REVISTA DE ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

VOLUMEN 37, NÚMERO EXTRA | Selección de Trabajos Presentados a REF | PP.193-200
ISSN: 2469-052X
(cc) BY-NC-ND

Representación simbólica y simulación para la enseñanza de la transferencia de calor

Symbolic representation and simulation for teaching heat transfer

Ana Laura Gonzalez[1*]

[1]Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta, Av. República de Bolivia 5150, CP 4400, Salta, Provincia de Salta, Argentina.

***E-mail: ana.gonzalez@exa.unsa.edu.ar**

Resumen

En la enseñanza de la transferencia de calor, es habitual que los modelos matemáticos sean introducidos antes de que los estudiantes logren una real comprensión conceptual del fenómeno, lo que provoca resultados erróneos no solo matemáticamente, sino conceptualmente. Esta propuesta didáctica busca revertir ese enfoque, priorizando una construcción progresiva del conocimiento que se inicia en lo intuitivo, continúa con el modelado del sistema en estudio y culmina en la formalización matemática. La propuesta se basa en la utilización de analogías accesibles para introducir los conceptos de diferencia de temperatura, flujo de calor y resistencia térmica. Luego se abordan los mecanismos físicos de la transferencia de calor (conducción, convección y radiación) mediante ejemplos cotidianos, antes de introducir las ecuaciones formales. Se propone una actividad central en la que los estudiantes representan simbólicamente en el aula sistemas térmicos utilizando piezas gráficas inspiradas en circuitos térmicos, y construyen modelos como paso previo a la simulación con el programa Simusol. Finalmente, se transita hacia la formalización matemática, con la expectativa de que los estudiantes comprendan el sentido físico de cada expresión antes de su aplicación y, en consecuencia, puedan razonar si los resultados obtenidos pueden ser correctos o no. Esta propuesta está dirigida a estudiantes de nivel superior, y busca generar aprendizajes significativos, evitando la mecanización en el tratamiento de fenómenos térmicos.

Palabras clave: Estrategias didácticas; Comprensión conceptual; Transferencia de calor; Circuitos térmicos; Aprendizaje progresivo

Abstract

In teaching heat transfer, it is common for mathematical models to be introduced before students achieve a real conceptual understanding of the phenomenon, which leads to erroneous results not only mathematically, but also conceptually. This teaching proposal seeks to reverse that approach, prioritizing a progressive construction of knowledge that begins with intuition, continues with modeling the system under study, and culminates in mathematical formalization. The proposal is based on the use of accessible analogies to introduce the concepts of temperature difference, heat flow, and thermal resistance. The physical mechanisms of heat transfer (conduction, convection, and radiation) are then addressed using everyday examples before introducing the formal equations. A central activity is proposed in which students symbolically represent thermal systems in the classroom using graphic pieces inspired by thermal circuits, and build models as a preliminary step to simulation with the Simusol program. Finally, we move on to mathematical formalization, with the expectation that students will understand the physical meaning of each expression before its application, and consequently, will be able to reason whether the results obtained are correct or not. This proposal is aimed at higher-level students and seeks to generate meaningful learning, avoiding mechanization in the treatment of thermal phenomena.

Keywords: Teaching strategies; Conceptual understanding; Heat transfer; Thermal circuits; Progressive learning

I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En la enseñanza de la transferencia de calor en el nivel superior es habitual que se realice una explicación inicial del fenómeno antes de introducir el tratamiento matemático. No obstante, dicha explicación suele limitarse a una descripción superficial o breve, sin ofrecer a los y las estudiantes las herramientas necesarias para construir una comprensión conceptual sólida. Como consecuencia, muchos estudiantes no logran asimilar plenamente los fundamentos físicos del proceso, lo que deriva en dificultades a la hora de interpretar con sentido las ecuaciones, anticipar comportamientos térmicos o resolver problemas más allá de la aplicación mecánica de fórmulas.

