

# Construcción y calibración de un termómetro de alcohol para fines educativos



**Eduardo Martínez<sup>1,2</sup>, José Cáceres<sup>1,2</sup>, Andrea Lozada<sup>2</sup> y Dayana Hidalgo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Centro de Investigaciones Agrícolas, Biológicas, Educativas y Sociales, Núcleo Universitario "Rafael Rangel", Universidad de Los Andes, Trujillo, Venezuela.*

<sup>2</sup>*Departamento de Física y Matemática, Núcleo Universitario "Rafael Rangel", Universidad de Los Andes, Trujillo, Venezuela.*

**E-mail:** emartin@ula.ve y caceres@ula.ve

(Recibido el 13 de Junio de 2013, aceptado el 25 de Septiembre de 2013)

## Resumen

En este trabajo se realizó un estudio sobre el diseño y calibración de un termómetro de alcohol para fines educativos, construido por medio de materiales sencillos y fáciles de obtener por los estudiantes. Su importancia es que permite comprender el Principio de Dilatación de un Líquido ante los cambios de temperatura, explicar la Ley Cero de la Termodinámica por medio del equilibrio térmico, así como también dos procesos de transmisión de calor los cuales son la conducción y la convección. Este resultado se obtuvo por medio de un gráfico adecuado de la temperatura en función de altura, la ecuación lineal de calibración del termómetro diseñado:  $T(^{\circ}\text{C})=0,21(^{\circ}\text{C}/\text{cm})h+29,9^{\circ}\text{C}$ , donde  $h$  es la altura. Ante el problema didáctico de ¿cómo un docente puede contribuir en el proceso de enseñanza de los estudiantes de la materia Termodinámica?, se desarrolló una metodología de enseñanza utilizando mapas conceptuales y V de Gowin en el marco del aprendizaje Significativo-Constructivista.

**Palabras clave:** Termómetro, Ley cero de la termodinámica, Aprendizaje Significativo-Constructivista.

## Abstract

In this paper was performed a study concerning desing and calibration an alcohol thermometer for educational purposes, built by through simple materials and easy to get by the students. Its importance is to allow understand the Expansion Principle of a Liquid by changes the temperature, to explain the Zeroth Law of Thermodynamic by through thermal equilibrium, as well as also two heat transfer processes which are conduction and convention. This result was obtained by through a graphic suitable the temperature as a function of height, the calibration linear equation of the designed thermometer:  $T(^{\circ}\text{C})=0,21(^{\circ}\text{C}/\text{cm})h+29,9^{\circ}\text{C}$ , where  $h$  is the height. To the problem of didactic How can a docent contribute in the teaching process by students of the Thermodynamic subject ninety-five?, developed a teaching methodology using concept maps and Gowin' V under the Significant-Constructivist learning.

**Keywords:** Thermometer, Zeroth Law of Thermodynamic, Significant-Constructivist learning.

**PACS:** 01.40.Fk, 01.40.gb, 07.20.Dt.

**ISSN 1870-9095**

## I. INTRODUCCIÓN

En la presente investigación se propone la construcción y calibración de un equipo que pueda medir temperaturas. En el caso particular un Termómetro de Alcohol, el cual puede ser elaborado con materiales sencillos y de fácil accesibilidad por parte de los estudiantes de la materia de Termodinámica de la carrera de la licenciatura de educación en Física y Matemática del NURR-ULA. La idea surge de la necesidad de motivar e incentivar el proceso de aprendizaje de los alumnos al construir ellos mismos el termómetro alejándose de conocimiento reproductivos y consiguiendo un aprendizaje significativo. Para la innovación de las prácticas educativas. Los recursos a usar

serán el mapa conceptual y la V de Gowin permitiendo así el aprendizaje significativo-constructivista de los estudiantes. Se parte de que el conocimiento no es solamente descubierto sino construido por cada persona, de acuerdo a Guerrero [1].

Con la ejecución de dicha investigación los estudiantes conocerán cómo se puede calibrar, diseñar, desarrollar sus principios y leyes básicas de funcionamiento, además de comprobar la relación lineal de la temperatura con una propiedad física termométrica, pero no observando solamente el funcionamiento de un termómetro ya construido, sino construyéndolo.

