

# **Laboratorio Mecánica de Fluidos y Termodinámica**

Universidad Antonio Nariño

Departamento de Física

Dirección Nacional de Laboratorios de Física

Carlos Andrés Gómez Vasco

Andrés Felipe Ordoñez

DEPARTAMENTO DE FÍSICA, UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO

WWW.UAN.EDU.CO

Cuenta la leyenda que Arquímedes al sumergirse en una bañera dio solución a la tarea propuesta por el rey Hierón II, al comprobar si el orfebre que le había confeccionado su corona solo con oro.

*Primera Edición, Noviembre 2018*



# GUÍA DE LABORATORIOS DE **MECÁNICA DE FLUIDOS**

## Contents

<b>1</b>	<b>Densidad de Sólidos y Líquidos</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>11</b>
1.1.1	General .....	11
1.1.2	Específicos .....	11
<b>1.2</b>	<b>Referentes Conceptuales y Marco Teórico</b>	<b>11</b>
<b>1.3</b>	<b>Actividades Previas al Laboratorio</b>	<b>12</b>
<b>1.4</b>	<b>Materiales</b>	<b>13</b>
<b>1.5</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>13</b>
1.5.1	Densidad de Sólidos Regulares .....	13
1.5.2	Densidad de Líquidos .....	14
1.5.3	Densidad de Líquidos con Picnómetro .....	15
<b>1.6</b>	<b>Análisis Cuantitativo y Cualitativo</b>	<b>16</b>
<b>1.7</b>	<b>Referencias</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>Principio de Arquímedes</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>17</b>
2.1.1	General .....	17
2.1.2	Específicos .....	17
<b>2.2</b>	<b>Referentes Conceptuales y Marco Teórico</b>	<b>17</b>
<b>2.3</b>	<b>Actividades Previas al Laboratorio</b>	<b>18</b>
<b>2.4</b>	<b>Materiales</b>	<b>18</b>
<b>2.5</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>19</b>

2.6	<b>Análisis Cuantitativo y Cualitativo</b>	<b>20</b>
2.7	<b>Referencias</b>	<b>20</b>
<b>3</b>	<b>Ley de Stokes</b> .....	<b>23</b>
3.1	<b>Objetivos</b>	<b>23</b>
3.1.1	General .....	23
3.1.2	Específicos .....	23
3.2	<b>Referentes Conceptuales y Marco Teórico</b>	<b>23</b>
3.3	<b>Actividades Previas al Laboratorio</b>	<b>25</b>
3.4	<b>Materiales</b>	<b>25</b>
3.5	<b>Procedimiento</b>	<b>26</b>
3.6	<b>Análisis Cuantitativo y Cualitativo</b>	<b>26</b>
3.7	<b>Referencias</b>	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>Termometría: Calibración Termómetros.</b> .....	<b>29</b>
4.1	<b>Objetivos</b>	<b>29</b>
4.1.1	General .....	29
4.1.2	Específicos .....	29
4.2	<b>Referentes Conceptuales y Marco Teórico</b>	<b>29</b>
4.3	<b>Actividades Previas al Laboratorio</b>	<b>31</b>
4.4	<b>Materiales</b>	<b>31</b>
4.5	<b>Procedimiento</b>	<b>32</b>
4.6	<b>Análisis Cuantitativo y Cualitativo</b>	<b>32</b>
4.7	<b>Referencias</b>	<b>33</b>
<b>5</b>	<b>Termometría: Ley de Enfriamiento.</b> .....	<b>35</b>
5.1	<b>Objetivos</b>	<b>35</b>
5.1.1	General .....	35
5.1.2	Específicos .....	35
5.2	<b>Referentes Conceptuales y Marco Teórico</b>	<b>35</b>
5.3	<b>Actividades Previas al Laboratorio</b>	<b>36</b>
5.4	<b>Materiales</b>	<b>36</b>
5.5	<b>Procedimiento</b>	<b>37</b>
5.6	<b>Análisis Cuantitativo y Cualitativo</b>	<b>39</b>
5.7	<b>Referencias</b>	<b>39</b>

---

<b>6</b>	<b>Dilatación Lineal</b> .....	<b>41</b>
<b>6.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>41</b>
6.1.1	General .....	41
6.1.2	Específicos .....	41
<b>6.2</b>	<b>Referentes Conceptuales y Marco Teórico</b>	<b>41</b>
<b>6.3</b>	<b>Actividades Previas al Laboratorio</b>	<b>42</b>
<b>6.4</b>	<b>Materiales</b>	<b>43</b>
<b>6.5</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>43</b>
<b>6.6</b>	<b>Análisis Cuantitativo y Cualitativo</b>	<b>44</b>
<b>6.7</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>44</b>
<b>6.8</b>	<b>Referencias</b>	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>Capacidad Calorífica y Calor Específico</b> .....	<b>45</b>
<b>7.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>45</b>
7.1.1	General .....	45
7.1.2	Específicos .....	45
<b>7.2</b>	<b>Referentes Conceptuales y Marco Teórico</b>	<b>46</b>
<b>7.3</b>	<b>Actividades Previas al Laboratorio</b>	<b>46</b>
<b>7.4</b>	<b>Materiales</b>	<b>48</b>
<b>7.5</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>48</b>
<b>7.6</b>	<b>Análisis Cuantitativo y Cualitativo</b>	<b>51</b>
<b>7.7</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>51</b>
<b>7.8</b>	<b>Referencias</b>	<b>51</b>
<b>8</b>	<b>Equivalente Eléctrico del Calor</b> .....	<b>53</b>
<b>8.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>53</b>
8.1.1	General .....	53
8.1.2	Específicos .....	53
<b>8.2</b>	<b>Referentes Conceptuales y Marco Teórico</b>	<b>54</b>
<b>8.3</b>	<b>Actividades Previas al Laboratorio</b>	<b>55</b>
<b>8.4</b>	<b>Materiales</b>	<b>55</b>
<b>8.5</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>56</b>
<b>8.6</b>	<b>Análisis Cuantitativo y Cualitativo</b>	<b>59</b>
<b>8.7</b>	<b>Referencias</b>	<b>59</b>





# Introducción

## Motivación

La mecánica de fluidos es una rama de la mecánica de los medios continuos, y esta una rama de la física que estudia el movimiento de los fluidos y las fuerzas que los provocan; los fluidos se dividen en Gases y líquidos, estos tienen una característica similar y es que son incapaces de resistir esfuerzos cortantes provocando que no tengan una forma definida.

La mecánica de fluidos es fundamental en campos tan diversos como la aeronáutica, la ingeniería química, civil e industrial, la meteorología, las construcciones navales y la oceanografía.

La mecánica de fluidos puede dividirse en Estática de Fluidos: Que se ocupa de los fluidos en reposo, es decir sin que existan fuerzas que alteren su posición. y la Dinámica de Fluidos: Que se ocupa de los fluidos en movimiento, es decir que están bajo fuerzas que alteran su posición.

