

LA TERMODINÁMICA EN LOS ESTUDIANTES DE TECNOLOGÍA: UNA EXPERIENCIA DE APRENDIZAJE COOPERATIVO

THERMODYNAMICS IN TECHNOLOGY STUDENTS: A COOPERATIVE LEARNING EXPERIENCE

Martín Enrique Durán-García

Departamento de Tecnología Industrial Universidad Simón Bolívar Venezuela
martinduran@usb.ve

Emilse Emperatriz Durán-Aponte

Departamento de Formación General y Ciencias Básicas Universidad Simón Bolívar Venezuela
emilseaponte@usb.ve

RESUMEN: Se describe el uso de la estrategia de aprendizaje cooperativo en la resolución de problemas basados en la primera ley de la termodinámica. Participaron 33 estudiantes de las carreras de Tecnología Mecánica y Mantenimiento Aeronáutico de la Universidad Simón Bolívar. Se describe la estrategia en función de dos indicadores: calidad en la resolución y trabajo grupal. Los estudiantes lograron en promedio resolver en más de un 70,90% los problemas de sistemas mecánicos y aeronáuticos planteados, y un 69,09% de ellos consideraron satisfactorio el desempeño en el trabajo grupal. Las respuestas mostraron dominio de las nociones básicas del tema, conceptos asociados y la habilidad para aplicarlos en un contexto relacionado con su área de formación. Se concluye que con la estrategia los estudiantes participaron activamente en la presentación de soluciones y autoevaluaron su dominio del tema. Es ideal para trabajar con un gran número de estudiantes y minimizar el solapamiento de responsabilidades cuando se trabaja en grupos.

PALABRAS CLAVE: enseñanza, aprendizaje cooperativo, termodinámica, aprendizaje significativo, primera ley de la termodinámica.

ABSTRACT: To describe the use of cooperative learning strategies in the solution of problems based on the First Law of Thermodynamics. Participated 33 students of mechanical and aeronautical maintenance technology degree courses from the Simon Bolivar University. Describes the strategy in terms of two indicators (quality in resolution and group work). Students achieved on average more than solve 70.90% of problems of mechanical and aeronautical raised, and 69.09% considered satisfactory performance in group work. The responses showed their command of the basics of the topic, related concepts and the ability to apply them in a context related to their area of training. We conclude that the strategy students actively participated in the presentation of solutions and self-assessed their knowledge of the subject. It is ideal for working with large numbers of students and minimize the overlap of responsibilities when working in groups.

KEYWORDS: teaching, cooperative learning, thermodynamics, meaningful learning, first law of thermodynamics.

Fecha de recepción: enero 2011 • Aceptado: mayo 2012

Durán García, M. E. y Durán Aponte, E. (2013). La termodinámica en los estudiantes de tecnología: una experiencia de aprendizaje cooperativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 31 (1), pp. 45-59

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la termodinámica, tal como indica Müller (1994, p. 1), está orientada al «estudio de las transformaciones energéticas en la materia». Este mismo autor señala que equipos y accesorios industriales como turbinas, compresores, bombas, calderas, condensadores, sistemas de tuberías, válvulas, motores de todo tipo, refinerías de petróleo, polímeros y sus mezclas, son algunos ejemplos de sistemas que requieren un adecuado análisis energético; por lo tanto, la termodinámica se constituye en una base fundamental para la planificación, el diseño y su aplicación industrial.

A partir de esto se desprende su relevancia para los profesionales de Tecnología Mecánica y Mantenimiento Aeronáutico de la Universidad Simón Bolívar, cuyo perfil en el caso de los *técnicos en mecánica* expresa que poseen formación para «participar activamente en todas las fases de diseño, construcción, instalación, operación y mantenimiento de equipos e instalaciones mecánicas», y en el caso de los *técnicos en mantenimiento aeronáutico*, formación «para programar, supervisar, controlar y ejecutar labores correspondientes al mantenimiento aeronáutico, de diversos equipos y maquinarias fuera del campo aeronáutico, como pueden ser las distintas áreas industriales y el sector transporte en general» (USB, 2011).

La termodinámica es una de las áreas del saber que encuentra mayor obstáculo y resistencia en los estudiantes, debido a que en la mayoría de los casos, según Flores y cols. (2003, p. 3), es trabajada bajo el modelo tradicional de la enseñanza, a través de «la transmisión de conocimientos en una sola vía, del instructor al alumno (...) donde se pone demasiado énfasis en ilustrar varios métodos matemáticos para calcular propiedades y el significado de los conceptos permanece oscuro», es decir, los conceptos no son plenamente identificados por los estudiantes en el mundo que los rodea, sino que permanecen abstractos.

Otra de las críticas a la forma de enseñar termodinámica es descrita por González (2003), quien, a partir de la revisión de los textos que apoyan la enseñanza de la termodinámica, indica que la definición de los conceptos es superficial y que son explicados exclusivamente bajo un enfoque lógico y matemático, dejando de lado la aplicabilidad del concepto. De igual manera, Furió, Solbes y Furió (2005) afirman que este tipo de textos no consideran las concepciones alternativas de los estudiantes en conceptos importantes como calor y energía, y además evidencian poco énfasis en la presentación de análisis cualitativos.

Así mismo, Cotignola y cols. (2002) reconocen dificultades en el aprendizaje de la termodinámica debido a la evolución de los conceptos y a preconcepciones erradas de fenómenos básicos, lo que posteriormente dificulta la comprensión y resolución de problemas.

Con ánimo de contribuir a la mejora de esta situación, especialistas relacionados con la enseñanza de la termodinámica plantean diversas propuestas metodológicas de enseñanza-aprendizaje, algunas de ellas basadas en herramientas tecnológicas como la construcción del LabVIEW, una herramienta virtual de apoyo docente a la enseñanza de la termodinámica, por Quiñones y cols. (2006), así como el uso de hojas de cálculo que permiten seguir paso a paso el procedimiento de cálculo de un problema termodinámico, por Barragán y Bazúa (2004).

También se encuentran las metodologías heurísticas, donde Martín y cols. (2006) proponen una estrategia que apoye el diseño de la síntesis de un proceso químico, utilizando reglas heurísticas bajo un enfoque holístico; por su parte, Cárdenas y Ragout (1996) proponen la construcción de heurísticas que permiten interpretar y explicar fenómenos físicos dentro de los límites impuestos por el propio modelo, lo cual apela a los mecanismos profundos que dan lugar a los fenómenos.