Esta problemática ha sido ampliamente documentada por la investigación en educación en física (PER), que ha demostrado que los métodos tradicionales de enseñanza, centrados en la exposición magistral y la resolución rutinaria de problemas, son ineficaces para promover una comprensión profunda de los conceptos físicos (Gerace y Beatty, 2005). Según estos autores, la instrucción convencional produce un aprendizaje limitado y superficial, sin generar las habilidades necesarias para transferir lo aprendido a contextos nuevos o reales. Instrumentos como el Force Concept Inventory (Hestenes et al., 1992) han revelado que, aun después de completar cursos de física, muchos estudiantes conservan concepciones erróneas sobre nociones fundamentales.

En estudios posteriores (Hake, 1998; Mazur, 1997; McDermott, 1991; Mestre, 1991) refuerzan esta conclusión, mostrando que los enfoques basados en la "participación interactiva" (en los que se promueve la construcción activa del conocimiento) duplican la mejora conceptual alcanzada en comparación con los métodos tradicionales. Esto pone en evidencia la necesidad de replantear la enseñanza de la física: no basta con presentar fórmulas y ejemplos; es preciso diseñar experiencias de aprendizaje que involucren al estudiante como protagonista de su proceso formativo (Gerace y Beatty, 2005).

Desde otra perspectiva, otras investigaciones han puesto el foco en la importancia de integrar representaciones externas (como esquemas, diagramas y construcciones simbólicas) dentro de modelos de instrucción directa mejorada (Enhanced Direct Instruction, EDI), con el objetivo de fortalecer la capacidad de modelado mental de los y las estudiantes (Mansyur y Darsikin, 2016). El estudio de estos autores muestra que muchos estudiantes pueden resolver problemas formales, pero no comprenden su sentido físico, lo que evidencia una brecha entre manipulación algebraica y comprensión conceptual. *"Cuando los estudiantes no pueden proporcionar una solución completa al problema, significa que su comprensión también es incompleta" (*Yuliana et al., 2020).

En este marco, se propone enriquecer las estrategias docentes mediante el uso de representaciones visuales y simbólicas, integradas a una secuencia progresiva de enseñanza que combine claridad estructural con participación activa. Tal como advierten Redish y Steinberg (1999), aún en clases bien estructuradas, los estudiantes pueden recordar fórmulas sin entenderlas, si no se promueve activamente la elaboración conceptual.

Este obstáculo didáctico se ve intensificado por los cambios culturales asociados al uso masivo de tecnologías digitales, redes sociales y formatos multimedia. En la actualidad, los y las estudiantes están inmersos en un entorno donde predominan la inmediatez, los estímulos visuales y auditivos, la interacción constante y la fragmentación de la atención. Este contexto ha modificado las formas de percibir, concentrarse y aprender, haciendo que las clases tradicionales centradas en la exposición lineal de contenidos o en la manipulación abstracta de fórmulas resulten cada vez menos efectivas para captar el interés y favorecer aprendizajes significativos.

Ante este escenario, se vuelve imprescindible repensar las estrategias de enseñanza, no con el objetivo de simplificar los contenidos, sino de hacerlos accesibles y comprensibles. En particular, se plantea que la comprensión profunda de fenómenos como la transferencia de calor puede lograrse si se parte de experiencias intuitivas, visuales y participativas que permitan al estudiantado establecer relaciones causales y proporcionales entre las variables involucradas. Las analogías físicas, las representaciones simbólicas y las dinámicas colaborativas resultan, en este sentido, herramientas valiosas para construir puentes entre la experiencia cotidiana y el lenguaje formal de la física.

Este tipo de enfoques (centrados en el aprendizaje activo, el modelado conceptual y la representación externa de ideas físicas) se alinean con los marcos teóricos más recientes en educación en física, que sugieren que la comprensión significativa solo se logra cuando los estudiantes pueden construir, manipular y explicar modelos mentales coherentes (Mansyur y Darsikin, 2016).

