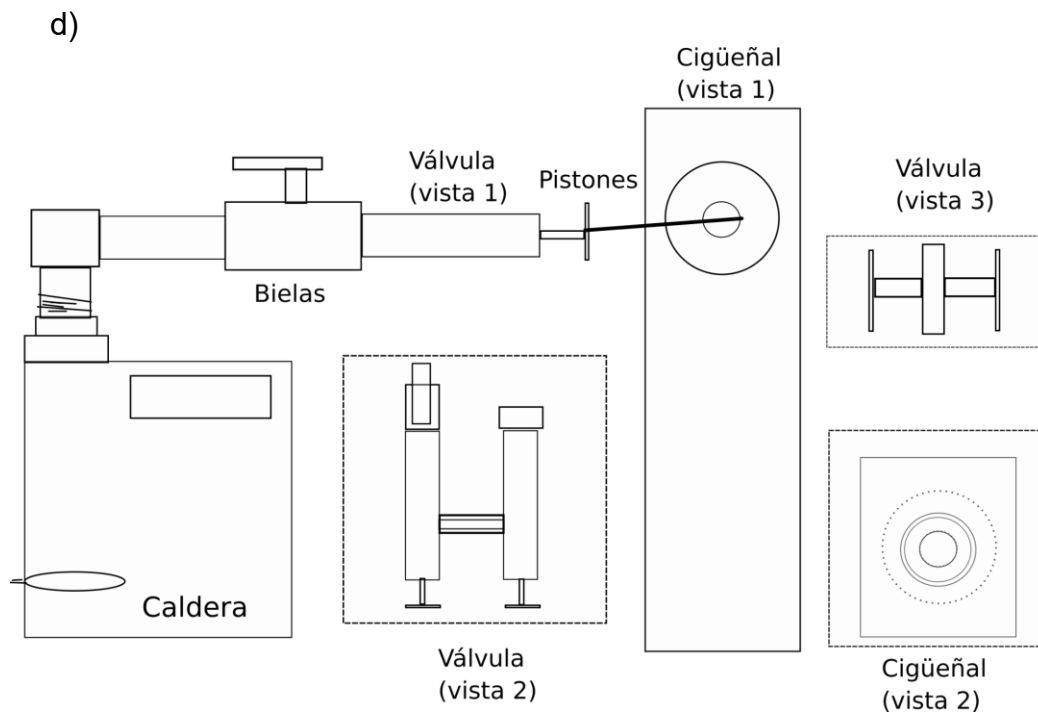


b)



c)





a	Esta opción indica las partes que componen la máquina de vapor en su posición y nombre correcto
b	Es incorrecta parte de los componentes no correspondiente con su vista y su posición.
c	Es incorrecta parte de los componentes no correspondiente con su vista y su posición.
d	Es incorrecta parte de los componentes no correspondiente con su vista y su posición.

7. ¿Cuál es el trabajo de eje?

- a) Trabajo transferido por un eje giratorio
- b) Trabajo transferido por un cilindro
- c) Trabajo transferido que recibe un cilindro
- d) Trabajo transferido hacia un eje estático

a	Es correcta porque se tiene claro que se evalúa la percepción del fenómeno
---	--



	que debe ocurrir.
b	Es incorrecta porque tiene la noción de geometría pero no de la noción del movimiento.
c	Es incorrecta porque tiene la noción de geometría pero no de la noción del movimiento
d	Falta el movimiento del eje.

8. ¿Dónde crees que se aplica el concepto de eficiencia termodinámica en la máquina de vapor?

- a) En la eficiencia del calentamiento que genera el cambio de fase L-V
- b) En el tiempo de operación de la máquina de vapor
- c) En el trabajo termodinámico real dado por la máquina de vapor
- d) En la medición de las variables termodinámicas del proceso

a	Es incorrecta. Debido a que no se aplica la eficiencia termodinámica en el calentamiento.
b	Es incorrecta porque el tiempo no juega una papel importante dentro de la máquina
c	Respuesta correcta, ya que la eficiencia si está relacionada directamente con el trabajo real
d	Es incorrecta porque las variables termodinámicas experimentales no intervienen directamente con la eficiencia.

9. ¿Cuál es la importancia del concepto de eficiencia en la industria?

- a) Permite optimizar el proceso
- b) Permite conocer costos de operación
- c) Permite obtener parámetros de diseño de procesos
- d) Permite conocer parámetros de operación de algún proceso

a	Respuesta parcialmente correcta, da una idea sobre el correcto funcionamiento
b	Respuesta parcialmente correcta, da una idea sobre el diseño del proceso

c	Respuesta parcialmente correcta, da una idea sobre el diseño del proceso
d	Respuesta correcta, la eficiencia termodinámica da principalmente las condiciones a las que opera un equipo

Nota: Las respuestas señaladas con amarillo son respuestas correctas

Justificación y análisis del cuestionario de evaluación

En este proyecto se busca mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje del concepto de eficiencia termodinámica. Para evaluar la mejora, se propone un cuestionario que ayude a medir la mejora que se puede obtener de la intervención.