En las secciones y capítulos siguientes de este texto se encontrará prácticas de laboratorio que abarcan experiencias propias de los conceptos fundamentales de la mecánica de fluidos; estudios en las últimas décadas permiten evidenciar una preocupación por las dificultades que presentan los estudiantes en el proceso de aprendizaje de esta área del conocimiento en cuanto a los factores relacionados con la apropiación del conocimiento científico. Un error al que se hace alusión es el hecho que los estudiantes consideren como producto de actividad científica la memorización de definiciones y la manipulación de ecuaciones, siendo estos tipos de enfoque el principal obstáculo para el aprendizaje de la física y ciencias en general, situación entre otras, responsable de muchos fracasos para el desarrollo de competencias propias del pensamiento científico por parte de los estudiantes. Aquí se tiene el interés de cambiar visiones equivocadas por parte de los estudiantes sobre el verdadero que hacer de la ciencias y sus aplicaciones en diferentes áreas como la ingeniería y las ciencias biológicas. Entonces, pretendemos determinar experimentalmente propiedades de los fluidos. Principios de Arquímedes, Bernoulli y Torricelli. Adicionalmente en las últimas experiencias se encontraran principios básicos de la termometría y la termodinámica.

## Formato Informe de Laboratorio

Después de realizar cada experimento del presente documento, los estudiantes en forma grupal deben presentar un informe de laboratorio. Aunque existen diferentes estilos de informes, lo cual depende de los objetivos de cada curso, es obligatorio utilizar el formato de informe del departamento de Física de la Universidad Antonio Nariño como se observa en la figura 1. Este informe debe tener el siguiente contenido:

- Título
- Autores
- Abstract
- Resumen
- Aspecto Teórico
- Aspecto Experimental
- Resultados Experimentales
- Análisis y/o Discusión.
- Conclusiones
- Referencias.

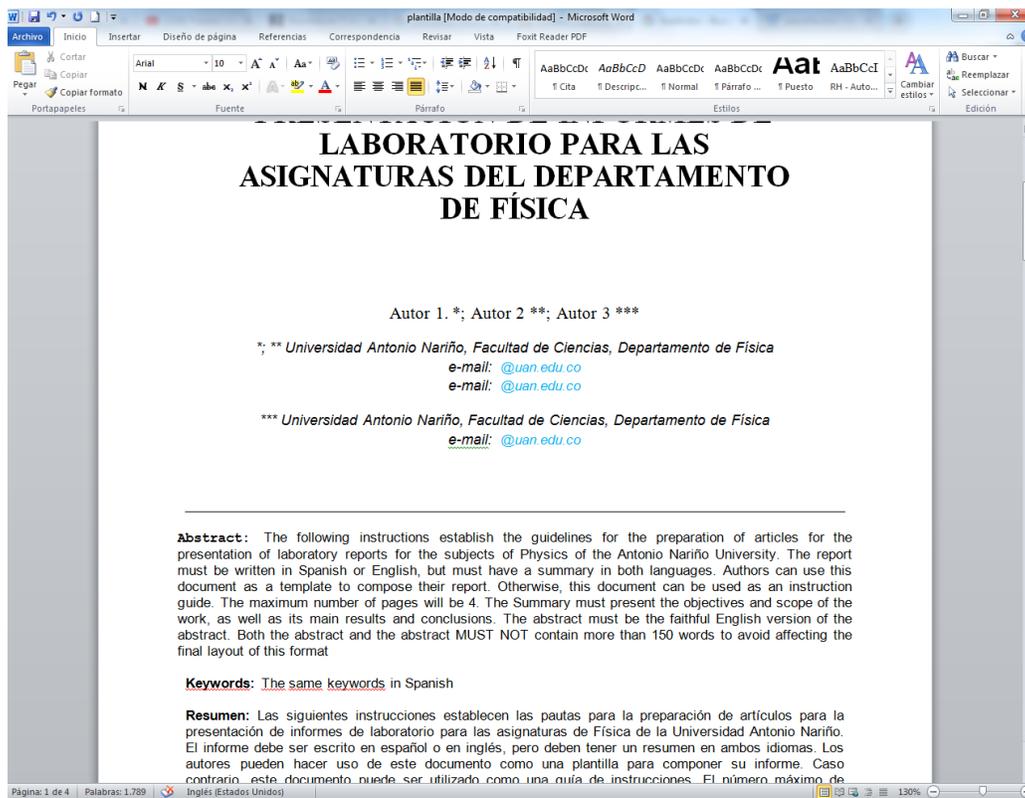


Figure 1: Formato Informe de Laboratorio. Dpto Física UAN

---

## Descripción breve del contenido

### Título y Autores.

La información que se debe anotar en la es la siguiente: Nombre de la institución. Nombre, código y grupo del curso de laboratorio. Título de la práctica realizada. Nombre(s) y Código(s) del (los) estudiante(s) que presentan el informe. Nombre del profesor que dirige el curso. Ciudad y Fecha.

### Resumen.

Son las metas, resultados y conclusiones relevantes que se consiguieron al realizar la experimentación. Normalmente se resumen en tres o cuatro líneas y no deben superar las 150 palabras.

### Aspecto teórico.

Se trata de un resumen de los principios, leyes y teorías de la Física que se ilustran o aplican en la experiencia respectiva.

### Aspecto Experimental.

Se detallan los métodos experimentales, formas de medida, instrumentos y montajes para la consecución de los datos experimentales.

### Resultados Experimentales.

Deben contener.

**Datos / observaciones;** Los datos se refieren a aquellas cantidades que se derivan de mediciones y que se han de utilizar en el proceso de los cálculos. La cantidad, símbolo y unidades que corresponden a los establecidos por el Sistema Internacional de Unidades, además su valor numérico debe contener el número apropiado de cifras significativas.

**Gráficos;** Los gráficos que hacen parte de un informe por lo general cumplen dos objetivos: Proporcionan información a partir de la cual se pueden obtener datos complementarios y necesarios para los cálculos; en otras palabras, hacen parte de los datos. Representan la información derivada de los cálculos; es decir, hacen parte de los resultados.

**Cálculos y Resultados;** Los resultados surgen al procesar los datos de acuerdo con principios o leyes establecidas. Deben presentarse preferiblemente en forma de tabla junto con un modelo de cálculo que exprese, mediante una ecuación matemática apropiada, la forma como se obtuvo cada resultado.

### Análisis y/o Discusión. Conclusiones

Aquí se trata del análisis de los resultados obtenidos a la luz de los comportamientos o valores esperados teóricamente. Específicamente la discusión y las conclusiones se hacen con base en la comparación entre los resultados obtenidos y los valores teóricos que muestra la literatura química, exponiendo las causas de las diferencias y el posible origen de los errores. Si hay gráficos, debe hacerse un análisis de regresión para encontrar una ecuación que muestre cuál es la relación entre las variables del gráfico.

### Referencias

Se consigna la bibliografía consultada y de utilidad en la elaboración del informe. La bibliografía de libros y/o artículos debe ajustarse a las normas APA.

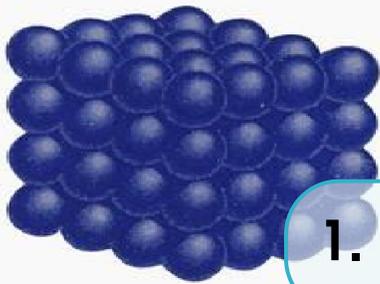
## Rubrica de Evaluación

Para la evaluación de informes de laboratorio se tendrá en cuenta los siguientes criterios.

