

Simuladores Virtuales para Termodinámica en la Escuela Secundaria Ángel María Herrera de Penonomé

Virtual Simulators for Thermodynamics at Ángel María Herrera High School in Penonomé.

¹Tídiám-Kala Santamaría, ² Elian González Lara

- ¹ Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Panamá.
tidiám.santamaria@up.ac.pa, <https://orcid.org/0009-0000-5665-3279>
- ² SCALA International Schools – Penonomé. Panamá.
egonzalez@scalaschools.edu.pa, <https://orcid.org/0009-0006-3679-9178>

Recibido: 12/10/2024 - Aceptado: 17/1/2025

DOI <https://doi.org/10.48204/j.guacamaya.v9n2.a7031>

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos al implementar simuladores de laboratorio gratuitos en clases de química con estudiantes de duodécimo grado del Bachiller en Ciencias de la Escuela Secundaria Ángel María Herrera en Penonomé, Coclé. El objetivo fue enriquecer las lecciones de termodinámica y fomentar el aprendizaje autodirigido. Se implementó una metodología mixta con un grupo de control (modelo convencional) y uno experimental (enfoque constructivista, complementando con simuladores y recursos visuales como videos y animaciones). Los resultados mostraron que el grupo experimental mejoró su rendimiento académico al igual que el grupo control. Además, el 38% de los estudiantes prefirieron el Simulador de Comprensión de la Capacidad Térmica, mientras que el 26% eligió el Simulador de Calorimetría. Los estudiantes destacaron la utilidad de los simuladores para visualizar el contenido y manifestaron una mayor motivación debido a estas herramientas. Los datos obtenidos fueron tabulados y analizados con el programa JAMOVI.

Palabras claves: Simulador, aprendizaje basado en proyectos, motivación, termodinámica, constructivista.

Abstract

This study presents the results obtained from implementing free laboratory simulators in chemistry classes with twelfth-grade students from the Science Program at Ángel María Herrera High School in Penonomé, Coclé. The objective was to enhance thermodynamics lessons and promote self-directed learning. A mixed-method approach was implemented with a control group (traditional model) and an experimental group (constructivist approach, supplemented by simulators and visual resources such as videos and animations). The results showed that the experimental group improved their academic performance, as did the control group. Additionally, 38% of the students

preferred the Thermal Capacity Understanding Simulator, while 26% chose the Calorimetry Simulator. The students highlighted the usefulness of the simulators for visualizing the content and reported increased motivation due to these tools. The data collected were tabulated and analyzed using the JAMOVI software.

Keywords: Simulator, project-based learning, motivation, thermodynamics, constructivist.

Introducción

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística de la Contraloría General de la República de Panamá, en 2020, tras la pandemia de coronavirus, las cifras comparativas reflejaron que en la provincia de Coclé el 8.17% de los estudiantes reprobó asignaturas relacionadas con las ciencias, lo que posiciona a Coclé como una de las provincias con mayor tasa en la estadística de fracasos. (INEC, 2021). Estos datos invitan a investigar cómo afrontar el desafío de reducir la tasa de fracaso y deserción para mejorar la metodología de enseñanza a nivel local.

Esta investigación estudia información sobre el rendimiento académico de los estudiantes de la Escuela Secundaria Ángel María Herrera, situada en la provincia de Coclé., luego de la utilización de diferentes estrategias de enseñanza con implementación de simuladores de laboratorio y, evalúa de forma preliminar el proceso de enseñanza-aprendizaje de los temas de química de interés de esta investigación mediante la visualización de fenómenos y análisis de éstos.

La integración de simulaciones virtuales en la enseñanza de la química es crucial para lograr un aprendizaje significativo al ilustrar conceptos a escalas moleculares. En Panamá, durante la pandemia de Covid-19 a nivel de educación secundaria, se implementaron herramientas tecnológicas en la educación virtual, diversificando las técnicas de enseñanza en química (Camarena E., 2020). El apoyo gubernamental y privado para modernizar las instalaciones de las escuelas públicas, es importante para adecuar el proceso educativo y preparar a los estudiantes para futuros desafíos. La inclusión de la tecnología en la educación implica desafíos de formación y cambio que deben aplicarse a todas las disciplinas, no solo a las ciencias químicas. Este proceso ha hecho más accesible la información a nivel mundial gracias a internet, que se ha convertido en una fuente primordial de investigación y desarrollo. Las simulaciones y herramientas multimedia han posibilitado la colaboración en investigaciones académicas. Una de las variables que afectan el proceso de enseñanza de la química en la actualidad, es que el estudiante tiene dificultades en la asociación de ideas teóricas con los acontecimientos que enfrentan a diario. En consecuencia, la química está estigmatizada como una asignatura irrelevante, donde el estudiante se posiciona incapaz de comprender (Johnston, 2010). Por lo cual es necesario adaptar el sistema educativo y desarrollar todo el potencial de los estudiantes.