En el uso cotidiano, como por ejemplo en el caso industrial el diseño y construcción de termómetro es importantes para solucionar problemas técnicos y de costo,

los autores Hoyos y Hurtado [2], debido a los altos costos de los termómetros disponibles, para altas temperaturas o para uso industrial, propusieron un nuevo modelo de un termómetro de fluido para altas temperaturas para ser usado en la pequeña y mediana industria.

Los *objetivos* a desarrollar en este trabajo son: Proponer en el marco del Aprendizaje Significativo-Constructivista, la construcción del conocimiento, mapas conceptuales y la V de Gowin para que los estudiantes comprendan ¿Por qué y cómo funciona un termómetro?; entender el proceso de dilatación de un líquido ante los cambios de temperatura, así como los procesos de transmisión de calor involucrado y aplicar la Ley Cero de la Termodinámica.

## II. TEORÍA

Un *termómetro*, es un instrumento que permite medir la temperatura de otros sistemas, cuando está en *equilibrio térmico*, y esto se da cuando dos cuerpos a distintas temperaturas se ponen en contacto, igualando sus temperaturas, esto se basa en el efecto que un cambio de temperatura produce en algunas propiedades físicas observables y medibles. Dos sistemas a diferentes temperaturas puestos en contacto térmico tienden a igualar sus temperaturas. Entre las propiedades físicas en las que se basan los termómetros destaca la dilatación de los gases, la presión, la dilatación de una columna de mercurio, la resistencia eléctrica de algún metal, la variación de la fuerza electromotriz de contacto entre dos metales, la deformación de una lámina metálica, entre otras. Para construir y diseñar un termómetro se define una escala de temperaturas por medio de la siguiente expresión,

$$T(x) = ax + b. \quad (1)$$

Donde  $x$  es una propiedad física termométrica,  $a$  es la pendiente y  $b$  el punto de corte.

Son muchos los tipos de termómetros, podemos mencionar los siguientes:

*Termómetro de líquido*, suelen ser de vidrio sellado. La temperatura se obtiene de observar una escala sobre el termómetro este al interactuar con un cuerpo y llegar al equilibrio térmico sucederá el proceso de dilatación del líquido y de esta manera medir la temperatura a través de la escala. La escala más usada para la medición de temperatura suele ser la Celsius (grados centígrados °C), también se puede visualizar en grados Fahrenheit (°F).

El *Termómetro de Gas a Volumen constante*, en este termómetro la propiedad física termométrica es la presión, ya que esta varía linealmente con la temperatura. Siendo muy utilizado para la calibración de otros termómetros, por la exactitud en sus medidas [3].

Y *Termómetro de Resistencia*, la existencia de materiales en el cual su resistencia cambia linealmente con la temperatura, es aprovechada para la construcción de termómetros. Este termómetro difiere de los anteriores en que su mecanismo tiene que ser necesariamente eléctrico.

Para su funcionamiento se utilizan las relaciones, indirectas, entre las propiedades físicas y eléctricas, es decir, la Temperatura y la ley de Ohm, para ciertos metales [3].

En esta investigación consideramos la *Expansión Térmica de Líquidos y Sólidos*, aprovechando que el volumen del alcohol varía linealmente con la temperatura. Siendo la variación de volumen de la sustancia proporcional a la variación de temperaturas para el caso de temperaturas menores a los 100 °C [4].

La expansión térmica está presente en la mayoría de las sustancias solo que difiere de la velocidad de expansión, como por ejemplo el mercurio líquido y el alcohol, donde la expansión de este último ocurre más lenta que la del mercurio líquido. También es necesario considerar *La Ley Cero de la Termodinámica*, que dice: si un cuerpo A está en equilibrio térmico con un cuerpo B y un cuerpo C también está en equilibrio térmico con el cuerpo B, entonces los cuerpos A y C están en equilibrio térmico [5].

Además, se debe mencionar que en la medición de temperatura se suceden los dos tipos de transferencia de calor: *convección*, proceso de movilidad de partículas en los gases y líquidos debido a cambios en la temperatura y *Conducción*, proceso que se da cuando la temperatura del sólido no es uniforme.

La técnica utilizada para el aprendizaje en la elaboración de un termómetro de alcohol son los Mapas Conceptuales, Guerrero [1] los define como:

“... una presentación visual que contiene un resumen esquemático de la estructura cognoscitiva del individuo sobre un aspecto determinado. Dicha estructura consiste en un conjunto de conceptos relacionados y ordenados de una manera jerárquica”.

