

## Ven y Vamos a Conocer el Mundo del Calor y del Frío

Martín García Flores\*

García-Colín, S., Leopoldo. *De la máquina de vapor al cero absoluto (Calor y entropía)*. México: (SEP; FCE; CONACYT), 2000. (La Ciencia para todos; 5).

### INTRODUCCIÓN

A través del devenir de la historia, el hombre ha buscado, en la investigación científica, el conocimiento que le permita transformar una forma de energía en otra que pueda serle útil. La aplicación de este conocimiento ha dado origen al término tecnología, la cual es concebida como el proceso de aplicación del conocimiento científico. Derivado de este proceso de búsqueda, se han obtenido las leyes y reglas que gobiernan la forma en que suceden los procesos de transformación energética y, en especial, las de la termodinámica. Hasta el año de 1840, la teoría en el campo del calor no existía y sólo se conocían las bases empíricas. Como el calor es una forma de energía que existe en forma natural, el hombre la ha utilizado como fuente para la producción de trabajo mecánico.

A diferencia del proceso ciencia-tecnología, que identifica al proceso de investigación científica, en el caso del calor, la dirección fue al contrario, tecnología-ciencia, lo que equivale a decir que el conocimiento del calor, como forma de energía, se generó en forma totalmente empírica en sus inicios.

### DESARROLLO

Este trabajo es un intento por despertar tu interés y, al mismo tiempo, una aproximación a motivarte para que aprendas un poco más sobre la tecnología del calor y del frío. Como resultado de tu conocimiento profundo de la teoría sobre el calor, podrás interpretar las leyes que explican los procesos termodinámicos. Es imprescindible que, domines los conceptos que sobre el aprovechamiento de la energía por las máquinas térmicas, se ha generado a través del tiempo. Las máquinas térmicas permiten realizar un trabajo partiendo de la alimentación de calor a temperatura constante al proceso. Teniendo en mente el libro titulado: “De la máquina de vapor al cero absoluto”, del Doctor Leopoldo García-Colín S. de la colección “La ciencia para todos”, se inicia nuestro viaje al conocimiento de los porqués, en su fase histórica de desarrollo, fue difícil conceptualizar los principios que ahora sirven de fundamento y soportan las leyes de la termodinámica. Expresar, en forma matemática, los principios generales del proceso del aprovechamiento y uso eficiente del calor, no fue impedimento para que investigadores, con un alto conocimiento empírico del campo tecnológico del calor, se dedicaran al diseño de máquinas que nos permiten hoy en día, con sus respectivas mejoras y adaptaciones, utilizar mejores y más eficientes máquinas térmicas, sobre todo en el campo de la refrigeración, calefacción y en la generación de energía eléctrica, así como de trabajo mecánico. Pero, es necesario que entiendas también la dificultad para los mismos investigadores, precisar la naturaleza del calor y sus mecanismos para la transmisión del mismo en el medio circundante. La dificultad de alguna forma, en todos estos conceptos ya existía en la mente de los investigadores, aunque fuese de una manera intuitiva, desde el siglo XVIII. Entonces, cabe hacer una observación directa sobre la importancia que, para ti, como ingeniero, significa dominar los principios del uso del calor y del frío. Aún más, en la actualidad nos sería casi imposible imaginar la vida moderna sin las máquinas que nos facilitan procesos como la conservación de los alimentos. Es importante no perder de vista que un mejor aprendizaje de la física del calor, implica conocer, a profundidad, conceptos tales como sistema, restricción, proceso, reversibilidad, entropía, diagrama de fases, gas ideal, calor, temperatura, entre otros.

Los temas más importantes que aborda el Doctor García-Colín están contenidos en ocho capítulos acerca del calor, destacando el principio de la conservación de la energía, el establecimiento del principio de entropía y

\* Unidad de Estudios Superiores de Salvatierra. Universidad de Guanajuato.

la ley cero de la termodinámica. Los capítulos están enriquecidos con dibujos explicativos de los experimentos y de los procesos que, en forma sencilla, explican las leyes científicas del campo de la energía calorífica. Quiero que conozcas que Sadi Carnot, es el más importante estudioso de la teoría aplicada del calor ya que en 1824, publicó su libro de título: “Reflexiones sobre la potencia motriz del calor y sobre las máquinas apropiadas para desarrollar esta potencia”. Carnot estableció que una máquina de vapor requiere una diferencia de temperaturas para poder trabajar y que una máquina térmica eficiente debe diseñarse de tal manera que no existan flujos de calor desaprovechables durante su operación. Estableció la posibilidad de definir el equivalente mecánico del calor sin lograrlo y su trabajo es posible definirlo así: “es imposible construir una máquina de movimiento perpetuo”, lo que dio origen a la definición de la Segunda Ley de la termodinámica. En 1843, James Joule, otro de los grandes físicos del siglo XVII, estableció la equivalencia mecánica del calor como el trabajo necesario para elevar 1.8 °C de temperatura la cantidad de 454 gr. de agua y obtuvo un valor de 1,046 Joules. Anteriormente el Conde Rumford había definido dicho valor en 1,356 Joules. Así mismo, se definió el valor de la caloría como unidad y su equivalencia es de 4.187Joules/caloría.