Dentro de esto, adquiere especial relevancia el tratamiento de la Segunda Ley de la Termodinámica, que establece que la transferencia de energía en forma de calor ocurre siempre desde cuerpos de mayor temperatura hacia aquellos de menor temperatura. Esta ley no solo permite comprender la dirección natural del flujo de calor, sino también dotar de sentido físico a la existencia de diferencias de temperatura, al rol de los materiales como mediadores del intercambio térmico y a la noción de irreversibilidad en los procesos reales. Incluir estos fundamentos en una etapa temprana (pero desde una aproximación conceptual y no meramente matemática) resulta fundamental para desarrollar en el estudiantado la capacidad de interpretar y modelar situaciones reales con criterio y autonomía.

En síntesis, enseñar transferencia de calor exige enfocar la atención en el fenómeno antes que en la fórmula, apelando a metodologías que prioricen la comprensión, la interacción y la conexión con lo vivido. La formalización

matemática, lejos de ser desechada, debe aparecer como una herramienta útil para describir con precisión lo que ya se comprendió con claridad en términos físicos.

Esta propuesta didáctica parte de una mirada alternativa: se busca priorizar el desarrollo progresivo de la comprensión conceptual antes de introducir la formalización matemática. Se plantea una secuencia que parte de analogías accesibles para representar los conceptos de diferencia de temperatura, flujo de calor y resistencia térmica, vinculándolos con experiencias cotidianas y representaciones simbólicas. A partir de allí, se introducen los tres mecanismos de transferencia de calor (conducción, convección y radiación), con el objetivo de generar una base comprensiva que permita modelar situaciones físicas de forma cualitativa.

II. BREVE INTRODUCCIÓN A SIMUSOL Y A SUS ELEMENTOS

Simusol es un software de simulación desarrollado en la Universidad Nacional de Salta, orientado al análisis térmico de sistemas solares y otros dispositivos energéticos. Su principal característica es que permite modelar fenómenos de transferencia de calor a través de un entorno gráfico basado en circuitos térmicos, donde cada componente del sistema se representa mediante símbolos visuales que simulan elementos físicos: nodos, resistencias, fuentes, disipadores, entre otros (Figura 1) (de Saravia et al., 2008).

A diferencia de otras herramientas basadas en lenguajes de programación textual, Simusol ofrece una interfaz visual e intuitiva, en la que el usuario construye el modelo conectando bloques funcionales, lo que lo convierte en una herramienta accesible para quienes están dando sus primeros pasos en modelado térmico. El programa permite calcular la evolución temporal de variables como temperatura, flujos de calor o eficiencias, a partir de condiciones iniciales y parámetros definidos por el usuario.

En el marco de esta propuesta didáctica, Simusol se utiliza como una instancia de validación de modelos simbólicos previamente construidos por los estudiantes, funcionando como nexo entre la representación conceptual y la simulación cuantitativa.

Con el objetivo de trasladar la lógica de este entorno virtual al espacio del aula, se seleccionaron los elementos gráficos más relevantes del simulador para ser reproducidos en formato físico: nodos de temperatura (puntos de acumulación o medición térmica), resistencias térmicas (asociadas a materiales o barreras al flujo), fuentes de calor (entrada de energía al sistema), disipadores (pérdidas térmicas hacia el entorno), y límites o contornos térmicos (fronteras impuestas o condiciones de borde).

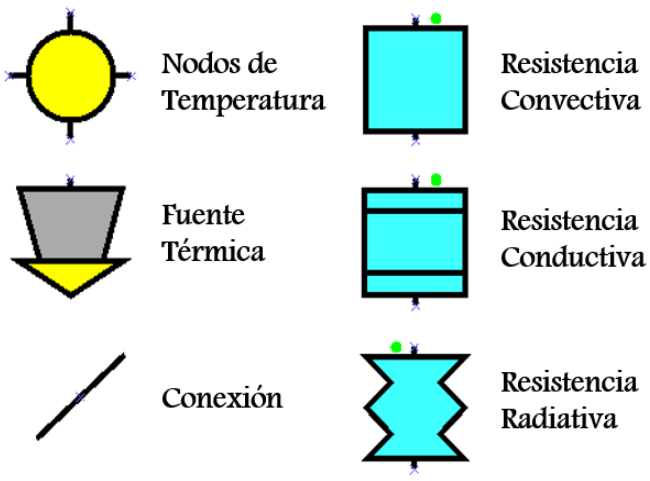


FIGURA 1. Símbolos gráficos utilizados en el simulador Simusol para representar elementos de circuitos térmicos: nodos de temperatura, fuente térmica, conexiones, y resistencias térmicas de tipo conductiva, convectiva y radiativa.