Por su parte, Furió y cols. (2007) proponen incorporar una unidad didáctica que comprenda la historia de las ciencias, con la finalidad de superar, tanto en docentes como en estudiantes, las visiones deformadas, descontextualizadas, atóricas y empiristas en la enseñanza y aprendizaje de la termodinámica.

Robles y cols. (2006) desarrollan una propuesta de enseñanza basada en estrategias de resolución de problemas y Mitchell (2003) desarrolla una propuesta de aprendizaje cooperativo para la enseñanza de ciencia de los materiales y afirma que es una herramienta útil en cualquier nivel de educación universitaria.

Por otro lado, Flores y cols. (2003) plantean el uso de estrategias de regulación y autorregulación a través de la evaluación para otorgar un papel más protagonista al estudiante y promover un mejor aprendizaje de la termodinámica. De forma similar, Le Maréchal y El Bilani (2008) desarrollan y evalúan una propuesta de enseñanza basada en crear las condiciones adecuadas para involucrar a los estudiantes en un modelo apropiado de situaciones conflictivas, donde estos pongan en evidencia distintas concepciones de un mismo fenómeno y reflexionen acerca de las consecuencias de ello.

Por último, Elliot (2001) propone el uso de aplicaciones y ejemplos de situaciones físicas reales de la ciencia de los materiales en la enseñanza de conceptos abstractos de química, con el fin de promover un mejor aprendizaje en los estudiantes.

Generalmente, cuando se imparte la termodinámica a nivel de técnicos universitarios, esta se orienta con el mismo enfoque de un estudiante de una carrera de ingeniería, basado en el aspecto teórico y generalizando el práctico a problemas globales que no consideran las particularidades de interés de los equipos industriales en los que el técnico ejercerá profesionalmente, sumándose esta situación como una nueva dificultad para su aprendizaje, puesto que los estudiantes no relacionan los aspectos teórico-prácticos con su área de desarrollo profesional.

A todo esto se suman las diferencias individuales de los estudiantes, ya que algunos dominan con mayor facilidad los conceptos y las resoluciones de problemas, asimilan a distintas velocidades los nuevos conocimientos, poseen diferentes estilos para aprender y llegan al aula con distintos elementos que sirven de insumos para relacionar sus conocimientos previos con los nuevos conocimientos (Durán-Aponte y Durán-García, 2012a).

Sobre la base de estas consideraciones, resulta importante describir el uso de estrategias metodológicas de enseñanza-aprendizaje que faciliten o contribuyan a la adquisición de conocimientos relacionados con la termodinámica, aplicada al área específica de formación de los estudiantes de carreras tecnológicas como Tecnología Mecánica y Mantenimiento Aeronáutico que puedan ser de insumos para su práctica profesional.

ASPECTOS PRELIMINARES

La enseñanza de las ciencias en general ha llevado a la búsqueda y aplicación de estrategias orientadas al mejor aprovechamiento del proceso educativo. Los planteamientos de Ausubel (2002) acerca del aprendizaje significativo cobran cada vez mayor relevancia a la hora de planificar la instrucción. Según este autor, un aprendizaje resulta significativo cuando los contenidos son relacionados de modo no arbitrario y sustancial con lo que el alumno ya sabe, es decir, sin exigencias de aprendizaje memorístico y repetitivo, antes bien se promociona que las ideas estén relacionadas con algún aspecto existente en la estructura cognitiva del alumno, como una imagen, un símbolo significativo, etc.

Según Ausubel (2002), existen dos condiciones para que se dé este aprendizaje: en primer lugar, que el estudiante manifieste una actitud de aprendizaje significativo, es decir, una predisposición a relacionar el nuevo material que se va a aprender de una manera no arbitraria y no literal con su estructura de conocimiento y, en segundo lugar, que el material que aprende se pueda enlazar con sus estructuras particulares de conocimiento. Este material debe ser razonable, no arbitrario, plausible y, además, también dependerá de la edad, la experiencia previa y el contexto cultural, y para nuestro caso particular, la idea es que teorías y leyes de la termodinámica puedan ser ubicadas por el alumno en su estructura cognitiva preexistente a través de ejercicios prácticos relacionados con su área de formación.

Estas condiciones sugieren un aporte del docente en cuanto a la facilitación del material de enseñanza, que debe caracterizarse por ser accesible, práctico y contextualizado; y la disposición del alumno para encontrar analogías, relaciones y comparaciones que le permitan anclar los conocimientos, convirtiéndose en un proceso que protagonizan de igual manera docente y alumno.

González (2003), al referirse a la enseñanza de la termodinámica, advierte que la formulación basada en definiciones de variables mesurables y formulaciones matemáticas identificadas por su carácter lógico abstracto desestima los planteamientos de un aprendizaje significativo, lo que nos lleva a entender la necesidad de una propuesta de enseñanza que modifique esta situación.

Dentro de este enfoque de aprendizaje significativo, también resulta importante que el alumno tenga una actitud favorable para aprender. Frecuentemente ocurre que se ve forzado a aprender contenidos de forma memorística, porque muchas veces las respuestas que parecen correctas no se ajustan a lo que desea el profesor. Otros, por su parte, si han fallado o están repitiendo la asignatura, tienen un nivel elevado de ansiedad y frustración, y en general una actitud que compromete el aprovechamiento de las sesiones de clase.

Una posibilidad para hacer frente a esta situación consiste en el uso de estrategias basadas en el aprendizaje cooperativo (AC), como propuesta para elevar el rendimiento de los participantes, tanto de alumnos con dotes especiales como de aquellos que tienen dificultades para aprender (Denegri y cols., 2007; Traver y García, 2007; León del Barco, 2006).

El aprendizaje cooperativo puede integrar características del aprendizaje significativo toda vez que se utilice para responder a problemáticas reales, donde se configuren conceptos termodinámicos con situaciones comunes para el estudiante (aplicaciones industriales), y al mismo tiempo contribuya a reducir la ansiedad y frustración en los estudiantes que cursan la asignatura, pues la responsabilidad del resultado final no recae sobre un individuo, sino que es compartida, pues es producto de discusiones y reflexiones sobre las respuestas que se darán a las problemáticas planteadas, en donde participan alumnos con distintos niveles de comprensión de las temáticas planteadas.