En ese contexto, se introdujo el empleo de simuladores durante las lecciones de química en duodécimo grado del Bachiller en Ciencias de este centro educativo. Las simulaciones se utilizaron para explorar conceptos de termodinámica, fomentando la participación de los estudiantes y promoviendo el aprendizaje autónomo, buscando estimular la motivación entre los estudiantes del programa de Bachiller en Ciencias de este centro educativo y estudiar cómo reducir el índice de fracaso en el curso de química.

Materiales y Métodos

Se utilizaron modelos pedagógicos tradicionales para el grupo control y un modelo constructivista, con el uso de simuladores virtuales, para el grupo experimental. La población objeto de estudio que utilizó los simuladores virtuales fue introducida al tema mediante presentaciones con diapositivas que incluían animaciones, videos y GIFs. Además, se buscó emplear analogías en el aula para involucrar a los estudiantes en el desarrollo de la clase.

En la investigación, se utilizaron simuladores gratuitos de libre acceso para la enseñanza de conceptos de termodinámica y energía:

1. Simulador Phet de la Universidad de Colorado: este simulador se empleó para introducir los conceptos de energía y su transformación.
2. Simulador de Calorimetría de Pearson Media: este simulador permitió a los estudiantes comparar valores experimentales y teóricos de calor específico de diferentes sustancias.
3. Simulador de transformaciones termodinámicas de Educa+: este simulador permitió una explicación gráfica de procesos adiabáticos, isóbaros, isocóricos e isotérmicos.
4. Simulador de comprensión de capacidad calorífica: este simulador, permitió a los estudiantes establecer relaciones sobre cómo elegir materiales más eficientes para construcciones, mediante la medición de la capacidad calorífica de diferentes materiales.
5. Simulador de cambios energéticos: con esta herramienta los estudiantes evaluaron los cambios de energía en reacciones químicas endotérmicas y exotérmicas. Además, observaron procesos de absorción y liberación de energía y los relacionaron con diagramas de energía estándar asociados.

La plataforma utilizada para promover el proceso de enseñanza-aprendizaje fue Google Classroom la cual facilitó la comunicación, la interactividad y permitió obtener información de las encuestas de forma flexible y evaluar las variables de investigación antes y después de aplicar la metodología.

La población control de esta investigación recibió clases tradicionales sin el uso de simuladores ni el enfoque basado en proyectos, pero con los contenidos necesarios para realizar el post-test. El impacto de la metodología introducida fue evaluado a través de encuestas de conocimientos específicamente de los temas desarrollados.

Muestra del estudio

La investigación tuvo un enfoque mixto y, la población de estudio estuvo compuesta por un total de 65 estudiantes, divididos en un grupo control y un grupo experimental. De acuerdo con los resultados, hubo 33 participantes en el grupo experimental y 32 en el grupo control.

En la Fig. N°1, se observan las regiones beneficiadas por la investigación, en donde la mayor densidad de estudiantes que participaron en la investigación se encuentra en Penonomé (Cabecera) con un 75.4% de la población, seguido de La Pintada con 13.8%, Antón con 7.7%, Olá y Aguadulce con 1.5%. Esto muestra que la investigación tuvo un impacto significativo en zonas urbanas y rurales de la provincia.

Figura 1

Número de participantes de la población de estudio en los diferentes distritos de la región.



Indicador demográfico. (Coclé Panamá Mapa, n.d.)

Resultado y Discusiones

La información obtenida de las encuestas fue comparada antes y después de introducida la metodología propuesta en esta investigación, para de esta forma evaluar la efectividad de la metodología utilizada, así como su impacto en el desempeño académico de los estudiantes.

