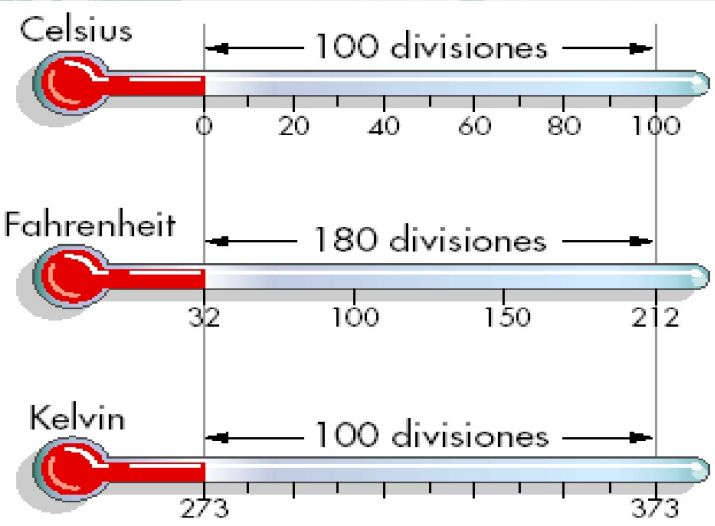

4. Termometría: Calibración Termómetros.

4.1 Objetivos

4.1.1 General

Estudiar características de instrumentos utilizados en la medida de la temperatura.

4.1.2 Específicos

- Determinar el principio de funcionamiento del termómetro; termómetro de mercurio y termómetro incorporado en un circuito integrado (*LM*35).
- Determinar la curva de calibración para un termómetro de circuito integrado (*LM*35).

4.2 Referentes Conceptuales y Marco Teórico

La cantidad que indica lo caliente o frío que está un objeto con respecto a una norma se llama temperatura. El primer medidor térmico para medir la temperatura, el termómetro, fue inventado por Galileo en el año 1602. El uso del popular termómetro de mercurio en vidrio se difundió 70 años después. La temperatura de la materia se expresa con un número que corresponde a lo caliente o frío que está algo, según determinada escala.

Casi todos los materiales se dilatan, o expanden, cuando se elevan sus temperaturas, y se contraen cuando éstas bajan. Así, la mayoría de los termómetros miden la temperatura debido a la expansión o contracción de un líquido.

En la escala internacional, la que se usa más comúnmente en la actualidad, se asigna el número 0 a la temperatura de congelación del agua, y el número 100 a su temperatura de ebullición (con una presión atmosférica a nivel del mar). El espacio entre las dos marcas se divide en 100 partes iguales llamadas grados; en consecuencia, un termómetro calibrado como acabamos de describir se llama termómetro centígrado (de centi, "centésimo"; y gradus, "medida"). Sin embargo, ahora se llama termómetro Celsius, en honor al científico que sugirió dicha escala, el astrónomo sueco Anders Celsius.

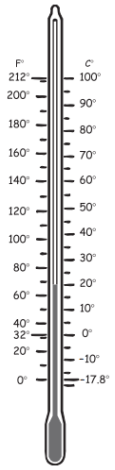

Figura 4.1: Escalas de Temperatura.

En Estados Unidos hay otra escala muy popular. En ella, se asigna el número 32 a la temperatura de congelación del agua, y el número 212 a su temperatura de ebullición. Esa escala la tiene un termómetro Fahrenheit, en honor de su ilustre creador, el físico alemán Gabriel Daniel Fahrenheit, en la figura 4.1 puede observarse la comparación de las dos escalas. Muy posiblemente, la escala Fahrenheit quedará obsoleta cuando Estados Unidos termine de adoptar el sistema métrico. Sin embargo, la ciencia reconoce una escala más, la escala Kelvin, en honor del físico inglés Lord William T. Kelvin. Esta escala no se calibra en función de puntos de congelación ni de ebullición del agua, sino en términos de la energía misma. El número 0 se asigna a la mínima temperatura posible, el cero absoluto, en la cual una sustancia no tiene ninguna energía cinética que ceder. El cero absoluto corresponde a 273 *C* en la escala Celsius. Las unidades de la escala Kelvin tienen el mismo tamaño que los grados de la escala Celsius, y así la temperatura del hielo que se funde es 273 Kelvin. En la escala Kelvin no hay números negativos.

La medida de la temperatura (al igual que todas las medidas) es basada en la variación de alguna otra propiedad. Los primeros termómetros fueron diseñados aprovechando la propiedad de expansión de un líquido o un gas. En tiempos mas recientes se han usado la resistencia de un conductor, la tensión eléctrica generada por un par termoeléctrico (termocupla), etc.