Unido a esto, se selecciona esta metodología de enseñanza puesto que es sugerida por investigadores cuando los docentes desean que un material altamente complejo y difícil sea entendido y dominado, además facilita el momento de resolver problemas y aclarar dudas donde el número de estudiantes es amplio (Nava y cols., 2009; Barkley y cols., 2007).

En esta investigación se asume el concepto de aprendizaje cooperativo expresado por Terán y Pachano (2009, p. 161): «el trabajo en equipo que permite la consecución de objetivos comunes, mayor interacción con los pares y con el docente, y además, conduce a la adquisición de valores sociales tales como la solidaridad, el respeto, la tolerancia y el compañerismo», los cuales resultan básicos para su desempeño personal y profesional.

En función de lo antes expuesto, se plantea el uso de técnicas basadas en estrategias de aprendizaje cooperativo para la enseñanza de la termodinámica, aplicándola al módulo de la primera ley de la termodinámica, la cual se corresponde con la unidad cuatro (4) del programa de la asignatura dictada a los estudiantes de carreras cortas de Tecnología Mecánica y Mantenimiento Aeronáutico.

Esta ley refleja el balance de energía que existe en un sistema termodinámico, entendiéndose que la presentación de esta dependerá de condiciones muy particulares de dicho sistema, como régimen permanente o transitorio, sistema cerrado o abierto, ciclo o volumen de control y otros, por lo que el estudiante de Tecnología Mecánica y Mantenimiento Aeronáutico de la USB debe comprender todas estas presentaciones de la primera ley para ubicar y aplicar estos conocimientos en la industria o empresa donde se desempeñará como futuro profesional.

En particular, si se quiere comprender la primera ley en un sistema tipo ciclo en estado estacionario, existe la posibilidad de realizar el balance de energía para cada equipo industrial o el ciclo completo. Esto se traduce en que el estudiante tiene que conocer los estados termodinámicos de cada corriente

del ciclo, como la transferencia de energía principalmente en forma de trabajo y calor; y en segundo orden la generación de energía cinética, potencial e interna del fluido de trabajo. Por lo tanto, la información termodinámica que proporcione la primera ley es importante para conocer técnicamente las condiciones de operación de presión y temperatura de equipos industriales como turbinas, compresores, intercambiadores de calor, separadores, etc.

De tal forma, se puede explicar por qué en una bomba no debe entrar un fluido en líquido-vapor o por qué el fluido de salida de una turbina no debe tener una calidad muy baja o por encima del 85%, o comprender realmente cuáles son los límites de operación de temperatura y presión de una caldera o condensador, bien sea por condiciones críticas de la sustancia de trabajo o bien por la resistencia del material del que están hechos estos equipos.

OBJETIVO

Describir el uso de la estrategia de aprendizaje cooperativo por estudiantes de Tecnología Mecánica y Mantenimiento Aeronáutico en la asignatura termodinámica.

MÉTODO

Participantes

El grupo está constituido por 33 estudiantes pertenecientes a la asignatura Termodinámica en el trimestre abril-julio de 2010. Se conoce que 20 estudiantes cursaban la asignatura por primera vez (60,61%) y 13 eran repitentes (39,39%). También que 26 eran hombres y 7 mujeres. El rango de edades fue de 18 a 27 años; siendo la edad promedio de 20 años. El 54,55% cursaban la carrera de Mantenimiento Aeronáutico y el 45,45% la carrera de Tecnología Mecánica.

Procedimiento

Se toma en consideración la experticia de los alumnos definida según las calificaciones obtenidas en las evaluaciones de las unidades anteriores. Aquellos alumnos que obtuvieron mayor promedio de notas en evaluaciones previas fueron asignados a cada uno de los equipos de trabajo para aprovechar sus conocimientos y evitar que se convirtieran en un elemento de distracción.

Para evitar confusiones durante el desarrollo de la estrategia de AC, se realizó un entrenamiento previo que consistió en la asignación de un ejercicio a cada equipo siguiendo las mismas instrucciones que se usaron luego en el estudio propiamente dicho. Este entrenamiento permitió aclarar dudas entre los estudiantes y reducir los niveles de incertidumbre por el uso de la técnica de AC.

La técnica seleccionada se denomina «pasa el problema». En esta, según Barckley y cols. (2007), se entrega un listado de problemas diferentes relacionados con la unidad temática a los grupos de estudiantes y estos deben decidir la regla o los pasos necesarios para resolverlos; una vez decidido, pasan el problema junto con su propuesta al siguiente equipo y reciben el de otro equipo y así sucesivamente hasta agotar el tiempo de la sesión.

Se selecciona esta técnica en virtud de que soporta las particularidades de esta investigación, pues según el autor antes mencionado contribuye al desarrollo de habilidades para resolver problemas y transferir lo que se ha aprendido a situaciones problemáticas nuevas.

El desempeño en la estrategia de AC con el uso de la técnica «pasa el problema» se describe en función de dos indicadores desarrollados para esta experiencia:

1. Calidad en la resolución: se refiere a la calidad del análisis realizado por los equipos para presentar la propuesta de solución de cada ejercicio. Los aspectos propuestos por los investigadores son: *a)* identificación de variables termodinámicas conocidas e incógnitas; *b)* identificación de estados y equilibrios termodinámicos; *c)* uso de la primera ley de la termodinámica, de acuerdo con el proceso termodinámico identificado; *d)* discusión de posibles resultados, y *e)* presentación del algoritmo de cálculo. La calidad en la resolución se midió a través de una lista de chequeo elaborada para este estudio. Se promediaron los resultados según la intervención de cada equipo.
2. Trabajo grupal: se refiere a la opinión del desempeño entre los miembros del grupo durante la estrategia de aprendizaje cooperativo, evaluada en función de algunas recomendaciones aportadas por otros investigadores (Terán y Pachano, 2009; Nava y cols., 2009) que se resumen en los siguientes factores: *a)* administración del tiempo, *b)* compromiso por el logro de los objetivos, *c)* actitud de tolerancia, *d)* iniciativa, y *e)* respeto por las diferencias.

DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE COOPERATIVO PARA LA ENSEÑANZA DE LA PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA

Johnson y cols. (1999) sugieren que la cooperación se logra cuando se tienen en cuenta cinco elementos que con el tiempo los participantes adoptarán de manera implícita o inconsciente. Dentro del desarrollo de la estrategia, estos elementos se dieron de la siguiente manera:

1. Interdependencia positiva. El docente debe proponer una tarea clara y un objetivo grupal; de esta manera los alumnos pueden saber si lograrán o no el objetivo conjuntamente.