III. PROPUESTA DIDÁCTICA

La secuencia didáctica propuesta está pensada para estudiantes de nivel superior en el marco de clases introductorias de transferencia de calor, y tiene como objetivo favorecer una comprensión profunda del fenómeno de transferencia de calor. Para ello, se organiza en etapas progresivas que inician con aproximaciones intuitivas y culminan en la

formalización matemática, pasando por instancias de representación simbólica y simulación computacional.

La propuesta comienza con una fase de exploración conceptual, donde se introducen los tres conceptos fundamentales para el modelado térmico: temperatura y diferencia de temperatura, calor y flujo de calor, y resistencia térmica. Estos conceptos se abordan a través de analogías accesibles, como el flujo de agua, lo que permite a los y las estudiantes establecer relaciones proporcionales y causales sin recurrir aún a fórmulas. La intención es que construyan una representación cualitativa inicial del fenómeno y discutan colectivamente el sentido físico de cada elemento del sistema. Esta elección responde al reconocimiento, ampliamente documentado, de que el conocimiento no puede simplemente transmitirse, sino que debe ser activamente construido por el sujeto (Gerace, 1992; von Glasersfeld, 1998).

En la segunda y tercera etapa se incorpora el marco teórico mínimo necesario para interpretar la dirección del flujo térmico. Se presenta a la Segunda Ley de la Termodinámica como fundamento para comprender tanto el concepto de temperatura como la direccionalidad natural del flujo de calor desde regiones de mayor temperatura hacia otras de menor temperatura. Estas nociones se vinculan con situaciones cotidianas y se utilizan como base para el análisis conceptual. A continuación, se abordan los tres mecanismos físicos de transferencia de calor: conducción, convección y radiación. A través de definiciones operativas, esquemas y ejemplos cotidianos, el estudiantado identifica cómo cada mecanismo interviene en diferentes contextos. Para reforzar esta integración conceptual, se analiza un caso integrador: una vivienda calefaccionada en invierno, donde los tres mecanismos de transferencia operan simultáneamente hacia el exterior.

La cuarta etapa constituye el núcleo metodológico de la propuesta. Se propone una actividad grupal en la que los y las estudiantes construyen representaciones simbólicas de sistemas térmicos utilizando piezas impresas inspiradas en los elementos del software Simusol: nodos, resistencias, fuentes de calor, disipadores y límites. Estas piezas, dispuestas en pizarras o mesas de trabajo, permiten modelar diversas situaciones propuestas (como el aislamiento de una casa o qué mecanismos entran en juego al dejar una taza de café caliente en la mesa). Esta instancia busca que el grupo razone colectivamente sobre la lógica del sistema térmico que representan, anticipando comportamientos antes de verificar resultados. En esta misma fase se traslada el modelo simbólico al entorno computacional de Simusol por parte del docente, definiendo parámetros y condiciones de contorno, y mostrando las curvas correspondientes a la evolución temporal de variables térmicas. Esta etapa permite validar las decisiones en la fase anterior, contrastando los resultados simulados con las predicciones cualitativas.

Esta etapa puede ilustrarse con la Figura 2. En la parte superior se representa la situación propuesta: una vivienda con una pared de ladrillo, calefaccionada desde el interior mediante una fuente de temperatura constante, y expuesta en su exterior a un ambiente frío también de temperatura constante. En la parte inferior se muestra el circuito térmico equivalente, que modela la conducción de calor a través de la pared hacia el exterior, considerando los distintos mecanismos de transferencia. En este ejemplo introductorio, el circuito térmico incorpora las resistencias por conducción y convección (aire interior y exterior), mientras que la radiación no se contempla en esta primera aproximación**.**

Esta secuencia responde a un principio sostenido por la investigación educativa: los estudiantes no desarrollan la capacidad para resolver problemas de manera repentina, sino que progresan a través de etapas interdependientes que comienzan con la exploración de nociones previas y culminan en el desarrollo de estrategias generales para el análisis y la resolución de situaciones (Dufresne et al., 2000). Así, cada fase de esta propuesta se alinea con un estadio del desarrollo cognitivo, facilitando un avance genuino en la apropiación del conocimiento.