<b>Excelente (5 - 4,5)</b>	<b>Sobresaliente (4,4 - 3,8)</b>	<b>Cumple satisfactoriamente (3,7 - 3,0)</b>	<b>Cumple insatisfactoriamente (2,9 - 1,0)</b>	<b>No cumple (0,9 - 0,0)</b>
Realiza informes con normas de IEEE, tiene en cuenta las referencias, hace esquemas, coloca evidencias de consulta, realiza análisis explicando resultados a la luz de la teoría y sus conclusiones son concordantes con los objetivos y las discusiones previas.	Realiza los informes, haciendo análisis incipientes, sus conclusiones no son coherentes con los objetivos, se observa que consulta, pero no utiliza normas de IEEE completamente.	Realiza el informe superficialmente, haciendo análisis muy simples, sin conclusiones o sin correspondencia con los análisis y los objetivos, además sin seguir las normas de IEEE. No presenta evidencias.	No realiza el informe según la norma, sin evidencias no realiza análisis de resultados, y emite conclusiones que no son coherentes con los objetivos ni con las discusiones previas.	No asiste a las clases, asiste a clase pero no entrega actividades, sin referencias.

## Referencias

-  TIPLER, P. A.: “Física”. Vol. I. Ed. Reverte, Barcelona.
-  SERWAY, R. A.: “Física”. Tomo I McGraw- Hill (2002).
-  American Psychological Association (2018). Manual APA 2018. Sexta Edición. E.E.U.U: APA.



# 1. Densidad de Sólidos y Líquidos

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 General

Evaluación de métodos experimentales para la determinación de densidad en sólidos y líquidos.

### 1.1.2 Específicos

- Calcular la densidad de sólidos regulares.
- Determinar la densidad de por lo menos cuatro líquidos midiendo su masa y su volumen.
- Determinar la densidad de por lo menos cuatro líquidos usando el Picnómetro.

## 1.2 Referentes Conceptuales y Marco Teórico

Definimos un cuerpo homogéneo; como aquel en el cual, sus propiedades son iguales en todas sus partes y a la densidad como una característica de la sustancia de la que el mismo está compuesto. Es una magnitud intensiva <sup>1</sup>, es decir, su valor no depende de la cantidad de materia que compone al cuerpo, sino sólo de su composición.

La densidad, usualmente se simboliza mediante la letra del alfabeto griego *rho* cuyo símbolo es  $\rho$ , es característica que depende únicamente de la composición misma de los objetos. Por ejemplo, todos los objetos de oro puro tienen la misma densidad ( $\rho_{Au} = 19.3 \text{ g/cm}^3$ ), lo mismo ocurre con el aluminio ( $\rho_{Al} = 2.7 \text{ g/cm}^3$ ), el hierro ( $\rho_{Fe} = 7.8 \text{ g/cm}^3$ ), el agua ( $\rho_{H_2O} = 1.0 \text{ g/cm}^3$ , a temperatura de 20° C), etc. Esto significa que la densidad es una propiedad muy útil para saber en forma fácil y rápida de que está hecho un objeto.

La densidad  $\rho$  es una magnitud escalar, referida a la cantidad de masa en un determinado volumen de un objeto sólido o una sustancia. La densidad media de un cuerpo homogéneo es la

---

<sup>1</sup>Las propiedades intensivas son aquellas que no dependen de la masa o del tamaño de un cuerpo. Si el sistema se divide en varios subsistemas su valor permanecerá inalterable, lo que las hace propiedades no aditivas.

relación entre la masa y el volumen que ocupa.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1.1)$$

Donde  $m$  es la masa y  $v$  el volumen del cuerpo respectivamente.

En la siguiente tabla se presenta la densidad de algunas sustancias.

Material	Densidad $g/cm^3$	Densidad $kg/m^3$
<b>SOLIDOS</b>		
Osmio	22.6	22570
Platino	21.5	21450
Uranio	20.0	19950
Oro	19.3	19320
Plomo	11.3	11344
Plata	10.5	10500
Cobre	9.0	8960
Latón	8.6	8560
Hierro	7.9	7874
Estaño	7.3	7310
Aluminio	2.7	2699
Bronce	8.9	8900
Hielo	0.92	917
<b>LÍQUIDOS</b>		
Mercurio	13.6	13600
Glicerina	1.26	1260
Agua de Mar	1.03	1025
Agua a 4 C	1.00	1000
Benceno	0.81	819
Alcohol etílico	0.79	791
Alcohol Industrial	0.82	820
Aceite Mineral	0.818	818

Table 1.1: Densidades de diferentes materiales

### 1.3 Actividades Previas al Laboratorio

Use sus apuntes de clase, lecturas adicionales, referencias bibliográficas propuestas en esta guía y/o adicionales, para contestar en forma adecuada las situaciones relacionadas con la densidad de

diferentes sólidos y fluidos, propuestas a continuación:

1. ¿Cómo se define la densidad de un cuerpo? ¿De qué parámetros depende?.
2. ¿En qué unidades de expresa la densidad?.
3. ¿Cuál es la diferencia entre densidad absoluta y densidad relativa?.
4. Suponga que toma un pan y lo moja, luego lo comprime ¿Qué sucede con el volumen del pan cuando se comprime? ¿Con la Masa? ¿Con la densidad?.
5. ¿Qué es más denso, algo cuya densidad es  $1000 \text{ kg/m}^3$  o algo cuya densidad es  $1 \text{ g/cm}^3$ . Explique y argumente su respuesta, incluya el desarrollo de algunos cálculos numéricos.
6. El átomo de osmio no es el mas pesado que hay en la naturaleza ¿Entonces, que explica que sea la sustancia más densa sobre la Tierra?. (Vea la tabla 1.2).
7. ¿Qué tiene mayor densidad una barra de oro puro o un anillo de oro puro? Explique su respuesta.
8. Consulte ¿Cómo se puede ver afectada la densidad de un cuerpo en términos de la temperatura?.
9. ¿Sólo midiendo la densidad de un cuerpo es posible distinguir de qué está hecho?.
10. ¿Qué es un picnómetro?.
11. Describa cómo se puede determinar la densidad con un picnómetro.
12. Un vaso se llena al borde con agua y contiene un pedazo grande de hielo que flota en el agua. ¿Cuándo el hielo se derrita, el nivel del agua en el vaso aumenta, disminuye o permanece igual?. Explique.
13. ¿Cómo determinaría la densidad de una hoja de papel de tal forma que el error experimental sea el menor posible?.

## 1.4 Materiales

Para la práctica de laboratorio se necesitan los siguientes elementos:

1. 5 objetos de diferente geometría y material.
2. 600 ml de los siguientes Líquidos (Aceite Mineral, Alcohol Industrial, Agua y Glicerina).
3. Balanza.
4. Picnómetro.
5. Calibrador Pie de Rey.
6. Probeta de 500 ml o 600 ml.
7. Vaso de Precipitados 600 ml.

## 1.5 Procedimiento

### 1.5.1 Densidad de Sólidos Regulares

Utilizando los sólidos regulares (cubos, cilindros y esferas) suministrados, determine la densidad siguiendo los siguientes pasos:

1. Utilizando la balanza de brazos, mida la masa de cada una de los sólidos suministrados. Véase figura 1.1. Consígnelo en la tabla 1.5.1.
2. Utilizando el calibrador, mida la dimensiones necesarias de cada una de los sólidos suministrados para determinar el volumen del objeto. Véase figura 1.1. Consígnelo en la tabla 1.5.1.



Figure 1.1: Medición de longitudes de sólidos regulares. *Izquierda* Sólidos suministrados. *derecha* Mediciones con calibrador pie de rey.