Desde el inicio del periodo académico los alumnos fueron informados acerca de su participación en una investigación en la que, en vez de continuar con la forma convencional de enseñanza de la materia, donde se practica resolviendo ejercicios en clases magistrales, se trabajaría en grupos cooperativos. Durante el entrenamiento y la aplicación de la técnica «pasa el problema», se informó a los estudiantes del objetivo de trabajo a nivel de resolución de los ejercicios y el desempeño grupal. Los estudiantes disponían de los parámetros especificados en las listas de chequeo elaboradas para esta investigación, y desde el primer momento se hizo énfasis en que debían trabajar conjuntamente en vez de competir.

2. Responsabilidad individual y grupal. El grupo debe asumir la responsabilidad de alcanzar sus objetivos y cada miembro será responsable de cumplir con la parte del trabajo que le corresponda.

Divididos en grupos de tres, se nombró un coordinador, un secretario y un relator, siendo sus funciones las de determinar el momento de pasar la hoja al otro equipo o de finalizar una discusión, llevar nota del tiempo que costaba analizar cada ejercicio, relatar al final de la actividad los puntos en común y/o no comunes con las respuestas de otros equipos, así como las dudas y la experiencia en general, respectivamente.

3. Interacción estimuladora. Los alumnos deben realizar juntos una labor que promueva el éxito de los otros miembros del equipo, mediante acciones positivas como compartir los recursos, ayudarse, respaldarse y alentarse.

La actividad propiamente dicha involucró a todos los miembros del grupo, que dieron sus aportaciones al análisis de los problemas y la selección de posibles respuestas. En este paso es importante tener en cuenta que se agrupó a los estudiantes que habían mostrado cierto dominio de los contenidos previos durante las sesiones de clase con otros que aún no lo habían hecho, aprovechando las diferencias individuales del grupo en cuanto a los niveles de conocimiento demostrados, para que estos últimos se sintieran apoyados y guiados por sus mismos compañeros.

4. Prácticas interpersonales y grupales. El objetivo es que el alumno no solo aprenda los contenidos de sus unidades, sino también las prácticas interpersonales y grupales para funcionar como parte de un grupo de trabajo.

Esta forma de trabajo permitió a los estudiantes poner en evidencia competencias tales como escucharse, aceptar sugerencias, confiar en las posibles respuestas que aportaron los miembros de su equipo, tolerarse, administrar el tiempo, autoevaluarse, lograr el consenso y comprometerse con la tarea como parte de una serie de competencias que les serán de utilidad también en su desempeño profesional.

5. Evaluación grupal. Los miembros analizan en qué medida están alcanzando sus metas y manteniendo relaciones de trabajo eficaces y cordiales. Al finalizar la técnica, los miembros de cada equipo cotejan las evaluaciones del resto de sus compañeros a sus propuestas de solución aportadas e identifican aspectos que deben mejorar en las respuestas, y a través de la lista de chequeo para la auto y coevaluación en su forma de trabajar, en caso de haber fallado proponen nuevas estrategias de abordaje de la situación y, llegado el consenso, el relator de cada equipo expone la experiencia de trabajo al profesor y al resto de sus compañeros.

RESULTADOS

En función de las características de la investigación, donde se pretende describir el uso de la estrategia de enseñanza basada en el aprendizaje cooperativo, se tiene que en el indicador de calidad de resolución, la totalidad de los grupos de trabajo identificaron las variables termodinámicas e incógnitas de los problemas (véase anexo 1), lo cual representa una condición mínima para resolver los sistemas mecánicos y aeronáuticos presentados (véase tabla 1).

En cuanto a la identificación de estados y equilibrios termodinámicos y la aplicación de la primera ley de la termodinámica, el 63,64 y el 72,73% respectivamente lograron abordarlos con éxito; no así en el caso de la discusión de resultados, donde solo tres grupos (27,27%) lograron hacerla. De manera similar al primer factor, 10 equipos lograron presentar el algoritmo de cálculo, lo cual representa el 90,91% de los participantes (véase tabla 1). En general, más de la mitad de los equipos lograron abordar exitosamente 4 de los 5 factores que comprenden el indicador de calidad de resolución en los problemas.

Tabla 1.
Indicador calidad en la resolución

<i>Indicador</i>	<i>Porcentajes de grupos</i>	
	<i>% Sí</i>	<i>% No</i>
Identificación de variables termodinámicas conocidas e incógnitas	100,00	0,00
Identificación de estados y equilibrios termodinámicos	63,64	36,36
Aplicación de la primera ley de la termodinámica	72,73	27,27
Presentación de algoritmo de cálculo	90,91	9,09
Discusión de resultados	27,27	72,73
Total de calidad de resolución	70,90	29,09

En el caso del segundo indicador, trabajo grupal evaluado por los mismos integrantes de los grupos, observaron un alto compromiso por el logro de los objetivos e iniciativa durante la puesta en práctica de la estrategia en un 81,82 y 72,73% respectivamente. Los factores actitud de tolerancia, administración del tiempo y respeto por las diferencias obtuvieron un 63,64%, representando el menor porcentaje de desempeño de trabajo grupal según la apreciación de los estudiantes (véase fig. 1).