De acuerdo a esto, el mapa conceptual permite la secuencia lógica de los conceptos, en nuestro caso particular, conceptos Físicos relacionados con Termodinámica. Teniendo como idea principal la adquisición y construcción de conocimientos en la Física, fortaleciendo el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Otro recurso utilizado es la *V de Gowin*, con la finalidad de que los estudiantes aprendan a aprender. Consiste en un diagrama en forma de V, en el que se representa de manera visual la estructura del conocimiento. Aprendemos sobre ellos construyendo preguntas en base a conceptos y teorías (organizados previamente) que explican el comportamiento de fenómenos [1].

## III. MATERIALES Y MÉTODOS

Para construir el termómetro diseñado se utilizaron materiales sencillos y económicos, como una botella de refresco de vidrio, una papeleta de colorante vegetal, plastilina, alcohol absoluto, pitillo de plástico y corcho (Figura 1). Entre los equipo usados para mediciones tenemos un termómetro con una apreciación de 0,2 °C, una regla y una cinta métrica con una apreciación de 0,1 cm, vernier con una apreciación 0,005 cm, cronómetro digital con una apreciación de 0,01s.



FIGURA 1. Materiales y equipo utilizado.

En la construcción del termómetro se utilizó aproximadamente una cuarta parte del volumen del envase en alcohol absoluto con una pequeña cantidad de colorante vegetal para poder distinguir los niveles de dilatación del termómetro, un corcho de forma cilíndrica con un pequeño agujero en el centro donde colocamos el cilindro hueco de plástico (pitillo) para mantenerlo fijo y por último se sella con una plastilina.

El diámetro interno del pitillo se mide con un vernier, realizando 5 medidas y obteniendo su promedio.

$$D = (0,440 \pm 0,005) \text{cm.} \quad (2)$$

Luego se instaló el equipo para calibrar el termómetro de acuerdo con la Figura 2, para lo cual se utilizó un soporte universal, una regla graduada, un termómetro patrón y una cubeta con agua, a la cual se le añadió previamente agua caliente y cuando el termómetro diseñado alcanza su máximo de dilatación, se dejó enfriar el sistema y se comenzó a realizar las medidas de temperatura con el termómetro patrón y la altura del cilindro hueco de plástico (pitillo) debido a que el termómetro diseñado reaccionaba más lento al proceso de transferencia de calor, se utilizó intervalos de aproximadamente dos minutos (Tabla I), en donde se calculó el volumen utilizando la siguiente ecuación,

$$V = \frac{\pi D^2 h}{4}. \quad (3)$$

Donde  $D$  es el diámetro y  $h$  la altura del cilindro.

Y la expresión para el error absoluto del volumen

$$\Delta V = \frac{\pi D h}{2} \Delta D + \frac{\pi D^2}{4} \Delta h. \quad (4)$$



FIGURA 2. Montaje experimental.

#### IV. RESULTADOS

Se desarrolló el Mapa Conceptual para la representación gráfica del conocimiento necesario en la construcción del termómetro de alcohol, esto permite impulsar al estudiante a involucrarse con los conceptos de termodinámica y a que “aprendan a aprender” de acuerdo con [6], también se elabora la V de Gowin recurso que se utilizó en la creación del termómetro. Además, se obtienen los gráficos de la temperatura en función de la altura del nivel de alcohol (Figura 3) y la Temperatura en función del volumen del alcohol contenido en el pitillo (Figura 4), en ambas figuras se muestra la naturaleza lineal de ambas relaciones. Para esto se utilizan los datos de la Tabla I, estos gráficos fueron obtenidos utilizando el Software libre *qtplot* [4], que permite la visualización y análisis de datos científicos, determinando las siguientes ecuaciones de calibración:

$$T(^{\circ}C) = 0,21 \left( \frac{^{\circ}C}{\text{cm}} \right) h + 29,9^{\circ}C. \quad (5)$$

Donde, la pendiente  $a = (0,210 \pm 0,009) ^{\circ}C / \text{cm}$  con un error porcentual de 0,004 % y el punto de corte  $b = (29,9 \pm 0,1) ^{\circ}C$ , con error porcentual a es de un 0,3%.

$$T(^{\circ}C) = 1,38 \left( \frac{^{\circ}C}{\text{cm}^3} \right) V + 29,9^{\circ}C. \quad (6)$$

Donde, la pendiente  $a = (1,38 \pm 0,06) ^{\circ}C / \text{cm}^3$  con un error porcentual de 0,04% y el punto de corte  $b = (29,9 \pm 0,1) ^{\circ}C$  con un error porcentual del 0,3 %.