- Utilizando la ecuación 1.1 calcule la densidad para cada material y consígnelo en la columna de densidad experimental 1.5.1.
- Con los datos consignados en la tabla 1.5.1 hasta ahora, compare la densidad experimental encontrada en los 5 objetos con los valores de la segunda columna (densidad teórica) en la tabla 1.2). Extraiga el nombre del material y la densidad teórica para consignarlas en las columnas 5 y 6 de la tabla 1.5.1.
- Determine el error porcentual como:  $\% \varepsilon = \left| \frac{\rho_{teo} - \rho_{exp}}{\rho_{teo}} \right| \times 100$

Objeto	Masa (g)	Volumen ( $cm^3$ )	Densidad Experimental ( $\rho_{exp}$ )( $g/cm^3$ )	Material	Densidad Teórica ( $\rho_{teo}$ )( $g/cm^3$ )	Error Porcentual ( $\% \varepsilon$ )
1						
2						
3						
4						
5						

Table 1.2: Datos experimentales densidad de sólidos regulares.

### 1.5.2 Densidad de Líquidos

- Tome una probeta de 600 ml vacía y mida su masa utilizando la balanza de brazos.
- Vierta 50 ml de agua y registre la masa probeta+agua, como se observa en la figura 1.2. Para determinar la masa exclusiva del agua reste la masa de la probeta vacía.
- Tome mas mediciones incrementando cada vez el volumen del fluido en 25 ml hasta llegar al limite de medida con la balanza (Aprox. 600 gm).
- Con los datos consignados realice un gráfico Masa vs Volumen, y determine una ecuación



Figure 1.2: Medición de masa del fluido.

usando regresión por mínimos cuadrados para el mejor ajuste de los datos.

5. Encuentre el error porcentual de la densidad del fluido, usando como valor teórico el que muestra la tabla 1.2.
6. Repita todo el procedimiento anterior con Aceite Mineral, Glicerina y Alcohol Industrial.

### 1.5.3 Densidad de Líquidos con Picnómetro



Figure 1.3: Determinación de la densidad de un fluido con picnómetro.

1. Mida la masa del picnómetro, incluya el tapón limpio y seco.
2. Llène el picnómetro hasta el borde con agua, asegúrese que este bien limpio en su exterior.
3. Inserte el tapón. Note que un poco de fluido se forzarà a salir a través del tallo. Tenga en cuenta, secar el agua que esté por fuera del picnómetro.
4. Mida la masa del sistema agua+picnómetro como se muestra en la figura 1.3, consigne la capacidad (volumen) y la masa del agua, para conseguir esta última, reste la masa del picnómetro vacío a la masa del sistema agua+picnómetro.
5. Utilice la ecuación 1.1 para determinar analíticamente la densidad experimental del agua.
6. Encuentre el error porcentual de la densidad del fluido. Usando como valor teórico el que

muestra la tabla de densidades de esta guía.

7. Repita el procedimiento anterior con Aceite Mineral y Alcohol Industrial. **NO LO INTENTE CON GLICERINA**, debido a su alta viscosidad se hace muy difícil verter este fluido en el picnómetro.

## 1.6 Análisis Cuantitativo y Cualitativo

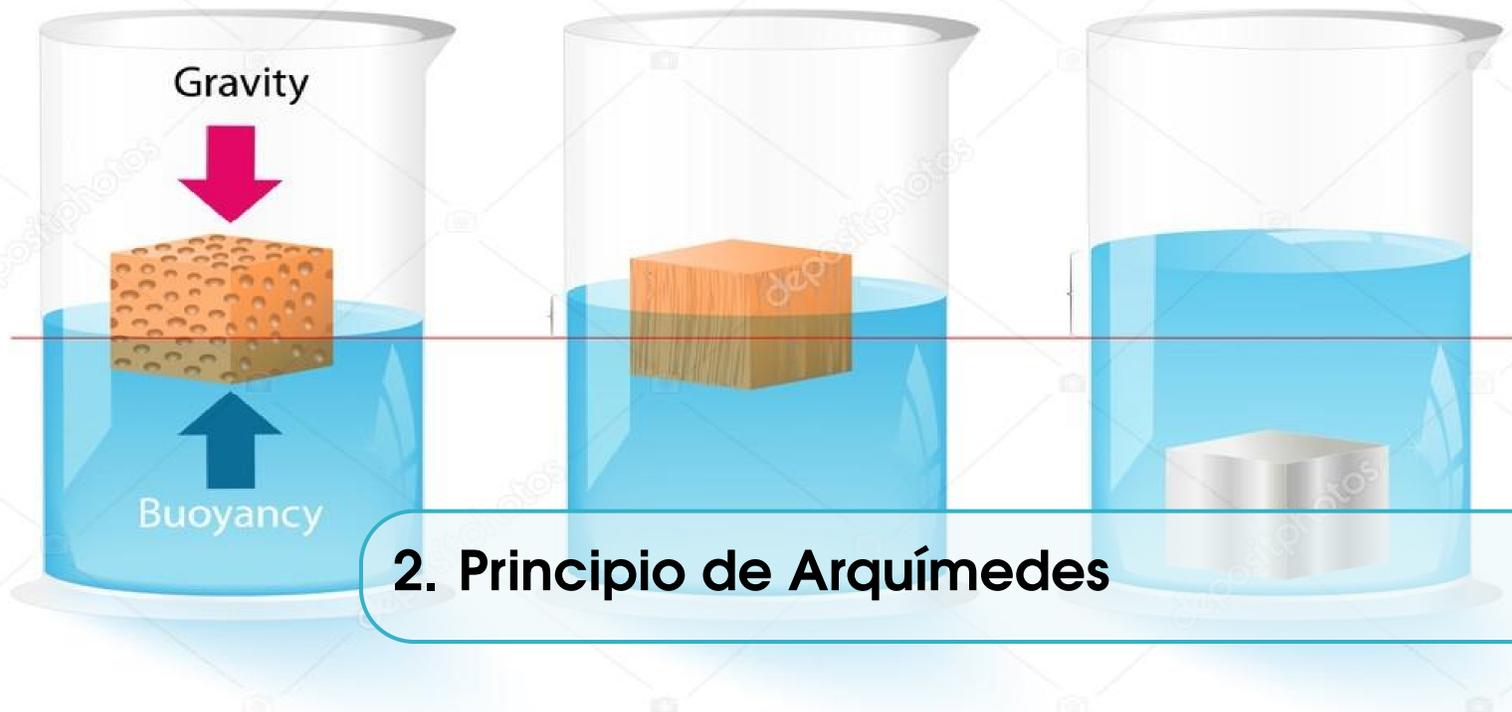
¿Qué materiales sólidos fueron suministrados en el laboratorio?. Discuta en cual de todos el porcentaje de error es el más alto, y a que se debe la discrepancia con el valor teórico.

Discuta, a partir de los resultados experimentales, cuál de los dos métodos es más exacto para medir la densidad de un fluido.

Analice si la densidad se puede utilizar como criterio para establecer la pureza de un fluido.

## 1.7 Referencias

- Ⓡ TIPLER, P. A.: “Física”. Vol. I. Ed. Reverte, Barcelona.
- Ⓡ SERWAY, R. A.: “Física”. Tomo I McGraw- Hill (2002).
- Ⓡ BURBANO DE ERCILLA, S., BURBANO, E., GRACIA, C.: “Física General”. Ed.Tébar.
- Ⓡ SEARS, F. W., ZEMANSKY, M. W. Y YOUNG, H. D. : Física Universitaria. Addison - Wesley Iberoamericana.



## 2. Principio de Arquímedes

### 2.1 Objetivos

#### 2.1.1 General

Mostrar experimentalmente la validez del principio de Arquímedes.

#### 2.1.2 Específicos

- Medir experimentalmente la fuerza de empuje que realiza un fluido a un objeto sumergido en él.
- Determinar la densidad de un cuerpo mediante el principio de flotación.