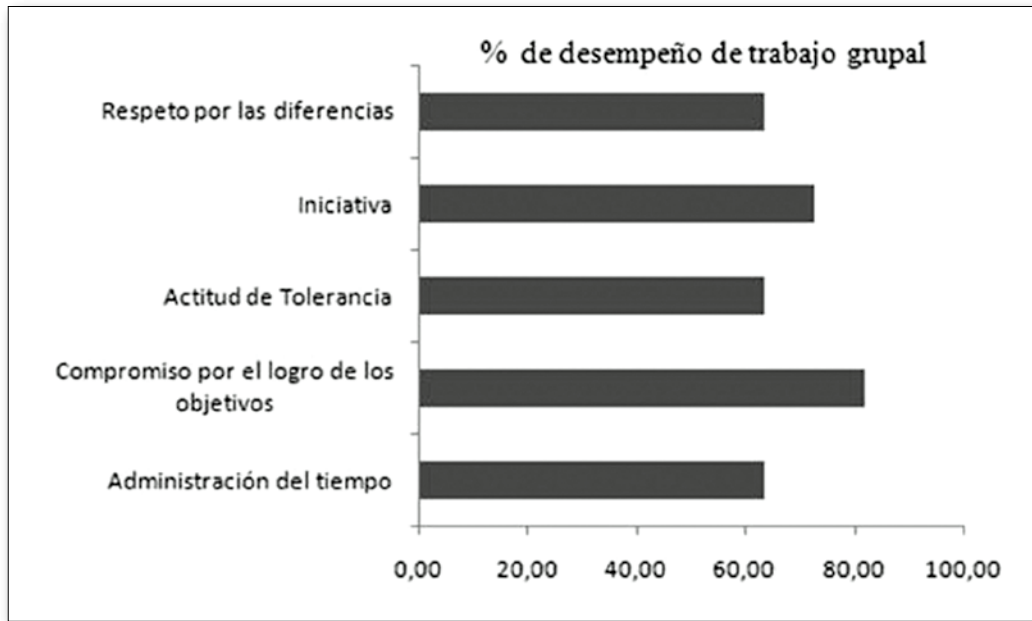


Fig. 1. Indicador trabajo grupal. Durán-García, Martín y Durán-Aponte, Emilse.

El relator de cada grupo de trabajo presentó las conclusiones al final de la experiencia, valorando su participación activa en la presentación de soluciones y reconociendo en algunos casos la necesidad de consolidar los conceptos termodinámicos estudiados. Adicionalmente, a través de sus relatos, se identifica el uso de un lenguaje técnico relacionado con la aplicación de la primera ley de la termodinámica a sistemas mecánicos y aeronáuticos.

Reconocen como aspecto interesante la calidad del material en cuanto a la presentación de ejercicios relacionados con su área de formación, los cuales pueden reducir la arbitrariedad de los materiales de enseñanza de la termodinámica. La solicitud de hacer un análisis basado en fundamentos teóricos sin necesidad de priorizar en el desarrollo matemático de la solución les representó un reto en su formación, puesto que les exigió un razonamiento a mayor profundidad de los resultados presentados (véase anexo 2).

Es importante comparar estos resultados con los obtenidos al trabajar con las pruebas escritas, las cuales constituyen la forma tradicional de evaluar la asignatura. En trimestres anteriores cada estudiante se sometió a una prueba escrita presencial de manera individual, cuyo objetivo era resolver problemas planteados bajo un enfoque lógico-matemático.

Los resultados promedio de estas evaluaciones se reflejan en la tabla 2, teniendo en cuenta los mismos indicadores que se consideran en la variable calidad de resolución. Estos datos revelan solo un 39,99% de logro en la resolución. Los resultados de la estrategia de aprendizaje cooperativo expresados en la tabla 1 muestran que mayor cantidad de alumnos lograron resolver casi en su totalidad los problemas planteados (70,90%), lo que puede ser considerado un aspecto positivo en comparación con la estrategia convencional.

Tabla 2.
Resultados de la prueba escrita

<i>Estrategia convencional</i>	<i>Porcentajes de grupos</i>	
	<i>% Sí</i>	<i>% No</i>
Identificación de variables termodinámicas conocidas e incógnitas	45,45	54,54
Identificación de estados y equilibrios termodinámicos	42,42	57,58
Aplicación de los conceptos de trabajo y calor	45,45	54,55
Presentación de algoritmo de cálculo	51,51	48,49
Discusión de resultados	15,15	84,85
Total de calidad de resolución	39,99	60,01

CONCLUSIONES

Sobre la base de estos resultados y apoyados en los aportes de investigaciones relacionadas, se reconocen algunos aspectos en el momento de desarrollar una estrategia de enseñanza basada en el aprendizaje cooperativo para la asignatura termodinámica y otras asignaturas que, por las características de su contenido, requieran la aplicación de nuevas técnicas, las cuales se mencionarán a continuación:

Fue importante diagnosticar la condición o el nivel en el que se encontraban los estudiantes respecto a lo que se pretendía enseñar, para seleccionar la técnica adecuada a partir de los conocimientos previos de los estudiantes. Esta condición se encuentra sugerida por Terán y Pachano (2009), producto del uso de la estrategia de aprendizaje cooperativo en la enseñanza de las matemáticas.

En cuanto a los factores que definen la calidad de resolución, se observa que los grupos lograron en promedio resolver en más de un 70,90% los problemas de sistemas mecánicos y aeronáuticos planteados. A pesar de que no todos los grupos alcanzaron a presentar la posible discusión de resultados, se considera que la estrategia permitió una práctica alternativa a las convencionales, caracterizadas por abstractos procedimientos sistemáticos y cálculos numéricos. Las respuestas elaboradas por los grupos mostraron dominio de las nociones básicas de la primera ley de la termodinámica y conceptos asociados, y la habilidad para aplicarlos en un contexto relacionado con su área de formación.

En cambio, con la estrategia convencional los alumnos no llegaban a resolver los problemas en más de un 40% y carecían de la aplicabilidad de los conceptos básicos, pues solo se les exigía la resolución lógico-matemática de los problemas, quedando limitada la comprensión de estos fenómenos a conceptualizaciones abstractas sin aplicabilidad real o práctica.

En cuanto a las características específicas de la técnica, cada grupo de tres personas, con roles claramente definidos, generó aportes significativos que contribuyeron a la resolución de los problemas planteados, minimizando el solapamiento de responsabilidades cuando se trabaja en grupos. Adicionalmente, esta experiencia contribuirá también al desarrollo de competencias sociales, toda vez que los estudiantes debían poner en práctica el respeto por las ideas y la tolerancia, características claves en las demandas de formación de la sociedad actual, tal como expresan Durán-Aponte y Durán-García (2012b).

La heterogeneidad del grupo se convirtió en un aliado en el uso de la estrategia de aprendizaje cooperativo en vista de que se aprovecharon las diferencias individuales. Algunas de estas diferencias, como las experiencias previas con la asignatura o el tema, la capacidad de abstracción o comprensión de los temas y la aplicación práctica de los conceptos, permitieron maximizar las fortalezas y lograr una sinergia en el grupo al apoyarse unos en otros. Estas consideraciones coinciden con las aportaciones de Bokreta y Santiago (2004).