Tabla 1

Pretest de Introducción a la Termodinámica, Indicador de análisis y razonamiento terminológico de termodinámica

Prueba Binomial. ¿Qué entiendes por los términos "sistema" y "alrededores" en termodinámica?				
Enfoque conceptual de pregunta abierta	Frecuencia en el grupo Control	Población de grupo control	Frecuencia en el grupo experimental	Población de grupo experimental
<i>Es un conjunto de variables que componen el universo</i>	8	32	12	33
<i>No hubo respuesta</i>	16	32	8	33
<i>Sistema es aquella región en el universo donde ocurren los cambios físicos y químicos. Alrededores es la parte del universo donde existen efectos producidos por el sistema.</i>	8	32	20	33

Para el "Análisis y razonamiento terminológico de la termodinámica química", se evalúan los conocimientos previos del grupo control y experimental respecto a los términos "sistema y entorno", donde se obtuvo que: en el grupo control, el 25% de los estudiantes indicaron que "sistema es aquella región del universo donde ocurren cambios físicos y químicos" y, "entorno es la parte del universo donde hay efectos producidos por el sistema", otro 25% lo atribuye a un conjunto de variables, mientras que un 50% de la población de estudio se abstuvo de responder o, prefieren no contestar las preguntas abiertas. Esto puede ser un indicativo de que en ambos grupos existe inseguridad de aplicar conocimientos previos respecto a esta pregunta. (Ver tabla 1)

Tabla 2

Prueba binomial. Post-test de Introducción a la Termodinámica. ¿Qué entiende por los términos "sistema" y "alrededores" en termodinámica?

Pregunta	Enfoque conceptual de pregunta abierta	Frecuencia en el grupo control	Población de grupo control	Frecuencia en el grupo experimental	Población del grupo experimental
¿Qué es sistema? ¿Qué son alrededores en termodinámica?	<i>Es un conjunto de variables que componen el universo</i>	12	32	5	33
	<i>No hubo respuesta</i>	5	32	4	33
	<i>Sistema es aquella región en el universo donde ocurren los cambios físicos y químicos. Alrededores es la parte del universo donde existen efectos producidos por el sistema.</i>	15	32	24	33

De acuerdo con la evaluación del análisis y razonamiento terminológico de termodinámica, una vez aplicada la metodología, se observa de forma general un incremento significativo en el desempeño para ambos grupos. (Ver tabla 2) El mayor incremento en el desempeño de la población se obtuvo en el grupo experimental tras la aplicación del Simulador Phet de la Universidad de Colorado, ya que el mismo permitió comprender cómo se da el flujo y la transformación de energía, definiendo sistema y alrededores, coincidiendo con los resultados de investigaciones previas del tema (Adamson, Ashe y Yaron, 2013).

Sin embargo, persiste un pequeño porcentaje (7.8%) que se abstiene de responder. Esto se puede atribuir a que la pregunta era abierta y que a este porcentaje de los estudiantes se les hace difícil desarrollar explicaciones sobre termodinámica.

Tabla 3

Pretest del Indicador de análisis lógico-matemático y conceptual en termodinámica

Prueba Binomial. Para la construcción de materiales que sean buenos aislantes térmicos, se necesita:

Nivel	Frecuencia en el grupo Control	Población de grupo control	Frecuencia en el grupo experimental	Población de grupo experimental
<i>Elegir uno con la menor capacidad calorífica específica</i>	7	32	9	33
<i>Elegir uno con la mayor capacidad calorífica específica</i>	21	32	24	33
<i>Ninguna de las anteriores</i>	2	32	3	33

Respecto al análisis del concepto de capacidad calorífica y sus aplicaciones. En el grupo control 63.6% de los estudiantes escogieron la opción correcta, y en el grupo experimental 72.7% de los estudiantes escogieron la opción correcta. Lo que denota que con las explicaciones orales lograron comprender gran porcentaje de los conceptos relacionados a calor y capacidad calorífica. (Ver tabla 3)

Los datos de la tabla 4, contribuyen a conocer de qué forma las poblaciones de estudio comprenden el concepto de capacidad calorífica y sus aplicaciones. Como resultado, se obtiene que en el grupo control 78.8% de los estudiantes seleccionaron la opción correcta, mientras que en el grupo experimental 87.8% de los estudiantes escogieron la opción correcta: “para la construcción de materiales que sean buenos aislantes térmicos, se necesita elegir uno con la mayor capacidad calorífica”.

Los resultados para este indicador reflejan un incremento significativo en ambas poblaciones. Por otro lado, se observa que los estudiantes del grupo control obtuvieron un mejor desempeño ya que utilizaron una combinación de metodologías: aparte de las simulaciones, resolvieron problemas donde requerían de cálculos para discernir los efectos de capacidad calorífica en el material. Sin embargo, el grupo experimental tuvo un incremento significativo, ya que al utilizar el simulador de Capacidad de calorífica de la Asociación Americana de Profesores de Química lograron visualizar aspectos fenomenológicos relacionados al tema.