### 2.2 Referentes Conceptuales y Marco Teórico

La relación entre la fuerza de flotación -en adelante se denominara Empuje- y el volumen del líquido desplazado fue descubierta por Arquímedes, el gran científico griego del siglo *III* a.c. Enunciada como sigue:

*Un cuerpo sumergido en un fluido sufre un empuje hacia arriba por una fuerza igual al peso del fluido que desplaza.*

Relación denominada principio de Arquímedes, valida para líquidos y gases, debido a que los dos son fluidos; si un cuerpo sumergido desplaza un *kg* de fluido, el Empuje que actúa sobre él es igual al peso de un kilogramo. Por *sumergido* debe entenderse; una inmersión *total* o *parcial*. Si se sumerge un recipiente sellado de un litro a media altura en el agua, desplazará medio litro de agua, y tendrá un empuje hacia arriba igual al peso de medio litro de agua, independientemente de lo que haya en el recipiente. Si se sumerge por completo, la fuerza hacia arriba será igual al peso de un litro de agua (que tiene un kilogramo de masa). A menos que el recipiente se comprima, el empuje sera igual al peso de un kilogramo de agua a cualquier profundidad, mientras este totalmente sumergido. Esto se debe a que a cualquier profundidad el recipiente no puede desplazar un volumen mayor de agua que su propio volumen. Y el peso del agua desplazada es igual al empuje. Sin

embargo, se debe ser cuidadoso, no hablamos del peso del objeto sumergido. Debe ser claro que se habla de "la fuerza hacia arriba, fuerza que será igual al peso del volumen de fluido desplazado", no del peso del objeto.

El empuje se puede expresar como sigue:

$$E = \rho_{fluido} * g * V_D \quad (2.1)$$

Donde:

$E$  : Empuje.

$\rho_{fluido}$ : Densidad del fluido en que está sumergido el cuerpo.

$g$  : aceleración gravitacional.

$V_D$ : Volumen de fluido desplazado por el cuerpo.

### 2.3 Actividades Previas al Laboratorio

Use sus apuntes de clase, lecturas adicionales, referencias bibliográficas propuestas en esta guía y/o adicionales, para contestar en forma adecuada las situaciones relacionadas con el principio de Arquímedes, propuestas a continuación:

1. ¿El peso de un objeto disminuye al estar sumergido en un fluido? Explique y justifique su respuesta.
2. ¿Por qué la fuerza de empuje actúa hacia arriba, sobre un objeto sumergido en un fluido?.
3. ¿Por qué no hay una fuerza de empuje horizontal sobre un objeto sumergido en un fluido?.
4. ¿Cómo se compara el volumen de un objeto totalmente sumergido con el volumen de agua desplazada?.
5. ¿Cómo se comparan la fuerza de empuje sobre un objeto sumergido con el peso del agua desplazada?.
6. ¿Cuál es la masa de 1 L de agua? ¿Cuál es su peso en Newton?
7. Un cuerpo de madera otro de hierro, y un último de acero, todos con el mismo volumen se encuentran sumergidos en un mismo líquido, ¿Qué se puede afirmar sobre la fuerza de empuje ó "flotación" sobre cada uno de ellos?.
8. A pesar de estar compuesto de agua el hielo flota al ser sumergido en agua, ¿por qué?
9. Demostrar utilizando diagramas de fuerzas, que la fuerza de empuje que ejerce un fluido sobre un sólido de densidad mayor que la del fluido cuando éste, está sostenido por una cuerda que pende de un dinamómetro o balanza es: (ver figura 2.2 )

$$F_{empuje} = mg - T = (m - m_a)g \quad (2.2)$$

Con:

$m$  : masa del cuerpo medida.

$m_a$ : masa aparente del cuerpo cuando es medida en el fluido.

### 2.4 Materiales

Para la práctica de laboratorio se necesitan los siguientes elementos:

1. Soporte universal.
2. Dinamómetro.
3. Probeta graduada.
4. Calibrador.
5. Objetos regulares de diversos materiales.

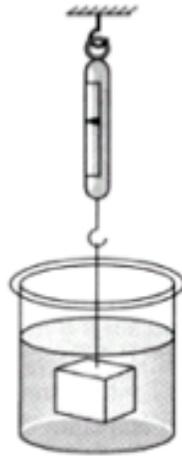


Figure 2.1: Determinación experimental de la fuerza de empuje.

## 2.5 Procedimiento

1. Use el dinamómetro para medir el peso del objeto de material conocido, antes de iniciar asegúrese que la medida este en cero mientras el dinamómetro se encuentra en posición vertical sin masa colgada en el.
2. Llene la probeta con agua de forma tal que el nivel de esta esté perfectamente determinado (al nivel con una línea graduada en el vidrio de la probeta). Así, al sumergir el objeto en el agua se pueda determinar que tanto subió el nivel del agua.
3. Sumerja el objeto en el agua de la probeta. Consigne la lectura de la fuerza que ahora se registra en el dinamómetro, y el aumento en el nivel de agua, equivalente al volumen desalojado por el objeto. Como se observa en la figura 2.2.
4. Mida las dimensiones del objeto con el calibrador y calcule el volumen del mismo según sea su geometría (cubica o cilíndrica). (Véase figura ??.)
5. Repita el procedimiento anterior con todos los objetos suministrados.
6. Registre todos los datos conseguidos en las correspondientes columnas de la tabla 2.5 y con sus errores experimentales.

Objeto	Peso en el Aire (N)	Peso sumergido (N)	Volumen desalojado ( $m^3$ )	Volumen geométrico ( $m^3$ )	Empuje estimado Ecuación 2.1	Empuje Calculado Ecuación 2.2	Error porcentual
Aluminio							
Acero							
Plomo							
Latón							
Bronce							

Table 2.1: Tabla de datos.



Figure 2.2: Medición del peso del objeto. *Izquierda* en el aire. *centro* en el seno del fluido. *derecha* Medición de las dimensiones de los objetos para la determinación de su volumen.

## 2.6 Análisis Cuantitativo y Cualitativo

1. Si coloca la probeta sobre una bascula, ¿Qué sucede cuando sumerge un cuerpo en esta? Explique.
2. ¿A que se debe la diferencia entre el volumen desalojado y el volumen geométrico calculado de los objetos? ¿Cuál de las dos medidas es más confiable?
3. Muestre con todo detalle el calculo utilizado con el cual determino el empuje -que no es otra cosa que la medición directa de la fuerza que hace el agua sobre el cuerpo-.
4. Con la información de la tabla 2.5 calcule la densidad de cada una de las piezas, compárelas con los valores reportados en la tabla de densidades; tabla 1.2 reportando el respectivo error porcentual.
5. Realice comentarios y análisis pertinentes a la luz de la teórica científica y desde los resultados obtenidos en su experiencia.