Recurrir a una estrategia de enseñanza alternativa a las clases convencionales produce en los estudiantes una expectativa ante la novedad, y puede contribuir al esfuerzo por alcanzar los objetivos planteados durante la ejecución de la técnica.

Es recomendable un entrenamiento previo en cuanto a habilidades sociales, en vista de que se requiere tolerancia, respeto por las diferentes opiniones de los demás, lograr consenso y saber negociar, entre otros aspectos para desarrollar un trabajo satisfactorio en grupo, tal como sugieren Denegri y cols. (2007) y León del Barco (2006).

El uso de la estrategia de aprendizaje cooperativo en la enseñanza de la termodinámica permite aprovechar situaciones que no se generan en una clase tradicional, en la que en algunos casos prevalece el trabajo de forma individual o pasiva frente a la clase magistral del docente. Con el uso de esta estrategia, los estudiantes tienen la oportunidad de aportar ideas, evaluar su dominio de un tema frente al resto de los miembros del grupo y reflexionar sobre su condición ante el tema que se va a aprender, aspectos que son esenciales en la búsqueda de un aprendizaje significativo.

Se recomienda, para futuras investigaciones, evaluar la efectividad de esta estrategia a través de diseños cuasi-experimentales que permitan un mayor control de las variables y la comparación entre un grupo experimental y un grupo control, y así mismo realizar un análisis producto del uso de técnicas estadísticas multifactoriales que a su vez permitan establecer relaciones causales y predictivas entre las variables.

Por último, estas conclusiones son un punto de partida para trabajos posteriores que permitan considerar el desarrollo de competencias profesionales a través del aprendizaje cooperativo y determinar el desempeño en la estrategia en relación con la motivación de los estudiantes y la influencia de los estilos de aprendizaje, como posibles variables que puedan influir en esta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSUBEL, D. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva*. Barcelona: Editorial Paidós Ibérica. 325 pp.
- BARKLEY, E., CROSS, K. y HOWELL, C. (2007). *Técnicas de Aprendizaje Colaborativo*. Madrid: Ediciones Morata. 237 pp.
- BARRAGÁN, J. y BAZÚA, E. (2004). Herramientas para la enseñanza de la termodinámica en ingeniería química. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 19, pp. 83-91.
- BOKRETA, M. y SANTIAGO-AVILÉS, J. (2004). Cristales (Seminario de Primer año): un ejercicio sobre aprendizaje cooperativo y de compañeros. *Journal of Materials Educatil*, 26, pp. 187-190.
- CÁRDENAS, M. y RAGOUT, S. (1996). Explicaciones de procesos termodinámicos a partir del modelo corpuscular: Una propuesta didáctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 14, pp. 343-349.
- COTIGNOLA, M., BORDOGNA, C., PUNTE, G. y CAPPANNINI, O. (2002). Difficulties in Learning Thermodynamic Concepts Are They Linked to the Historical Development of this Field?, *Science & Education*, 11(3), pp. 279-291.
- DENEGRI, M., OPAZO, C. y MARTÍNEZ, G. (2007). Aprendizaje cooperativo y desarrollo del autoconcepto en estudiantes chilenos. *Revista de Pedagogía*, 28, pp. 13-41.

- DURÁN-APONTE, E. y DURÁN-GARCÍA, M. (2012a). Atribuciones causales en la predicción del rendimiento académico de estudiantes de carreras técnicas industriales. Análisis de regresión múltiple. *Memorias de la VII Jornada Institucional de Investigación del IUTTOL*, Venezuela, Mayo
- DURÁN-APONTE, E. y DURÁN-GARCÍA, M. (2012b). Competencias sociales y las prácticas profesionales. Vivencias y demandas para la formación universitaria actual. *Revista Cultura y Educación*, 24 (1), pp. 61-76.
- ELLIOT, D. (2001). Enseñanza de la química general a través de la ciencia de los materiales. *Journal of Materials Education* 23, pp. 93-98.
- FLORES, S., TREJO, A. y TREJO, L. (2003). ¿Cómo Mejorar el Proceso Enseñanza-Aprendizaje Mediante la Evaluación-Regulación? El Caso de la Termodinámica. *Memorias de las Terceras Jornadas Internacionales de la Enseñanza Universitaria de la Química*, Argentina, 1-8 de octubre.
- FURIÓ, C., SOLBES, J. y FURIÓ, C. (2005). ¿Cómo se presentan los conceptos y modelos en la enseñanza de la termoquímica? Visiones distorsionadas de la ciencia en libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra. VII Congreso, pp. 1-6.
- FURIÓ, C., SOLBES, J. y FURIÓ, C. (2007). La historia del primer principio de termodinámica y sus implicaciones didácticas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(3), pp. 461-475.
- GARCÍA, L. (2009). La formación en la educación técnica universitaria. I Congreso Iberoamericano de Enseñanza de la Ingeniería, CIEI-149. Memoria en Congreso, Venezuela, 1-9, noviembre.
- GONZÁLEZ, A. (2003). Calor y trabajo en la enseñanza de la termodinámica. *Revista Cubana de Física* 20, pp. 129-134.
- JOHNSON, D., JOHNSON, R. y HOLUBEC, E. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Buenos Aires: Paidós. 146 pp.
- LE MARÉCHAL, J. y EL BILANI, R. (2008). Teaching and Learning Chemical Thermodynamics in School. *International Journal of Thermodynamics*, 11(2), pp. 91-99.
- LEÓN DEL BARCO, B. (2006). Elementos mediadores en la eficacia del aprendizaje cooperativo: Entrenamiento previo en habilidades sociales y dinámicas de grupo. *Anales de Psicología*, 22, pp. 105-112.
- MARTÍN, R., RINCÓN, G. y BLANCO, B. (2006). Síntesis de procesos: una propuesta holística. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela*, 21, pp. 49-55.
- MENDOZA, M. (2005). Grupos cooperativos de aprendizaje en el trabajo tutorial. *Innovación Educativa*. *Innovación Educativa*, 5, pp. 47-53.
- MITCHELL, B. (2003). Ejercicios de aprendizaje colaborativo en ciencias de los materiales e introducción a la ingeniería. *Journal of Materials Education*, 25, pp. 171-184.
- MULLER, E. (1994). *Termodinámica Básica*. Caracas: Editorial Equinoccio. 230 pp.
- NAVA, M., ARRIETA, X. y FLORES, M. (2009). Referentes teóricos de una instrucción orientada a la construcción de conceptos científicos en física. *Revista de la Facultad de Ingeniería UCV*, 24, pp. 98-111.
- QUÍÑONEZ, C., RAMÍREZ, D., RODRÍGUEZ, Z., RIVERA, F., TOVAR, E., VÁSQUEZ, G. y RAMÍREZ, A. (2006). Desarrollo de herramientas virtuales para la enseñanza de la termodinámica básica. *Revista Colombiana de Física*, 38, pp. 1423-1426.
- ROBLES, M., SÁNCHEZ, L., MARTÍN, A. y SPELTINI, C. (2006). Estilos de razonamiento en el aprendizaje del concepto de equilibrio químico. *Información Tecnológica*, 18, pp. 165-168.
- TERÁN, M. y PACHANO, M. (2009). El trabajo cooperativo en la búsqueda de aprendizajes significativos en clase de matemáticas de la educación básica. *Educere*, 13, pp. 159-167.