Los errores absolutos y porcentuales de la pendiente y el punto de corte tienen una precisión aceptable de acuerdo con los instrumentos utilizados.

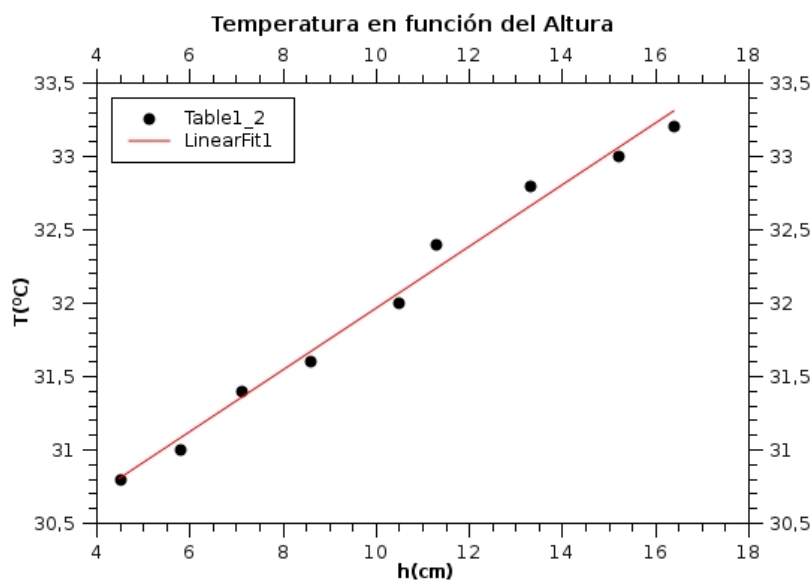


FIGURA 3. Temperatura (T) vs altura del nivel de alcohol (h), la línea representa el ajuste de la Ec. (1).

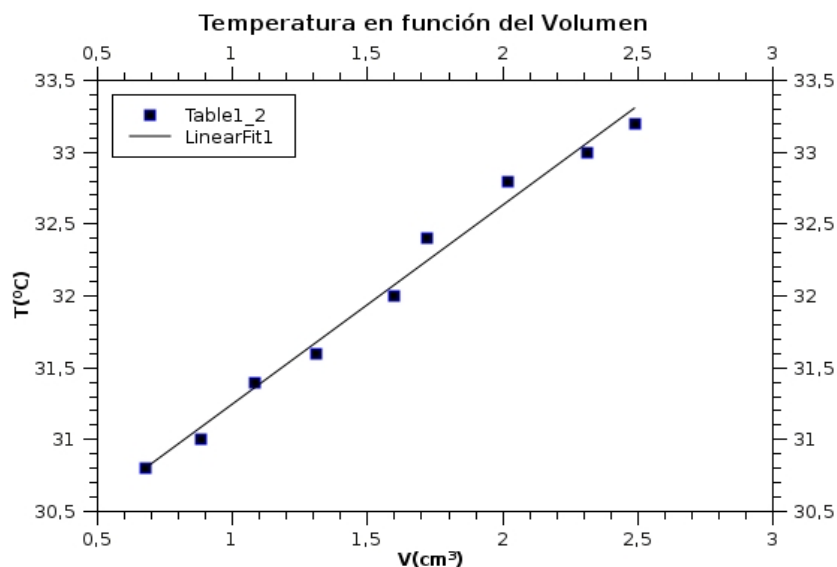


FIGURA 4. Temperatura (T) vs volumen del alcohol contenido en el pitillo (V), la línea representa el ajuste de la Ec. (1).

TABLA I. Medidas de la temperatura (T), altura (h) y el volumen (V) con sus respectivos errores absolutos.

$(T \pm 0,2) \text{ } ^\circ\text{C}$	$(h \pm 0,1) \text{ cm}$	$V(\text{cm}^3)$	$\Delta V (\text{cm}^3) \square$
33,2	16,4	2,49	0,02
33,0	15,4	2,31	0,07
32,8	13,3	2,02	0,02
32,4	11,3	1,72	0,02
32,0	10,5	1,60	0,05
31,6	8,6	1,31	0,04
31,4	7,1	1,08	0,04
31,0	5,8	0,88	0,04
30,8	4,5	0,68	0,03

## V. CONCLUSIONES

Se consiguió que las expresiones matemáticas (5) y (6) entre temperatura en función de altura y temperatura en función del volumen son lineales como es predicho por la termodinámica.