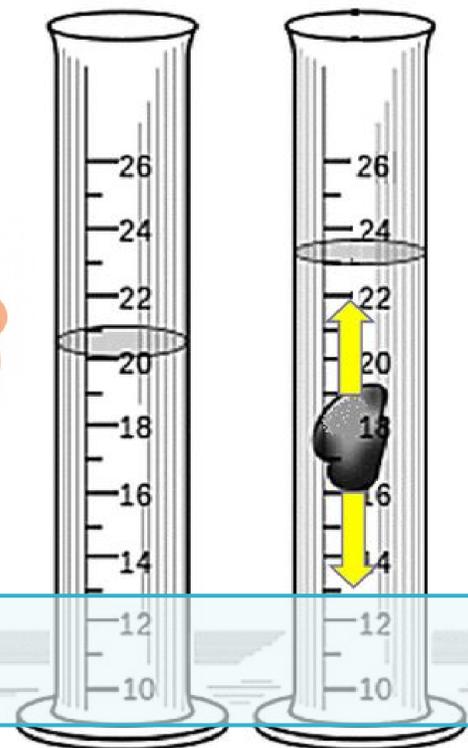
## 2.7 Referencias

- (R) WHITE , F. "Mecánica de fluidos" Ed. McGraw Hill ( 2008 .)
- (R) SHAMES , I. "La mecánica de los fluidos" Ed. McGraw Hill ( 1995).
- (R) STREETER , V. "Mecánica de los fluidos" Ed. McGraw Hill ( 1989 ).
- (R) TIPLER, P. A.: "Física". Vol. I. Ed. Reverte, Barcelona.
- (R) SERWAY, R. A.: "Física". Tomo I McGraw- Hill (2002).

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



# “LA VISCOSIDAD”



## 3. Ley de Stokes

### 3.1 Objetivos

#### 3.1.1 General

Determinar la viscosidad de un fluido usando la Ley de Stokes.

#### 3.1.2 Específicos

- Estudiar el movimiento vertical de una esfera en el seno de un fluido viscoso.
- Analizar el movimiento de un objeto utilizando herramientas de software gratuito y alternativo.

### 3.2 Referentes Conceptuales y Marco Teórico

Es posible estudiar el movimiento vertical de una esfera en el seno de un fluido viscoso. Si la velocidad de la esfera no es elevada y se mantiene el régimen laminar en el fluido, la fuerza de rozamiento es proporcional a la velocidad. La velocidad de la esfera tiende hacia un valor límite constante. Si se logra medir dicha la velocidad límite, se puede obtener la viscosidad del fluido.

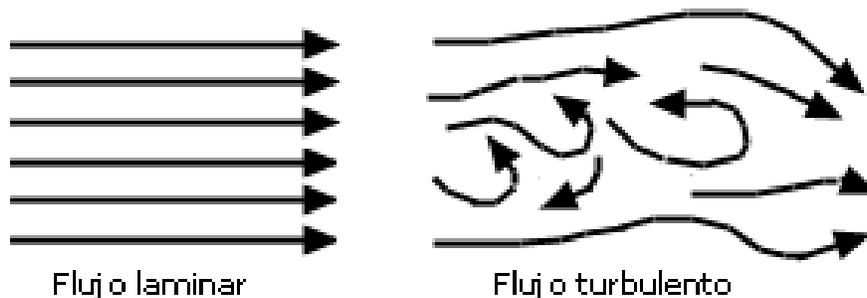


Figure 3.1: Flujo laminar vs Flujo turbulento.

Para empezar es preciso describir el movimiento vertical de una esfera de masa  $m$  y de radio  $R$ , en el seno de un fluido viscoso, en régimen laminar<sup>1</sup>. Las fuerzas que actúan en la esfera pueden verse en la figura 3.2. El peso, el empuje que hace el fluido mientras la esfera está completamente sumergido en el seno del mismo. Y una fuerza de rozamiento que es proporcional a la velocidad de la esfera mientras el flujo se mantiene en régimen laminar.

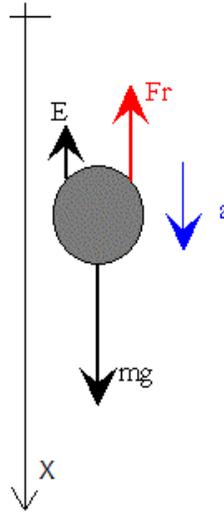


Figure 3.2: Diagrama de cuerpo libre para una esfera moviéndose verticalmente en el seno de un fluido viscoso.

El peso es el producto de la masa por la aceleración de la gravedad  $g$ . Donde la masa se puede expresar como el producto de la densidad del material  $\rho_e$  por el volumen de la esfera de radio  $R$ .

$$mg = \rho_e \frac{4}{3} \pi R^3 g \quad (3.1)$$

Del principio de Arquímedes, el empuje es igual al producto de la densidad del fluido  $\rho_f$ , por el volumen del cuerpo sumergido y por la aceleración de la gravedad.

$$E = \rho_f \frac{4}{3} \pi R^3 g \quad (3.2)$$

La fuerza de rozamiento es proporcional a la velocidad  $v$ , y esta dada por la Ley de Stokes como sigue:

$$F_r = 6\pi R \eta v \quad (3.3)$$

donde  $\eta$  es la viscosidad del fluido. La ecuación de movimiento se consigue de la suma vectorial de todas las fuerzas como:  $mg - E - F_r = ma$ . La velocidad límite, se alcanza cuando la aceleración sea cero, es decir,

<sup>1</sup>Se llama flujo laminar o corriente laminar, al movimiento de un fluido cuando éste es ordenado, estratificado, suave. En un flujo laminar el fluido se mueve en láminas paralelas sin entremezclarse y cada partícula de fluido sigue una trayectoria suave, llamada línea de corriente. Como se observa en la figura 3.1. El flujo laminar es típico de fluidos a velocidades bajas o viscosidades altas, mientras fluidos de viscosidad baja, velocidad alta o grandes caudales suelen ser turbulentos.

cuando la resultante de las fuerzas que actúan sobre la esfera es cero.  $mg - E = F_r$  de donde se puede despejar la velocidad limite  $v_l$  como:

$$v_l = \frac{2g(\rho_e - \rho_f)R^2}{9\eta} \quad (3.4)$$

### 3.3 Actividades Previas al Laboratorio

Con base en la bibliografía propuesta, contestar y entender las siguientes preguntas relacionadas con la viscosidad de fluidos:

1. Realice un cuadro comparativo entre un fluido Newtoniano y un Fluido No-Newtoniano.
2. ¿Qué significa que un fluido sea viscoso? Explique.
3. ¿Cuales son las unidades de viscosidad en el sistema internacional (SI) y en el sistema c.g.s.?
4. Escriba el factor de conversión para pasar de *Pa.s* a *poise* y viceversa. Luego desarrolle los siguientes cálculos. a) Convierta 11.97 *poise*, 7.75 *poise* y 5.11 *poise* a *Pa.s* b) Convierta 1.49 *Pa.s* a *poise*.
5. ¿Cuál fluido tendría la mayor viscosidad dinámica: un aceite lubricante frio o el agua dulce? Explique por que
6. Enumere algunas aplicaciones donde la viscosidad de los fluidos resulte relevante.
7. Explique la siguiente afirmación. *La viscosidad es una medida de la fricción interna del fluido, esto es, la resistencia a la deformación.*
8. ¿Cómo se ve alterada la viscosidad de líquidos con las variaciones de temperatura?.
9. Teniendo en cuenta la viscosidad dinámica en función de la temperatura, proporcione el valor de la viscosidad de los siguientes fluidos:
  - (a) Agua a 40°C
  - (b) Glicerina a 20°C
  - (c) Hidrogeno a 40°C
  - (d) Aceite SAE 30°F A 60°F
10. ¿Cómo se ve alterada la viscosidad de líquidos con las variaciones de presión?.
11. Determine la viscosidad cinemática de una muestra de miel a temperatura ambiente.
12. La viscosidad de la glicerina a 20 C es de 11.97 *poise*, para 25 C es de 7.75 *poise* y para 30 C es de 5.11 *poise*. ¿Estos datos están acordes a la teoría consultada por la dependencia de la temperatura para el valor de la viscosidad?.
13. Realice un gráfico de viscosidad en función de la temperatura (eje vertical viscosidad - eje horizontal temperatura), con los datos suministrados en el numeral anterior. Una los puntos con una curva suave. Utilícela para dar validez a los resultados experimentales que consiguiera en esta practica de laboratorio.