Tabla 4

Post-test del indicador de análisis lógico-matemático y conceptual en termodinámica

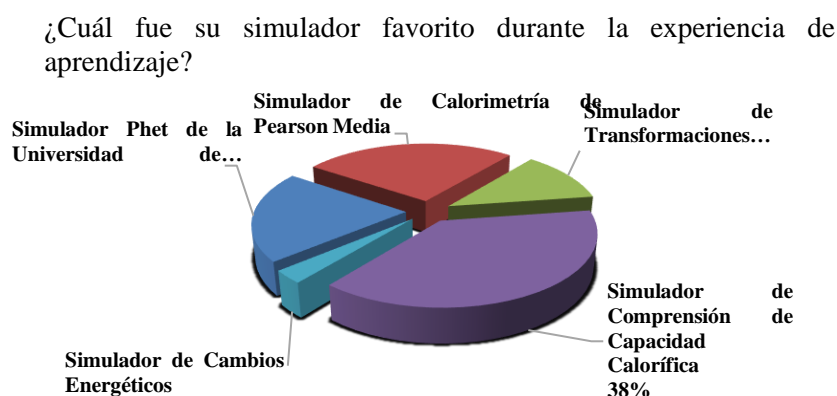
Prueba Binomial. Para la construcción de materiales que sean buenos aislantes térmicos, se necesita:

	Nivel	Frecuencia	Total	Proporción	p
Grupo Control	<i>Elegir uno con la mayor capacidad calorífica específica</i>	29	32	0.906	< .001
	<i>Elegir uno con la menor capacidad calorífica específica</i>	2	32	0.063	< .001
	<i>Ninguna de las anteriores</i>	1	32	0.031	< .001
Grupo Experimental	<i>Elegir uno con la menor capacidad calorífica específica</i>	5	33	0.152	< .001
	<i>Elegir uno con la mayor capacidad calorífica específica</i>	26	33	0.788	0.001
	<i>Ninguna de las anteriores</i>	2	33	0.061	< .001

Nota. H_a es proporción $\neq 0.5$. Indicador de análisis lógico-matemático y conceptual en Termodinámica.

Figura 2

Respuesta a la pregunta: ¿Cuál fue su simulador favorito durante la experiencia de aprendizaje?



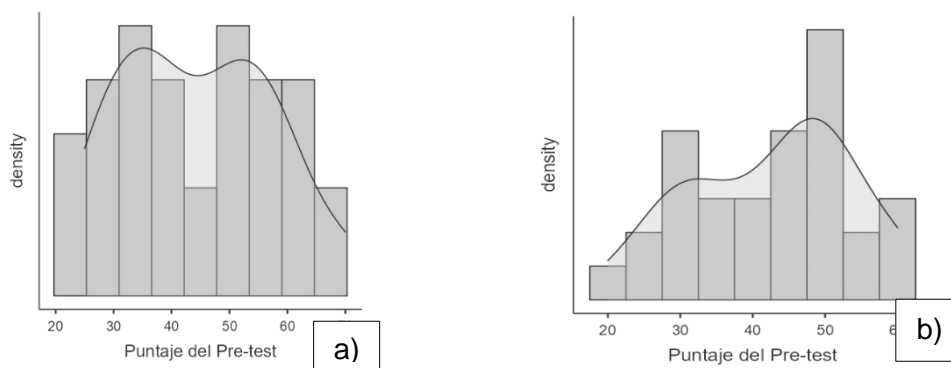
Tomado de González E., 2023.

Los resultados obtenidos mostraron que el Simulador de Comprensión de Capacidad Calorífica de la Asociación Americana de Profesores de Química resultó ser el más votado con un 38%, seguido del Simulador de Calorimetría de Pearson Media con un 26%. De esta forma queda expuesto que las herramientas propuestas por la Asociación

Americana de Profesores de Química y Pearson Media son recursos que ayudaron significativamente a los estudiantes. Además, estas herramientas tenían la opción de manipular variables y contenía aplicaciones directas a la Ingeniería, por lo que, muchos estudiantes pudieron aplicar los conceptos a temas de sus futuras carreras. (Ver Fig. N°2)