En la pregunta 1 se busca que el alumnado conteste de forma general que es la eficiencia termodinámica. El inciso a y d son respuestas parcialmente correctas, ya que en ambas opciones el estudiante tiene una noción sobre el concepto, sin embargo no ha logrado asimilar aún el concepto de eficiencia termodinámica, este tipo de respuesta se espera que se seleccione antes de la intervención. Por otra parte, el inciso b es la respuesta correcta, el estudiante ha logrado identificar la relación que existe entre el trabajo teórico y el experimental a partir de la máquina de vapor, esta respuesta se espera que sea seleccionada después de la intervención, ya que en este punto el alumno ha logrado entender el concepto y por consecuencia la explicación a partir de la máquina de vapor ha cumplido el objetivo. En cuanto al inciso c, se espera que de igual forma sea contestado antes de la intervención y en el caso que sea seleccionada después de la intervención, se debe de realizar cambios en la dinámica de la explicación del proyecto.

En la pregunta 2 se busca que el alumnado pueda relacionar escenarios en la vida cotidiana y en la industria con el concepto de eficiencia termodinámica, por lo que antes de la intervención se espera que se conteste el inciso b y e, ya que son escenarios donde fácilmente se percibe el concepto y no es necesario tener una cierta asimilación del tema. El inciso b y f, se espera que se contesten después de la intervención, debido a que son escenarios en los cuales no son sencillos de relacionar con la eficiencia termodinámica. También es posible que sean seleccionados nuevamente el inciso b y e. Una vez seleccionadas dichos incisos podemos concluir que el proyecto ha logrado el objetivo.

En la pregunta 3 se busca que el alumnado pueda comprender las energías que están involucradas en la máquina de vapor, así como también que le de seguimiento a la lectura de forma cuidadosa. La respuesta correcta es el inciso a, debido a que explica el



funcionamiento de la máquina, así como también se menciona la energía que si está involucrada en el sistema. El inciso b y c, son incorrectos debido a que no contempla la energía mecánica siendo ésta la correcta. Y en cuanto al inciso d, es incorrecto debido a que el funcionamiento descrito es incorrecto.

En la pregunta 4 se busca que el alumnado pueda entender que variables termodinámicas experimentales participan en el sistema. El inciso b y d, son respuestas incorrectas debido a que la densidad y el trabajo no son variables experimentales, está respuesta se espera que se conteste antes de la intervención. El inciso a es la respuesta correcta y se espera que se conteste antes y después de la intervención ya que suele ser una respuesta obvia. Sin embargo, la respuesta c es correcta y se espera que se conteste después de la intervención, dicho inciso al ser seleccionado indica que el estudiante ha realizado un análisis más profundo involucrándose por consecuencia con el proceso.

En la pregunta 5 se busca que el alumnado pueda identificar el funcionamiento de la máquina de vapor. Al seleccionar el inciso b, el estudiante ha identificado el orden correcto del funcionamiento y se espera que sea contestada después de la intervención ya que ha participado en el proyecto. Por otra parte, el resto de los incisos son incorrectos y se espera que se contesten antes de la intervención. Sin embargo, si son contestados después de la intervención, entonces se requieren aplicar cambios en la explicación de la máquina de vapor.

En la pregunta 6 se busca que el alumnado pueda identificar de forma visual las partes que componen a la máquina de vapor, permitiendo que el estudiante desarrolle la habilidad de observación. Por otra parte, se espera que la respuesta sea correcta después de la intervención debido a que el estudiante ya ha vivido la experiencia y ha comprendido el funcionamiento de cada una de las partes. Si la respuesta es incorrecta, se espera que sea antes de la intervención, por lo que el estudiante aún no entiende el funcionamiento y las partes del sistema

En la pregunta 7 se busca que el alumnado pueda entender el concepto de *trabajo de eje*. El inciso b y c, son respuestas que se esperan ser contestadas antes de la intervención debido a que tienen la noción de geometría, pero no de movimiento dentro de la definición de trabajo de eje. El inciso a es la respuesta correcta y se espera que sea contestada después de la intervención, en el cual el alumnado ha logrado entender que la geometría y el movimiento están involucrados en el trabajo de eje. Mientras que el inciso d es incorrecto ya que falta involucrar el movimiento del eje, de igual forma se espera que se conteste antes de la intervención.



En la pregunta 8 se busca que el alumnado pueda aplicar el concepto de eficiencia termodinámica en la máquina de vapor. El inciso c es la respuesta correcta, se espera que sea contestada después de la intervención debido a que el estudiante ha logrado comprender la relación que hay con el trabajo y la máquina de vapor. El inciso a, b y d son respuestas incorrectas, se espera que el estudiantado conteste dichos incisos antes de la intervención debido a que no logran entender donde se aplica el concepto de eficiencia termodinámica en la máquina de vapor.

En la pregunta 9 se espera que el estudiantado pueda entender la importancia del concepto de eficiencia termodinámica en la industria. El inciso a, b y c son parcialmente correctos ya que abarcan aspectos aplicables a la industria; sin embargo, no son directamente relacionados con la eficiencia termodinámica, sino que son consecuencia de aplicar dichos conceptos. Después de la intervención se espera que el estudiantado tenga la noción del concepto. El inciso d, es considerada la respuesta correcta, el estudiante ha logrado comprender la importancia del concepto y su aplicación.

Al leer el cuestionario de evaluación se puede notar lo que se espera del alumnado, en el cual promueve la comprensión del concepto de forma teórica y experimental.

Antes y después de la intervención se podrá ver si hubo o no mejoras en cuanto al entendimiento del tema. Llevando a cabo la revisión y contestación de las preguntas podremos obtener datos sobre el cumplimiento del objetivo del proyecto.

DGAPA-UNAM a través del proyecto PAPIIME PE 100723

D. R. © , 2023, UNAM-CC-BY-NC