En esta etapa se proponen las siguientes preguntas para los estudiantes:

- ¿La distribución de temperaturas obtenida en la simulación coincide con lo que esperaban según su modelo simbólico? ¿Por qué sí o por qué no?
- ¿Qué elemento del sistema creen que está ofreciendo mayor resistencia al flujo de calor? ¿Eso se refleja en la simulación?
- Si modificamos el material de esta parte del sistema (por ejemplo, reemplazar una pared por otra con diferente aislación), ¿cómo cambiarían los resultados?
- ¿Qué pasaría si la fuente de calor se apaga? ¿Cuáles nodos bajarían su temperatura más rápido?
- ¿Cuál creen que es el mecanismo de transferencia dominante en este sistema? ¿Qué evidencia ven en la simulación para justificarlo?
- ¿Qué relación observan entre la diferencia de temperatura entre dos nodos y el flujo de calor que se genera entre ellos?
- ¿Qué pasaría si invirtieran las condiciones de frontera: si el exterior estuviera más caliente que el interior? ¿Cómo cambiaría el sentido del flujo?
- ¿Cómo afecta la geometría (largo, espesor) o el tipo de material en las resistencias térmicas de su modelo?

- ¿Qué elementos del sistema representan pérdidas de energía hacia el entorno? ¿Dónde ubicarían un aislante si quisieran reducir esas pérdidas?
- ¿Hay algo en los resultados que no esperaban? ¿Qué creen que podría estar generando esa diferencia?

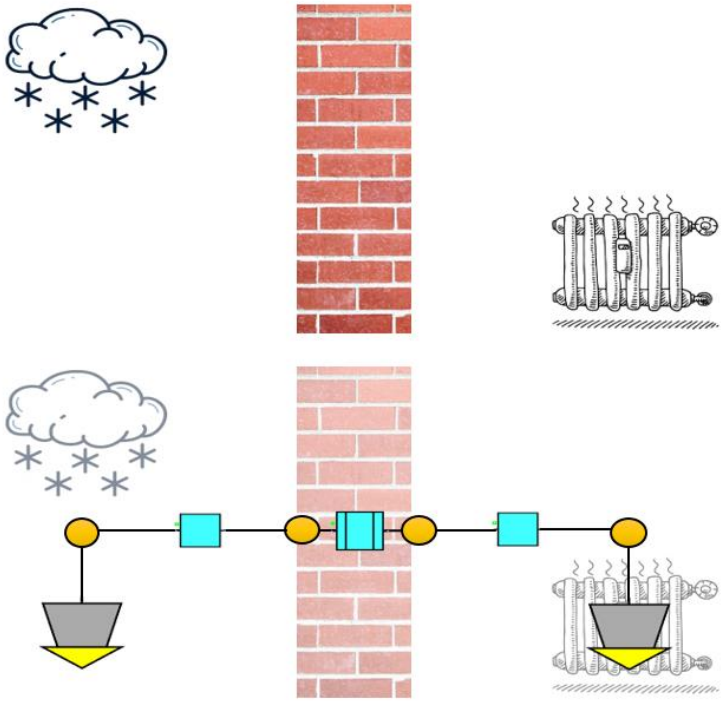


FIGURA 2. Esquema térmico de una pared expuesta: situación física y circuito equivalente con conducción y convección interior y exterior.

Finalmente, en última instancia, se introduce la formalización matemática. Una vez consolidada la comprensión conceptual y representacional, se presentan las expresiones que gobiernan los procesos de transferencia de calor:

$$Q = \frac{\Delta T}{R_t} \tag{1}$$

y otras ecuaciones particulares como la ley de Fourier, de Newton o de Stefan-Boltzmann, según los casos abordados.