Figura 3

Resultados estadísticos del Pretest. a) Grupo control; b) Grupo experimental



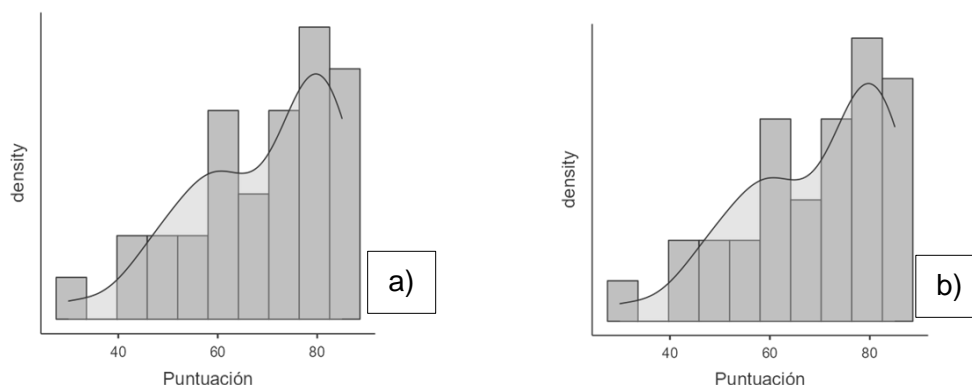
Fuente: The Jamovi Project (2022). Jamovi. (Version 2.3) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>.

El comportamiento de las respuestas a las encuestas de conocimientos previos en ambas poblaciones muestra que la distribución del grupo control es más uniforme con pequeñas fluctuaciones, mientras que la distribución del grupo experimental es claramente bimodal con dos picos distintivos, (Fig.3). Resalta además que, en el grupo experimental existe cierta variabilidad en la distribución de puntajes, con intervalos variables de densidades altas y bajas. Al comparar estos histogramas (Fig. N°3), se observa que los puntajes del pretest podrían indicar que en el grupo experimental hay dos grupos de estudiantes con niveles de comprensión significativamente diferentes antes de la intervención educativa.

Figura 4

Comparación de resultados de Posttest: Introducción a la Termodinámica

Resultados del Posttest. a) Grupo control; b) Grupo experimental



Fuente: The Jamovi Project (2022). Jamovi. (Version 2.3) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>.

De acuerdo con los resultados de la calificación del post-test en el grupo experimental, la mediana fue de un 75 en comparación al 45 obtenido en el pretest. Al comparar las respuestas de ambos grupos se observa un incremento significativo en el desempeño académico de los discentes al aumentar el número de respuestas correctas. Por otro lado, en el grupo control, la mediana es de 60 en comparación al 42.5 obtenida en el pretest. Al comparar ambos grupos de resultados, se observa un comportamiento muy similar en las respuestas obtenidas lo que indica que la metodología tuvo una amplia efectividad en el rendimiento académico, respecto a los resultados preliminares y además aumentó la motivación de los participantes ya que se obtuvo mayor participación en las encuestas. (Fig.N°4) Este aumento significativo en ambos grupos de estudio se atribuye a la aplicación de la metodología. Especialmente, al grupo experimental que fue sometido a los simuladores virtuales, aprendizaje basado en proyectos y la aplicación de guías didácticas contextualizadas.

Conclusiones

Esta investigación mostró efectos positivos en ambas poblaciones de estudiantes, aunque el grupo experimental obtuvo mejor desempeño en aspectos académicos, motivacionales y aptitudinales. La metodología aplicada resultó en un incremento significativo en la mediana del posttest del grupo experimental en comparación al pretest (un incremento de 30) y una alta motivación (84.6% de respuestas correctas). En esta investigación no se pudo estimar una disminución en la tasa de fracasos en este centro educativo, sin embargo, las estrategias de enseñanzas introducidas complementadas con las simulaciones de laboratorios facilitaron un aprendizaje activo y constructivista, lo que mejoró la comprensión de los temas abordados, el desempeño en análisis lógico-matemático- conceptual de termodinámica y, aumentó la motivación en las clases de química, así como también el trabajo colaborativo. Estos resultados coinciden con los resultados de Rosales Guamán et.al., 2023 y Banda & Nzabahimana, 2021, quienes evaluaron la efectividad de las simulaciones PhET en el proceso de enseñanza-

aprendizaje de la física y, encontraron que la efectividad está estrechamente relacionada con la pedagogía implementada en el proceso de aprendizaje.