Siendo el calor y el trabajo dos formas equivalentes de energía, de la sumatoria de las dos formas, en un balance de energía de un sistema, da como resultado la energía interna del sistema. Utilizando el modelo de una cuenta de banco, la energía interna sería el estado del dinero en la cuenta y el trabajo y el calor serían el dinero en efectivo y el dinero en documentos o chequera, respectivamente. De tal forma que, la suma de las dos nos da el saldo total disponible. En 1824, Sadi Carnot se cuestionó sin lograr una respuesta, sobre la cantidad de calor aprovechable que es cedido a una máquina térmica, iniciándose la etapa en la que se buscó la definición del concepto de entropía. El concepto de la entropía surgió como una propiedad para definir el estado de un sistema y cuyo valor depende sólo de los estados inicial y final. El axioma de Clausius resume la imposibilidad de construir una máquina que opere en forma cíclica, extraiga calor de un cuerpo y que sea convertido totalmente en trabajo. En pocas palabras en todo proceso en el que se involucre transformación de energía, no podemos salir a mano ni ganar.

La palabra entropía se deriva del idioma griego que significa: cambio o transformación. En el campo teórico de la Termodinámica se manejan tres conceptos sobre la “conceptualización” de entropía:

- a) Es una medida de la “disponibilidad” de convertir calor en trabajo.
- b) Es una medida del desorden.
- c) Es una medida de la dirección de los procesos naturales.

Para comprender lo que es la entropía, se acude al concepto de estado de equilibrio y al de reversibilidad de procesos. Asimismo, el proceso reversible debe efectuarse de manera lenta para que las variables de estado se mantengan invariantes.

Me parece muy apropiado el ejemplo del autor al comparar el orden que existe en un sistema con el concepto de grados de restricción, el cual establece que la entropía es una medida de desorganización. De tal forma que, si en un archivero ordenado alfabéticamente, se colocan los documentos en el correcto lugar, separados por una cartulina identificada con una de las letras, va a existir orden. Cuando empezamos a quitar las cartulinas de su lugar, al cabo de cierto tiempo se crea un desorden en el archivero y esto es lo que sucede con la entropía de un sistema. Un análisis con mayor rigor científico se realiza sobre la base del concepto de capacidad calorífica de las sustancias, en condiciones de presión y temperatura constantes, dicho análisis se complementa con el apoyo de los gráficos de los estados de los sistemas reales. Una manera de entender las cantidades de entropía es conocer que un gas tiene mayor entropía que un líquido y que dicho líquido, a su vez, tiene una entropía mayor que un sólido. De aquí se desprende la idea de que entropía es una medida del “desorden molecular”. De la misma manera en que se ha analizado al calor, se hace con el frío. Para lograrlo, es necesario utilizar relaciones lineales entre la temperatura y la entropía. En 1883, se logró licuar al oxígeno, y desde entonces, la búsqueda del cero absoluto se ha intensificado. Si partes del concepto de desorden molecular, de alguna manera la temperatura del cero absoluto significa un valor de entropía igual a cero. En este sentido, al reducir temperatura en un cuerpo, se solidifica y su entropía va disminuyendo. Como la entropía no puede ser medible directamente, se acude al concepto de capacidad calorífica de los cuerpos nuevamente. La investigación de los niveles de frío extremo es importante porque se logran materiales superconductores cuya resistencia al flujo de la corriente eléctrica es cero. Además, la viscosidad de los cuerpos, en dichos estados, alcanza también un valor cercano a cero.

Después de los esfuerzos que se han hecho por alcanzar el cero absoluto y, de acuerdo con el principio de Nernst-Simon: “no es posible alcanzar el cero absoluto en un sistema en un número finito de operaciones”.

## CONCLUSIONES

La evolución en el desarrollo de la investigación por conocer las teorías que explican los resultados en el campo empírico de los procesos calor-frío; es una muestra de la capacidad del intelecto humano por lograr explicaciones a dichos fenómenos y, sobre manera, a mejorar sus aplicaciones. Por las particularidades en que se desarrolló, de la tecnología a la ciencia, es por lo que los conceptos termodinámicos han permanecido inalterables a través de los años. De la certeza de sus leyes y por las grandes vertientes que se nos presentan, aún por explicar, sobre todo en el campo del frío, es por lo que el campo de la termodinámica está lleno de oportunidades para el teórico que todos llevamos dentro. Para el ingeniero, el reto es lograr eficientar los procesos de transformación de energía calorífica en trabajo; esto es tan importante para nosotros los ingenieros agroindustriales que, al lograrlo, llevaremos al campo productivo el resultado de nuevos procesos y nuevas máquinas que funcionen con energía calorífica.

En forma personal, te recomiendo la lectura del libro del Doctor García-Colín porque te resultará ameno, por estar escrito con un lenguaje sencillo que es fácil de entender y por los modelos que utiliza para ex-

plicar los fenómenos analizados, haciéndolos, para ti y para mí, apropiadamente entendibles. Por lo anterior y, como complemento a las lecturas académicas recomendadas, el libro del Doctor García-Colín sirve como una introducción a los cursos de Ingeniería térmica y de Operaciones unitarias. De esta manera tu criterio se ampliará y lograrás una comprensión, con mayor profundidad y énfasis, del conocimiento de los procesos que se estudian además de consolidar el conocimiento de los conceptos básicos de la termodinámica. Esperando que la teoría te resulte fácil de entender, te recomiendo repases tus herramientas matemáticas, en especial las relativas al cálculo diferencial e integral para que puedas desarrollar las deducciones que se proponen en el libro y obtengas la satisfacción de concretar la teoría en forma de ecuaciones, para que tu aprendizaje resulte de mayor significado en tu preparación profesional.

## REFERENCIAS

- García-Colín, S., Leopoldo. *De la máquina de vapor al cero absoluto (calor y entropía)*, 3ª. ed., México: (SEP; FCE; CONACYT), 2000. (La Ciencia para todos; 5).
- Halliday/Resnick/Krane. *Física*, 4ª. ed., México, CECSA, 1999.
- Serway, A. Raymond. *Física*, 4ª. ed., México, CECSA, 1997.