Conducción:

$$\dot{Q} = \frac{k.A.(T_1 - T_2)}{L} \tag{2}$$

Convección:

$$\dot{Q} = h.A.\left(T_{sup} - T_{flu}\right) \tag{3}$$

Radiación:

$$\dot{Q} = \varepsilon.\sigma.A.(T_{sup}^4 - T_{cie}^4) \tag{4}$$

Donde:
Para la ecuación de conducción (2):
$\dot{Q}$ = flujo de calor [W]
k = conductividad térmica del material [W/(m·K)]

A = área de la superficie a través de la cual se transfiere calor [m²]
T_1 = temperatura en la superficie inicial [K]
T_2 = temperatura en la superficie final [K]
L = espesor del material o distancia entre las superficies [m]

Para la ecuación de convección (3):
$\dot{Q}$ = flujo de calor [W]
h = coeficiente de transferencia de calor por convección [W/(m²·K)]
A = área de la superficie en contacto con el fluido [m²]
T_{sup}= temperatura de la superficie del sólido [K]
T_{flu} = temperatura del fluido que rodea la superficie [K]

Para la ecuación de radiación (4):
$\dot{Q}$ = flujo de calor [W]
ε = emisividad de la superficie [adimensional, 0–1]
σ = constante de Stefan-Boltzmann $\left(\sigma \approx 5{,}67 \times 10^{-8}\, \frac{W}{m^2 K^4}\right)$
A = área de la superficie emisora [m²]
T_{sup} = temperatura de la superficie emisora [K]
T_{cie} = temperatura de la superficie receptora o entorno (cielo) [K]

Esta formalización se presenta como culminación del proceso, de manera que cada símbolo y término matemático adquiera sentido en función del modelo físico previamente trabajado. Todo lo anterior dicho se puede resumir en la Tabla I:

TABLA I. Resumen de la secuencia didáctica.

Fase	Descripción
1. Exploración conceptual mediante analogías	Introducción de los conceptos diferencia de temperatura, flujo de calor y resistencia térmica a través de analogías accesibles que facilitan la comprensión intuitiva sin fórmulas.
2. Introducción de conceptos físicos	Presentación de la Ley Cero y la Segunda Ley de la Termodinámica para explicar el sentido y dirección del flujo de calor entre cuerpos.
3. Explicación de los mecanismos de transferencia de calor	Definición y ejemplificación de conducción, convección y radiación con ejemplos cotidianos, aplicados a una situación integradora como la casa calefaccionada.
4. Representación simbólica y simulación computacional	Construcción en grupos de modelos térmicos con piezas gráficas inspiradas en Simusol y validación mediante simulación del mismo circuito en el software.
5. Formalización matemática y resolución de problemas	Introducción y análisis de las ecuaciones físicas que describen la transferencia de calor, partiendo de la comprensión previa, para luego resolver casos prácticos.

IV. POTENCIAL Y PROYECCIÓN

La propuesta didáctica desarrollada posee un conjunto de potencialidades que la convierten en una herramienta valiosa para enriquecer la enseñanza de la física térmica en contextos universitarios y técnico formativos. En primer lugar, permite superar el enfoque mecanicista tradicional mediante una secuencia que privilegia la comprensión conceptual y la representación visual antes de introducir las ecuaciones, promoviendo así un aprendizaje más profundo y significativo. Esta progresión (que avanza desde la intuición y la experiencia cotidiana hacia el modelado

simbólico, la simulación y la formalización matemática) facilita que los y las estudiantes construyan modelos mentales sólidos que den sustento a su desempeño técnico posterior.

El uso de representaciones simbólicas físicas, construidas de forma colaborativa, no solo fortalece la capacidad de abstracción, sino que también fomenta el trabajo y el debate en equipo, la argumentación científica y el pensamiento crítico. La validación a través de Simusol agrega una dimensión tecnológica que conecta con las prácticas reales de la ingeniería y la ciencia aplicada, a la vez que introduce a los estudiantes en entornos de simulación visual, accesibles y no basados en programación textual. Esto es especialmente valioso para quienes se inician en el modelado computacional, ya que reduce la barrera de entrada y permite centrarse en la lógica física del sistema.