Las simulaciones utilizadas permitieron un mejor análisis de la transferencia de energía en las reacciones químicas, y los estudiantes del grupo experimental adquirieron un mejor modelo mental al trabajar con datos específicos. Ambos grupos mejoraron en el análisis y razonamiento terminológico, aunque el grupo experimental tuvo un desempeño significativo en el análisis del concepto de flujo de energía. Estos resultados son concluyentes en cuanto a que los estudiantes necesitan más experimentación, contenido contextualizado y mejores equipos tecnológicos para un aprendizaje efectivo. Además, se debe considerar sus aspiraciones profesionales, tipos de inteligencia e intereses. Se destacó la importancia de estudiar la energía de enlace y la entalpía de reacciones químicas para mejorar el análisis integral de reacciones químicas.

La aplicación de aprendizaje basado en proyectos y un modelo constructivista permitió que el 93.3% del grupo experimental trabajara colaborativamente en proyectos prácticos, entendiendo conceptos claves de termodinámica. Se destacó la efectividad de estas metodologías y la importancia de que los docentes las promuevan. Sin embargo, es importante mencionar que los simuladores no deben sustituir la experimentación real, sino que se utilicen como complementos para favorecer el desarrollo de destrezas técnicas de los estudiantes en el manejo de instrumentación y equipos necesarios en escenarios reales.

Finalmente, la implementación de simuladores virtuales y el aprendizaje basado en proyectos mejoró significativamente el rendimiento académico y la motivación de los estudiantes de duodécimo del Bachiller en Ciencias en la Escuela Secundaria Ángel María Herrera de Penonomé.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Secretaría Nacional de Ciencias y Tecnología, por su aporte invaluable y el auspicio de la presente investigación, a través del proyecto de Innovación en el Aprendizaje de las Ciencias PFIA-IACP-2022-12.

Se agradece la colaboración de la profesora Denisse Díaz de la Escuela Secundaria Ángel María Herrera, por brindar ese espacio para realizar esta investigación. De igual forma, a los estudiantes de la Escuela Secundaria Ángel María Herrera (Promoción 2023), por el apoyo recibido durante la investigación.

Referencias Bibliográficas

- AACT. (2023, March 6). Classroom Resources | AACT. Teach Chemistry. <https://teachchemistry.org/classroom-resources>
- AACT. (2023, March 6). Classroom Resources | Energy Changes in Chemical Reactions AACT. Teach Chemistry. <https://teachchemistry.org/classroom-resources/energy-changes-in-chemical-reactions-simulation>
- AACT. (2023, March 6). Classroom Resources | Understanding Specific Heat Capacity | AACT. Teach Chemistry. <https://teachchemistry.org/classroom-resources/understanding-specific-heat-simulation>

- Adamson, D., Ashe, C., Jang, H., Yaron, D. J., & Rosé, C. P. (2013). Intensification of group knowledge exchange with academically productive talk agents. International Conference on Computer Supported Collaborative Learning.
- Banda, H., & Nzabahimana, J. (2021). Effect of integrating physics education technology simulations on students' conceptual understanding in physics: A review of literature. *Physical Review Physics Education Research*, 17, 023108.
- Camarena, E. (2020). Implementación de Laboratorios Virtuales en la Enseñanza de la Química a nivel de Educación media. Universidad de Panamá.
- Coclé Panamá Mapa Gris. (n.d.). [Mapa]. 123RF.
https://es.123rf.com/photo_65047882_cocl%C3%A9-panam%C3%A1-mapa-gris.html
- González Elian. (2023). Simuladores virtuales para Termodinámica en la Escuela Secundaria Ángel María Herrera de Penonomé. Centro Regional Universitario de Coclé, Universidad de Panamá.
<http://kohasibiup.up.ac.pa/cgi-bin/koha/opac-MARCdetail.pl?biblionumber=386804>
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2021). INEC Panamá. Recuperado el 7 de septiembre de 2022.
https://inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=1043HYP ERLINK
- Johnston, M. M., & Finney, S. J. (2010). Measuring basic needs satisfaction: Evaluating previous research and conducting new psychometric evaluations of the Basic Needs Satisfaction in General Scale. *Contemporary Educational Psychology*, 35, 280-296. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2010.04.003>
- Rosales Guamán, A. V., Cuenca Cumbicos, K. M., Morocho Palacios, H. F., & Tapia Peralta, S. R. (2023). El Uso de Simuladores en línea para la Enseñanza de la Física: Una Herramienta Educativa Efectiva. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6291
- The Jamovi Project. (2022). Jamovi (Version 2.3) [Computer Software]. <https://www.jamovi.org>