Fuentes electrónicas

DURÁN-GARCÍA, M. y DURÁN-APONTE, E. (2011). Skills and cooperative learning. Proposal for the teaching of thermodynamics. *Proceedings of EDULEARN11. Conference. 4-6 July 2011, Barcelona, Spain, 7003-7008*. Disponible en: <<http://library.iated.org/view/DURANGARCIA2011SKI>>.

TRAYER, J. y GARCÍA, R. (2007). Construcción de un cuestionario-escala sobre actitud del profesorado frente a la innovación educativa mediante técnicas de trabajo cooperativo (CAPIC). *Revista Electrónica de Investigación Educativa*. 9 (1). Disponible en: <<http://redie.uabc.mx/vol.9no1/contenido-trayer.html>>. Consulta el 12/04/2010.

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR. Plan de Estudios de las Carreras Tecnológicas (2011). Documento en línea. Disponible en <<http://www.tecnologicos.usb.ve/?q=carreras>>. Consulta el 10/03/2012.

ANEXO 1
EJEMPLO DE PROBLEMAS APLICADOS

Problema asociado a tecnología mecánica

La eficiencia térmica de una planta de generación de potencia se mejora agregando un calentador que sirve para precalentar la corriente de agua que entra a la caldera. El ciclo de potencia que se encuentra en la figura usa un flujo de 30 kg/s de agua a la entrada de la turbina. Una corriente de 7 kg/s se separa en una de las salidas de la turbina para alimentar el intercambiador abierto o precalentador. El 5% de la potencia generada por la turbina en dicho ciclo es usada para accionar un compresor que trabaja en sistema de llenado de bombonas de metano (CH₄). El metano a condiciones 20 °C y 100 kPa es comprimido a una presión de 500 kPa, y después transferido a las bombonas. Determine:

La temperatura de salida del agua en °C del precalentador de agua (T_o).

La energía entregada a la caldera en kW (Q_{sal}).

Cantidad de bombonas de volumen 6m³ que se llenan en un día.

El calor perdido al ambiente por bombona, durante el proceso de llenado en kJ (Q_{bomb}).

Datos adicionales: El metano tiene las siguientes propiedades termodinámicas: C_p^o = 1.736 kJ/kg-K, C_v^o = 1.736 kJ/kg-K, PM = 16 y puede considerarse un gas de comportamiento ideal a estas condiciones.

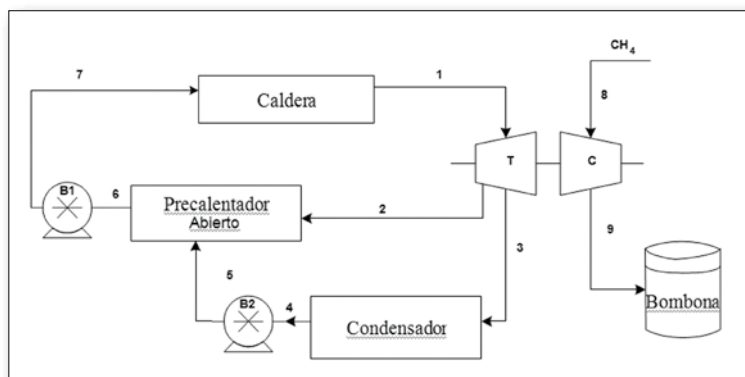


Fig. 2. Esquema de una planta de generación de potencia. Durán-García, M. y Durán-Aponte, E.

Tabla 3.
Propiedades termodinámicas de las corrientes de la planta de generación de potencia

Corriente	T ($^{\circ}\text{C}$)	P (MPa)	x	H (kJ/kg)	M (kg/s)	Estado
1	600	10			30	
2	300				7	
3		0.02	0.95			
4	40					
5						
6		1.5				
7						
8	20	0.1				
9		0.5				

ANEXO 2

EJEMPLO DE RESOLUCIÓN DE UNO DE LOS EQUIPOS AL PROBLEMA ASOCIADO A TECNOLOGÍA MECÁNICA

Tal como se describe en el método cada estudiante asumió el rol correspondiente dentro del equipo. Los resultados que presentaron para el problema asociado a tecnología mecánica presentado en el anexo 1 fueron:

- a. **En cuanto a la energía entregada por la caldera en kW, MW (Q_{sal})** el grupo identificó las variables termodinámicas presión, temperatura, entalpía de las corrientes asociadas a la entrada (corriente 7) y salida de la caldera (corriente 1); a su vez el grupo determinó los estados termodinámicos de las corrientes asociadas (líquido comprimido en la corriente 7 y vapor sobrecalentado en la corriente 7) y aplicó correctamente el balance de primera ley para un ciclo en estado estacionario, realizando las suposiciones energéticas correspondientes, expresando la energía entregada en las unidades correspondientes a potencia calórica, es decir, el trabajo es nulo, y las contribuciones de energía cinética, potencial y variación de energía interna son cero por las dimensiones del equipo, el tipo de sistema en estado estacionario. La discusión de este resultado cumple cabalmente con la aplicación del concepto de energía entregada o absorbida por el sistema, en este caso la caldera en virtud que la potencia calórica es absorbida por el sistema arrojando un resultado positivo en kW, todo se muestra en la tabla:

Tabla 4.
 Respuesta de la parte a) del problema asignado realizada por un equipo
 a través del método propuesto