### 3.4 Materiales

Para la práctica de laboratorio se necesitan los siguientes elementos:

1. Fluidos diferentes (glicerina, aceite).
2. Probeta.
3. calibrador.
4. Esperas de diferentes radios.
5. Celular con cámara.
6. Regla.
7. Balanza.
8. Termómetro.
9. Computador Personal.
10. Software Libre Tracker Vídeo Analisis para el análisis de los datos.

### 3.5 Procedimiento

1. Mida el radio de las esferas usando el calibrador.
2. Utilice la balanza de precisión para medir la masa de cada esfera.
3. Se debe medir la densidad del fluido, vierta un volumen considerable del fluido en la probeta. Posteriormente mida la masa cuidando de restar la masa de la probeta. Compare esta densidad con la reportada en la tabla 1.2.
4. Termine de llenar por lo menos unos 50 cm de longitud en la columna de líquido.
5. Ensamble el montaje experimental que se observa en la figura 3.3, defina claramente en su vídeo una longitud conocida.

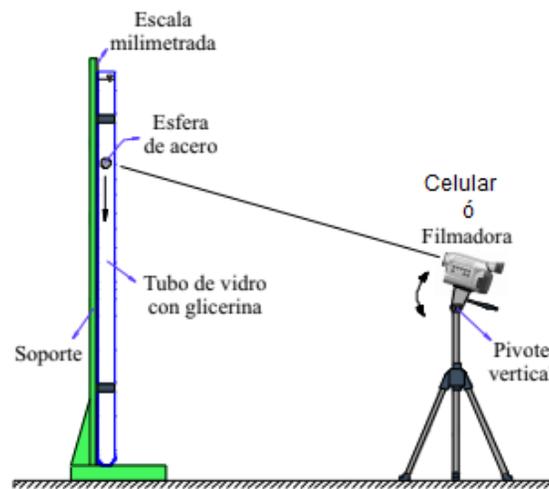


Figure 3.3: Montaje experimental.

6. Utilice el termómetro para medir la temperatura de la glicerina.
7. Sostenga con dos dedos una esfera en el nivel superior del fluido, posicónela en el centro de la probeta para provocar la mínima interacción posible con las paredes (Vease figura ??). Suelte con cuidado, evitando que ingrese al fluido con una velocidad alta.
8. Tome un vídeo para una de las esferas proporcionadas y tome los datos de posición y tiempo dentro del seno del fluido usando el software Video Analysis Tracker como se observa en la figura ??.
9. Realice un gráfico de posición vs tiempo. Con estos datos determine velocidades medias usando  $v = \frac{y_{final} - y_{inicial}}{t_{final} - t_{inicial}}$ , calculadas en intervalos de tiempo pequeños, tan pequeños como el tiempo de un fotograma al siguiente.
10. Realice un gráfico de velocidad vs tiempo. Y establezca a partir de su comportamiento el valor de la velocidad límite  $v_l$ .
11. Repita todo el proceso experimental con cada una de las esferas suministradas.

### 3.6 Análisis Cuantitativo y Cualitativo

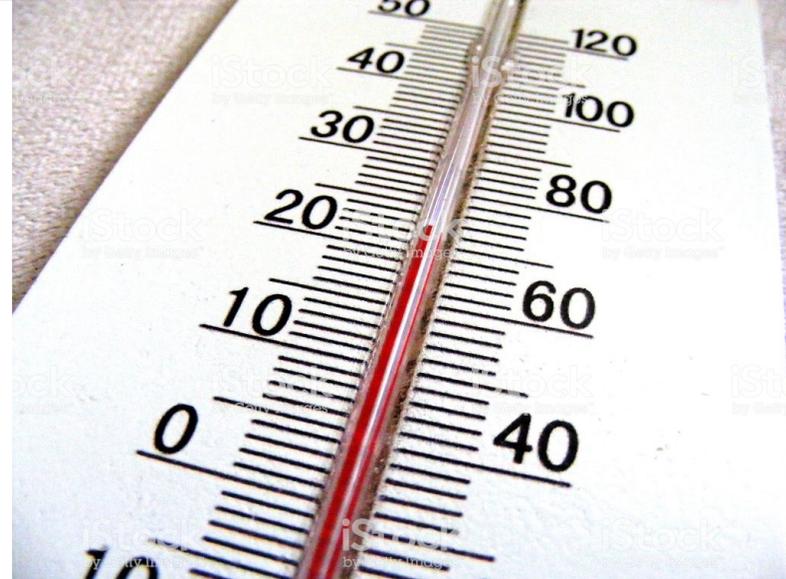
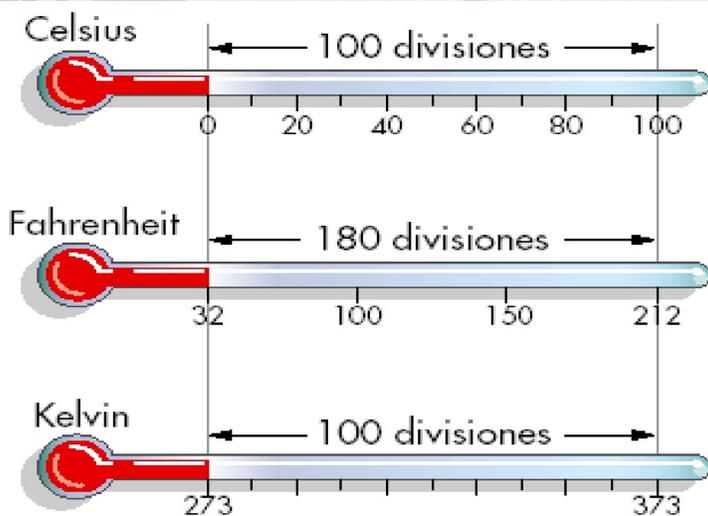
1. ¿Cuál es el efecto de la viscosidad sobre un cuerpo que se mueve en el seno de un fluido?
2. Realice un diagrama de cuerpo libre del objeto cuando está cayendo, antes de alcanzar la velocidad terminal y luego de esta.
3. Para esferas del mismo material y de diferente diámetro, que hayan caído dentro de la probeta alcanzando la velocidad terminal realice la gráfica de velocidad terminal contra radio.
4. Proceda a realizar el modelado y análisis necesario para determinar la viscosidad.

5. Compare las viscosidades calculadas por medio del paso 2 y el 3 ¿Cuál resulta más confiable? Compare los resultados de los dos métodos con los reportados por la literatura.

### 3.7 Referencias

-  Ahmed Houari. Determining the viscosity of liquids using an extended falling ball method. *Physcis Education* 46 (6) 2011, pp. 688-691
-  Sitio oficial del software tracker vídeo analisis. (Online Noviembre 22 de 2018). Disponible en <https://physlets.org/tracker/>.





## 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 (LM35).
- Determinar la curva de calibración para un termómetro de circuito integrado (LM35).

### 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.

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

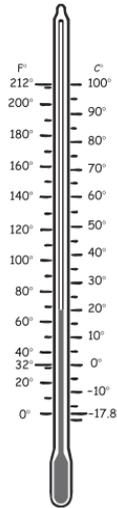


Figure 4.1: Escalas de Temperatura.