En la práctica existen numerosos tipos de sensores de temperatura o termómetros que, según la aplicación especifica, pueden ser los más adecuados. Algunos tipos de termómetros y sensores de temperatura y sus características se pueden observar en la tabla 4.2.

Termómetro	Rango	Costo	Linealidad	Características
Termómetro de mercurio	-10 a 300	Bajo	Buena	Simple, lento.
Termorresistencia o RTD	-150 a 600	Medio	Alta	Exactitud
Termocupla	-150 a 1500	Bajo	Alta	Requiere referencia.
Termistor	-15 a 115	Medio	No lineal	Muy sensible
Integrado Lineal	Depende de la Ref.	Medio	Muy alta	Fácil toma de datos
Gas	-20 a 100	Medio	Buena	No muy versátil
Diodos	-200 a 50	Bajo	Alta	Bajo costo

Cuadro 4.1: Tabla de datos.

Esta práctica de laboratorio centra la atención en dos tipos de termómetro muy utilizados debido a su facilidad de uso y versatilidad de aplicaciones. El primero, termómetro de mercurio, formado por un capilar de vidrio de diámetro uniforme comunicado por su extremo con una ampolla llena de mercurio. El conjunto está sellado y cuando la temperatura aumenta, el mercurio se dilata y asciende por el capilar. En 1724 Fahrenheit finalizó su escala termométrica, la cual quedó plasmada en sus Philosophical Transactions (Londres, 33, 78, 1724). El 19 de marzo de 1744, Jean-Pierre Christin presentó el primer termómetro de mercurio en utilizar los parámetros de cero grados como punto de fusión del agua y cien como punto de ebullición que se usa en gran parte del mundo, era muy útil ya que era bueno para medir temperaturas entre los 18 y 45 ^{o}C.

El segundo, un sensor de temperatura mas reciente, basado en el funcionamiento de semiconductores, (diodos y transistores) adecuados en un circuito integrado (CI). En el caso particular tenemos un CI $LM35$, sensor de temperatura con una precisión calibrada de 1C. Su rango de medición abarca desde $-55\ C$ hasta 150 C. La salida es lineal y cada grado Celcius equivale a 10 mV, por lo tanto; 150 C equivalen a 1500 mV y en el caso de $-55\ C$ tendríamos una diferencia de potencial de salida de $-550\ mV$ Posee un rango de operación para su alimentación de 4 V a 30 V. Presenta bondades importantes en su aplicación debido a que se encuentra calibrado directamente en grados Celsius. Posee un voltaje de salida es proporcional a la temperatura. Tiene una precisión garantizada de 0,5 C a 25 C. Una muy baja corriente de alimentación 60 μA y un bajo costo económico. Adicionalmente no requiere de circuitos adicionales para calibrarlo.

4.3 Actividades Previas al Laboratorio

Con base en la bibliografía propuesta, responda las siguientes preguntas relacionadas con la temperatura y su medición:

1. ¿A qué llamamos sensación térmica? Comenta sobre el órgano del cuerpo humano que percibe el calor.
2. ¿Qué quiere decir que un termómetro mide su propia temperatura?.
3. Consulte y consigue breves biografías de los padres de la termometría; GabrielL Daniel Fahrenheit, Anders Celsius y William Thomson (Lord Kerlvin). Haga énfasis en su aporte a la construcción de escalas de temperatura.
4. Regularmente los termómetros están construidos de un tubo de vidrio ubicado en una escala graduada, el extremo inferior es mas grueso contiendo mercurio o alcohol coloreado. Al aumentar la temperatura, el fluido (mercurio o alcohol) dilata, subiendo por el tubo; al disminuir la temperatura el fenómeno es contrario, el fluido se contrae y baja. La temperatura se lee por la altura que alcanza el nivel de la columna de mercurio o alcohol en la escala graduada. ¿Por qué se utiliza mercurio en la fabricación de los termómetros?

5. Investigue las relaciones existentes para la transformación de temperaturas en las diferentes escalas; Celsius, Fahrenhit y Kelvin (escala absoluta).
6. Realice la transformación de las siguientes temperaturas de una escala a otra utilizando las relaciones correspondientes: 50C a K 120, 0C a K, 380 K a 0C, 60 F a 0C, 130C a 0 F.
7. ¿Cuáles son las temperaturas de congelación del agua en las escalas Celsius y Fahrenhit? ¿Y las del agua hirviente?. (En condiciones normales de presión atmosférica: 1 atm).
8. Consulte las temperaturas promedio de: Ebullición del agua, Cuerpo humano, Planeta Tierra, El magma, Fusión del hielo.