Desde una perspectiva institucional, esta propuesta puede adaptarse a múltiples asignaturas vinculadas con la física térmica, la energía solar, la termodinámica aplicada o la enseñanza de las ciencias. Además, su enfoque intuitivo y visual la vuelve especialmente transferible a contextos de formación docente, educación técnica e, incluso, adaptaciones para el nivel secundario avanzado. A mediano plazo, se proyecta la implementación de esta secuencia en el marco de prácticas reales de enseñanza, con el objetivo de evaluar su impacto en la comprensión conceptual y la motivación del estudiantado, así como generar evidencias empíricas que permitan ajustar y extender la propuesta en futuras investigaciones.

VII. CONCLUSIONES

La propuesta presentada se inscribe en un enfoque didáctico que busca recuperar el sentido físico de los fenómenos térmicos antes de proceder a su formalización matemática. A través de una secuencia progresiva, que parte de analogías intuitivas y culmina en el uso de ecuaciones, se promueve una comprensión profunda del concepto de transferencia de calor, sus mecanismos y su representación simbólica. La incorporación de herramientas visuales y de simulación computacional como Simusol permite articular representaciones cualitativas con validaciones cuantitativas, facilitando así la apropiación de modelos térmicos por parte del estudiantado.

La principal contribución de esta propuesta radica en su capacidad para generar aprendizajes significativos mediante un recorrido que respeta los tiempos de construcción conceptual. Al priorizar la intuición, el trabajo colaborativo y la representación simbólica, se habilitan formas de pensar la física que van más allá del uso instrumental de fórmulas. Se concluye que este tipo de abordajes, si bien demandan un diseño más cuidadoso y estructurado, ofrecen beneficios sustantivos en términos de comprensión, motivación y desarrollo de competencias científicas

REFERENCIAS

de Saravia, A., Saravia, L. R. y Saravia, D. (2008). *Simusol: Facilita la descripción de diferentes circuitos físicos y su simulación numérica.* Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de Salta.

Dufresne, R. J., Gerace, W. J., Mestre, J. P. y Leonard, W. J. (2000). ASK-IT/A2L: Assessing student knowledge with instructional technology. *arXiv preprint physics/0508144*

Gerace, W. J. (1992). Contributions from cognitive research to mathematics and science education. *arXiv preprint arXiv:0708.2496*

Gerace, W. J. y Beatty, I. D. (2005). Teaching vs. learning: Changing perspectives on problem solving in physics instruction. *arXiv preprint physics/0508131*

Hake, R. (1998). Interactive-engagement vs. Traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics, 66(1),* 64-74.

Hestenes, D., Wells, M. y Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The Physics Teacher, 30,* 159-166.

Mansyur, J. y Darsikin (2016). Enhancing Direct Instruction on Introductory Physics for Supporting Students' Mental-Modeling Ability. *International Education Studies*, *9*(6), 32-44.

Mazur, E. (1997). Peer instruction: A user's manual. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

McDermott, L. (1991). Millikan lecture 1990: What we teach and what is learned — closing the gap. *American Journal of Physics, 59,* 301-315.

Mestre, J. P. (1991). Learning and instruction in pre-college physical science. *Physics Today, 44(9),* 56-62.

Redish, E. F. y Steinberg, R. (1999). Teaching physics: Figuring out what works. *Physics Today, 52,* 24-30.

von Glasersfeld, E. (1998). Cognition, construction of knowledge, and teaching. En M. R. Matthews (Ed.), *Constructivism in science education.* Dordrecht, Germany: Kluwer.

Yuliana, I., Priyadi, R., Zulhadi, Z., Kaslam, K. y Mahruf, M. (2020, August). Students' Problem-Solving Abilities in Temperature and Heat Topic. En *1st Annual Conference on Education and Social Sciences (ACCESS 2019) (pp. 107-110)*. Atlantis Press.