Cálculo de variable y/o estado termodinámico	Procedimiento de resolución para cálculo de la potencia de la caldera
Entalpía, temperatura, volumen específico de la corriente de entrada	La corriente 7 es la que se encuentra a la salida de la bomba y, por supuesto, a la entrada de la caldera. En esta corriente se considera estado estacionario tal como lo indica el enunciado, que la caída de presión en la corriente y la caldera es cero, por lo tanto la presión de entrada de la caldera es igual a la presión de salida, cuyo valor es de 10 MPa = $P_7 = P_1$. Con la P_7 y el estado de líquido saturado se busca en la tabla termodinámica de agua la h_7 y v_7 los cuales son indispensables para los cálculos posteriores. Cabe destacar que la $T_7 = T_{SAT}(P_7)$ la cual se lee directamente de la tabla termodinámica en líquido saturado. Tomando en cuenta las suposiciones explicadas previamente se tiene que el balance de primera ley queda $Q = m \cdot (h_1 - h_7)$. Por lo tanto en estos primeros cálculos hay que determinar $h_7 = 1409,1 \text{ KJ/Kg}$ sabiendo que por balance de masa para el sistema abierto (caldera que tiene una corriente de entrada y una de salida) en estado estacionario queda $m_1 = m_7 = m = 25 \frac{\text{Kg}}{\text{s}}$, donde el flujo másico es dato del problema. Falta estimar la entalpía de salida de la caldera.
	La entalpía de salida de la caldera se determina a partir de las tablas termodinámicas para 10 MPa = P_1 y la temperatura $T_1 = 600 \text{ °C}$ (dato del problema), estableciéndose que el estado termodinámico de la corriente es vapor sobrecalentado. Por lo tanto se busca en la tabla de VSC del agua a 10 Mpa y 600 °C y se determina el valor de $h_1 = 3634,10 \text{ KJ/Kg}$ y entropía de salida para cálculos posteriores en la turbina de $s_1 = 6,9605 \text{ KJ/(Kg.K)}$
Cálculo de la potencia calórica de la caldera en KW	En esta parte se sustituyen los datos en la ecuación de la primera ley después de realizar todas las suposiciones correspondientes, la cual queda $Q_{cal} = 25 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} \cdot (3634,10 - 1409,10) \cdot \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} = 55625 \text{ KW} = 55,63 \text{ MW}$
Análisis de los resultados	Los resultados obtenidos aportan información valiosa en cuanto al balance energético que se puede hacer. En primer lugar, la caldera como sistema de calentamiento del fluido de trabajo le suministra energía en el orden de magnitud de 55,63 MW a un flujo másico de agua de 25 Kg/s, por lo tanto la potencia es positiva porque la energía se transfiere al sistema. Esta energía que adquiere el agua tiene varias connotaciones: produce el cambio de estado de líquido saturado para la corriente de alimentación (corriente 7) a vapor sobrecalentado en la corriente de salida (corriente 1) pasando previamente por un cambio de fase a elevadas presiones (10 MPa). Por otro lado, parte de esa energía que lleva esa corriente sobrecalentada y presurizada entra a la turbina para generar el trabajo en la turbina correspondiente, que a su vez accionará el compresor que permite el llenado de las bombonas de metano durante un día. Por último, parte de esos 55,63 MW serán transformados en forma de trabajo y la energía restante se disipará al medio ambiente a través del condensador, el cual cede energía al entorno. Por lo tanto, el ciclo termodinámico trabajará a una eficiencia determinada.

THERMODYNAMICS IN TECHNOLOGY STUDENTS: A COOPERATIVE LEARNING EXPERIENCE

Martín Enrique Durán-García

Department of Industrial Technology, Simon Bolívar University Venezuela

martinduran@usb.ve

Emilse Emperatriz Durán-Aponte

Department of General Education and Basic Sciences, Simon Bolívar University Venezuela

emilseaponte@usb.ve

Thermodynamics is one of the areas of knowledge that finds more obstacles and resistance among students due, inter alia, to the educational emphasis to illustrate various mathematical methods whose concepts remain abstract to students. Besides, in the related literature the definition of concepts is superficial and those concepts are explained exclusively under a logical and mathematical approach, leaving aside the applicability of the concept, and in addition to this, misguided preconceptions of basic phenomena difficult the understanding and resolution of problems. The literature review reveals the efforts of several researchers to propose and develop methodologies and strategies to help reduce these limitations and to promote learning in this area. One of these proposals is based on the use of strategies under the concepts of cooperative learning (CL), as a proposal to raise the performance of the participants, either students with special talents or students with learning difficulties. Because of this the aim of this study was to describe the use of the cooperative learning strategy in solving problems based on the First Law of Thermodynamics by students of Mechanical Technology and Aircraft Maintenance in the thermodynamics course. 33 students attended the University of Simon Bolivar. It is known that 20 students attended the course for the first time (60.61%) and 13 were repeaters (39.39%). 26 of which were men and 7 of which were women. The age range was 18 to 27 years, being 20 the average age. The 54.55% study the aircraft maintenance degree and 45.45% study the mechanical technology degree. We describe the strategy in terms of two indicators (quality resolution and group work). The average of students solved more than 70.90% of the mechanical and aeronautical problems formulated and 69.09% found the performance in group work satisfactory. The responses showed mastery of the basics of the subject, related concepts and the ability to apply them in a context related to their training area. At the end of the application of the strategy students expressed that they recognize as an interesting aspect the quality of the material in terms of presentation of exercises related to their area of training, which may reduce the arbitrariness of the teaching materials of thermodynamics. Furthermore, the request to make an analysis based on theoretical foundations without prioritizing on the mathematical development of the solution, meant a challenge for them in their training since it demanded a deeper reasoning of the results presented. It can be concluded that with strategy students actively participated in the presentation of solutions and self-assessed their knowledge of the subject. It is ideal for working with large numbers of students and for minimizing the overlapping of responsibilities when working in groups. Using a teaching strategy alternative to conventional lessons produces in students an expectation to novelty, and may contribute with the effort to achieve the goals set during the execution of the technique. Prior training in social skills is recommendable, given that it requires tolerance, respect for the different opinions of others, building consensus and knowing how to negotiate, among other aspects to develop a satisfactory group work.

Keywords: Teaching, Cooperative Learning, Thermodynamics, Meaningful Learning, First Law of Thermodynamics.