4.4 Materiales

Para la práctica de laboratorio se necesitan los siguientes elementos:

1. Termómetro de mercurio.
2. Termómetro LM35.
3. Erlenmeyer o vaso de precipitado.
4. Estufa Eléctrica.
5. Soporte Universal.
6. Nueces y Pinzas.
7. Voltímetro

4.5 Procedimiento

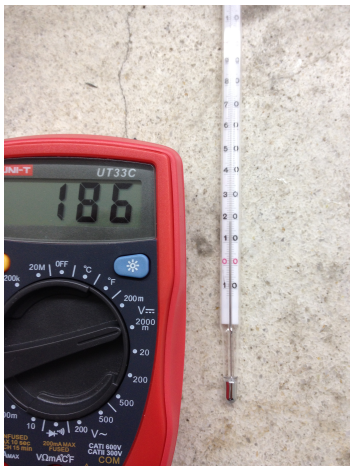

Figura 4.2: Medición de la temperatura y voltaje inicial.

1. Llene con agua el erlenmeyer como mínimo tres cuartas partes de su capacidad.
2. Tome la temperatura inicial del termómetro de mercurio y el voltaje (gradué el multímetro en la escala de 200 mV) que presenta el $LM35$ como se muestra en la figura 4.2.
3. Ubique el termómetro de mercurio y el integrado $LM35$ procurando que queden al mismo nivel como se observa en la figura 4.3.
4. Encienda la estufa, a medida que se calienta el agua, registre los datos de temperatura y voltaje cada 5 C hasta llegar a 90 C.

Figura 4.3: Montaje experimental calibración de un termómetro.

4.6 Análisis Cuantitativo y Cualitativo

De los resultados obtenidos en las secciones anteriores, detalle, explique y justifique sus análisis, respondiendo las siguientes cuestiones.

1. Con los datos obtenidos construya un gráfico Voltaje del *LM*35 *vs* Temperatura del Termómetro.
2. ¿Observa un comportamiento lineal entre las variables graficadas?. Si su respuesta es afirmativa, realice un ajuste de regresión lineal usando el método de mínimos cuadrados y encuentre la ecuación de calibración para el termómetro *LM*35.
3. ¿Qué significa la pendiente en la ecuación encontrada para la curva de calibración?.
4. ¿Qué significa el punto de corte con el eje vertical en la ecuación encontrada para la curva de calibración?.
5. En la figura 4.4 se observa la curva de calibración teórica del sensor *LM*35 (proporcionada por el fabricante). Determine su pendiente y calcule un error porcentual respecto a la encontrada en sus resultados experimentales. ¿Qué puede afirmar de las diferencias o concordancias encontradas?.

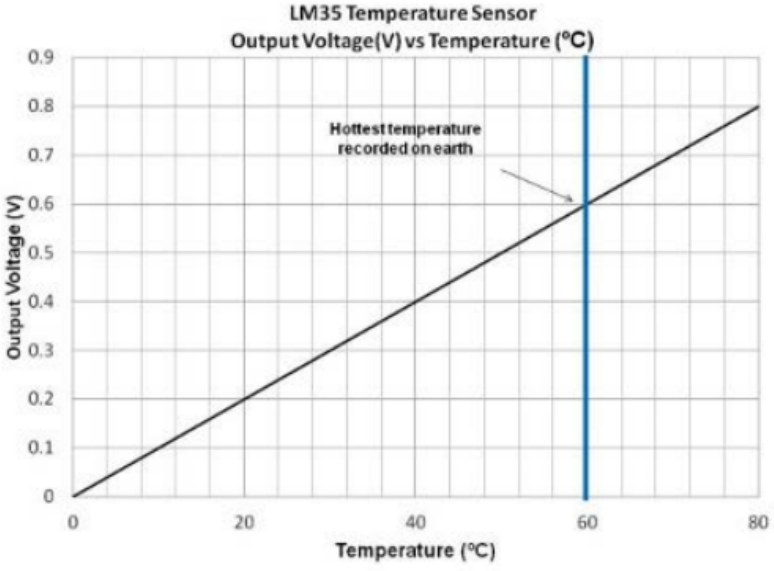

Figura 4.4: Curva de calibración teórica sensor *LM*35. Según Fabricante.

4.7 Referencias

R Reif F. Fundamentos de Física Estadística y Térmica. Ediciones del Castillo (1974).

R TIPLER, P. A.: “Física”. Vol. I. Ed. Reverte, Barcelona.

R HEWITH, PAUL.: "Física Conceptual". Ed. Pearson Addison-Wesley, Novena Edición, México, (2004).

R CERVANTES, A. 1987. Los conceptos de calor y temperatura: una revisión bibliográfica, Enseñanza de las Ciencias, Vol. 5(1), pp. 66-70.