Observamos que el termómetro diseñado con alcohol absoluto se dilata mucho más lento que el termómetro patrón de mercurio, esto se atribuye a que la transferencia de calor a través de los procesos de conducción y convección, son distintas debido a las dimensiones de los termómetros en donde las del diseñado son mucho mayor a las del termómetro patrón. Además que estas sustancias difieren en el coeficiente de dilatación donde la del mercurio es aproximadamente el doble de la del alcohol [3].

REFERENCIAS

Se cumplió con el objetivo que los estudiantes lograsen recrear por medio del experimento el funcionamiento del Termómetro, lo que les facilitó elaborar un mapa conceptual (Figura 5) y una V de Gowin (Figura 6); logrando centrar su atención en la comprensión y organización de las Leyes de la Termodinámica.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Centro de Investigaciones Agrícolas, Biológicas, Educativas y Sociales del Núcleo Universitario “Rafael Rangel” de la Universidad de Los Andes, por el apoyo otorgado para la realización de este trabajo.

[1] Guerrero, L., *Estrategias para un aprendizaje significativo-constructivista*, Enseñanza **15**, 29-50 (1997).  
 [2] Hoyos, M., Hurtado, A., *Nuevo modelo para un termómetro de alta temperatura*, Scientia Et Technica **X**, Núm. 26, 97-102 (2004), Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.  
 [3] Raymond, S. y Robert, J., *Física Vol. 1*. (McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V., México, 2002).  
 [4] Ion Vasilief, Qtiplot, versión 0.9.8. (2004-2010). <http://soft.proindependent.com/qtiplot.html>, Consultado el 06 de Agosto de 2012.  
 [5] Figueroa, D., *Fluidos y Termodinámica*, (Colson Editorial S. A., Caracas, 2001).  
 [6] Cadenas, I., *Mapa Conceptuales y La Estructuración del Saber. Una Experiencia en el Área de Educación para el Trabajo*, Educere **17**, 9-27 (2002).

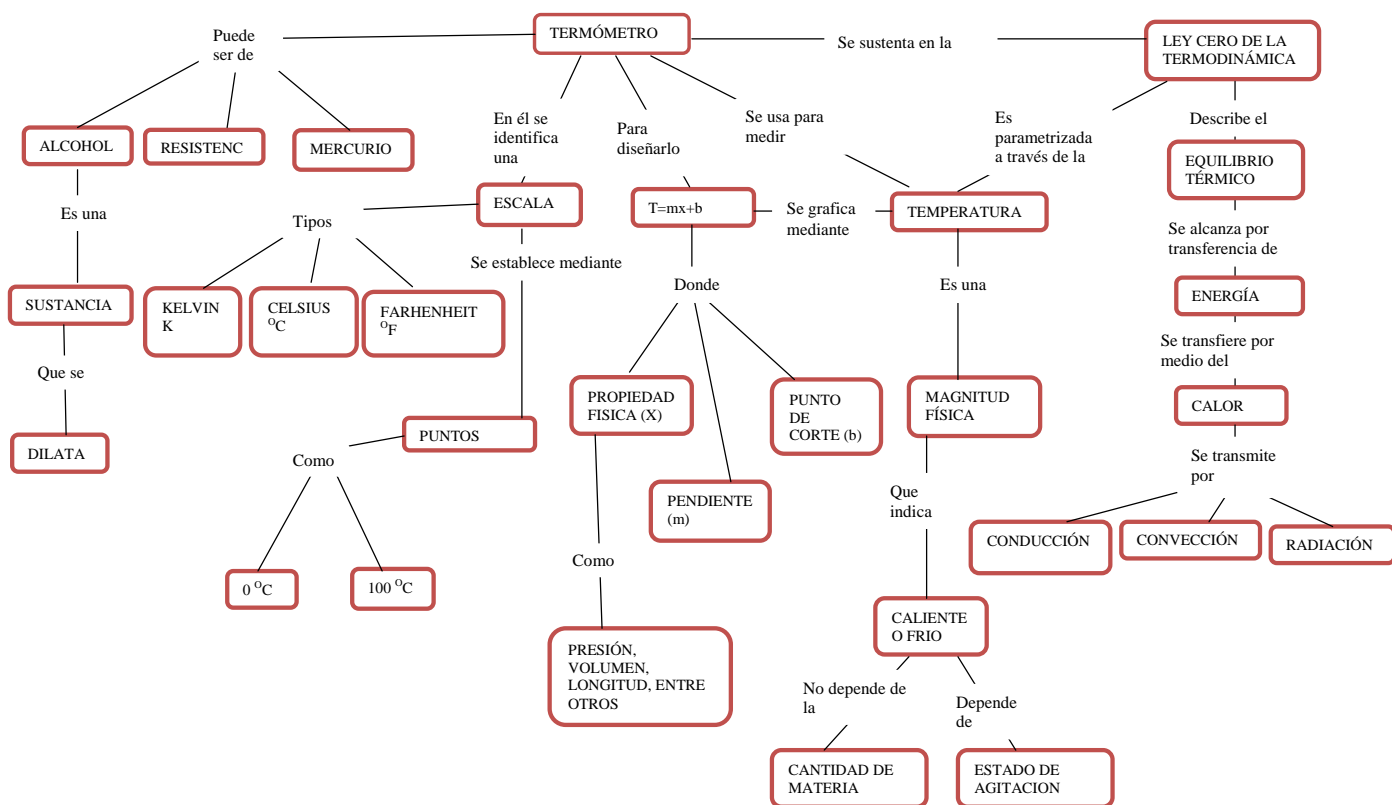


FIGURA 5. Mapa conceptual del Termómetro.

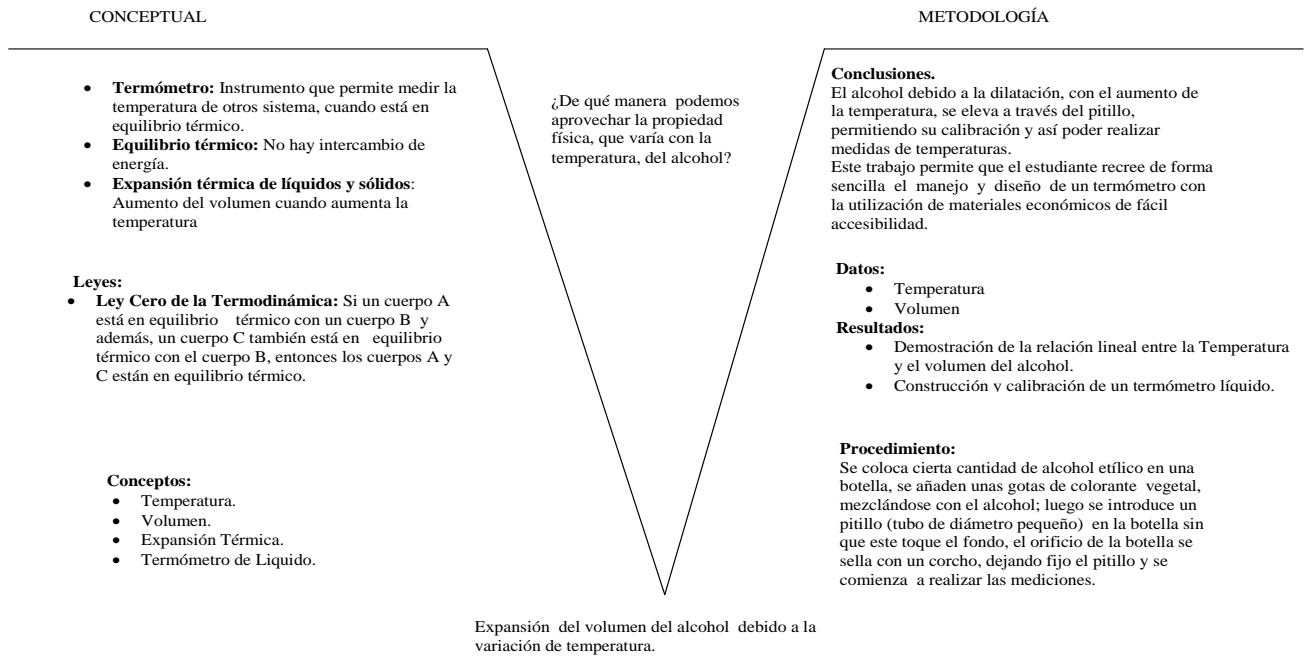


FIGURA 6. V Gowin de la pregunta ¿De qué manera podemos aprovechar la propiedad física, que varía con la temperatura, del alcohol?