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  $273\text{ C}$  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  $273$  kelvins. 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 más 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 específica, 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

Table 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 °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  $-55\text{ C}$  hasta  $150\text{ C}$ . La salida es lineal y cada grado Celsius equivale a  $10\text{ mV}$ , por lo tanto;  $150\text{ C}$  equivalen a  $1500\text{ mV}$  y en el caso de  $-55\text{ C}$  tendríamos una diferencia de potencial de salida de  $-550\text{ mV}$  Posee un rango de operación para su alimentación de  $4\text{ V}$  a  $30\text{ V}$ . 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  $0.5\text{ C}$  a  $25\text{ C}$ . Una muy baja corriente de alimentación  $60\text{ }\mu\text{A}$  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; Gabriel Daniel Fahrenheit, Anders Celsius y William Thomson (Lord Kelvin). Haga énfasis en su aporte a la construcción de escalas de temperatura.
4. Regularmente los termómetros están contruidos 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, subienddo 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, Fahrenheit y Kelvin (escala absoluta).
6. Realice la transformación de las siguientes temperaturas de una escala a otra utilizando las relaciones correspondientes:  $50\text{ C}$  a  $\text{K}$ ,  $120\text{ C}$  a  $\text{K}$ ,  $380\text{ K}$  a  $0\text{ C}$ ,  $60\text{ F}$  a  $0\text{ C}$ ,  $130\text{ C}$  a  $0\text{ F}$ .
7. ¿Cuáles son las temperaturas de congelación del agua en las escalas Celsius y Fahrenheit? ¿Y las del agua hirviente?. (En condiciones normales de presión atmosférica:  $1\text{ atm}$ ).
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



Figure 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 (graduó 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.



Figure 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 LM35 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 LM35.
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 LM35 (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?

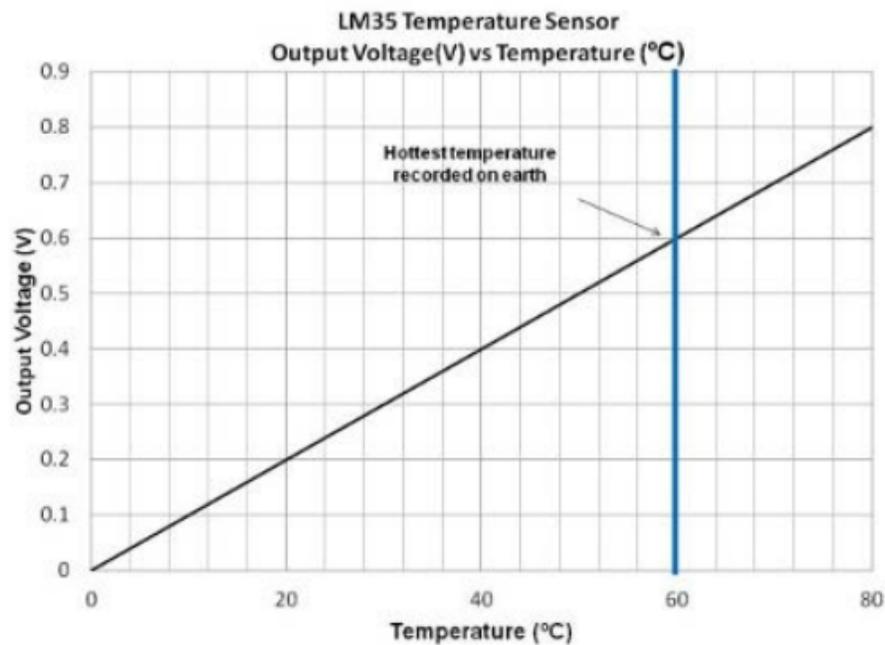


Figure 4.4: Curva de calibración teórica Sensor LM35. Según Fabricante.

## 4.7 Referencias

- Ⓡ Reif F. Fundamentos de Física Estadística y Térmica. Ediciones del Castillo (1974).
- Ⓡ TIPLER, P. A.: "Física". Vol. I. Ed. Reverte, Barcelona.
- Ⓡ HEWITH, PAUL.: "Física Conceptual". Ed. Pearson Addison-Wesley, Novena Edición, México, (2004).
- Ⓡ CERVANTES, A. 1987. Los conceptos de calor y temperatura: una revisión bibliográfica, Enseñanza de las Ciencias, Vol. 5(1), pp. 66-70.





En un día frío un hogar tibio dejará salir calor a la intemperie más rápido cuando haya una gran diferencia entre las temperaturas en su interior y de la intemperie. Mantener la temperatura alta en tu hogar durante un día frío te cuesta más que si lo mantienes a menor temperatura. Si mantienes pequeña la diferencia de temperaturas, en consecuencia el enfriamiento será más lento.

La interacción térmica entre los objetos y sus alrededores permite la transferencia espontánea de calor, que siempre ocurre de los objetos más calientes a los más fríos. Para objetos en contacto con diferentes temperaturas, los que están más calientes se enfrían y los que están más fríos se calientan, hasta alcanzar una temperatura común; a saber existen tres maneras de conseguir dicha temperatura, por conducción, por convección y por radiación.

#### CONVEN CONDUCT RADIACION

La tasa de enfriamiento, ya sea por conducción, convección o radiación, es proporcional a la diferencia de temperaturas,  $\Delta T$ , entre la del objeto y la de sus alrededores.

Tasa de enfriamiento  $\Delta T$

A esto se le llama ley de Newton del enfriamiento. Esta ley es también válida para el calentamiento. Si un objeto está más frío que sus alrededores, también su tasa de calentamiento es proporcional  $\Delta T$ . El alimento congelado se calentará más rápido en un recinto caliente que en uno frío. La tasa de enfriamiento que sentimos en un día frío puede aumentar cuando el viento causa más convección. Esto es lo que llamamos "helarnos" por el viento. Por ejemplo, un viento helado de  $-20\text{ C}$  quiere decir que perdemos calor con la misma rapidez que si la temperatura fuera de  $-20\text{ C}$  y no hubiera viento.

### 5.3 Actividades Previas al Laboratorio

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

1. Defina la Ley de enfriamiento de Newton con su relación matemática e identifique sus términos.
- 2.
- 3.
4. Si se requiere enfriar en el menor tiempo posible una lata de bebida que se encuentra a temperatura ambiente ¿Se debe poner en el compartimiento del congelador, o en el espacio principal del refrigerador? O bien, ¿no importa dónde?.
5. ¿Qué se enfriará más rápido un trozo de carbón al "rojo vivo" dentro de un horno caliente, o un trozo de carbón al "rojo vivo" dentro de una habitación fría? O bien, ¿se enfrían en el mismo tiempo?.
6. ¿La ley de Newton del enfriamiento se aplica también al calentamiento?
- 7.
- 8.
9. Un recipiente con agua caliente a  $80\text{ C}$  se enfría a  $79\text{ C}$  en 15 segundos, cuando se coloca en un recinto que está a  $20\text{ C}$ . Aplica la ley de Newton del enfriamiento para estimar el tiempo que se tardará en enfriarse de  $50$  a  $49\text{ C}$ . Y después el tiempo que tardará para enfriarse de  $40$  a  $39\text{ C}$ .
10. En un recinto a  $25\text{ C}$ , el café caliente de un termo se enfría de  $75$  a  $50\text{ C}$  en ocho horas. ¿Cuál será su temperatura después de otras ocho horas?

### 5.4 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. Soplete Universal.

6. Nueces y Pinzas.
7. Voltímetro

## 5.5 Procedimiento



Figure 5.1: Montaje experimental para la ley de enfriamiento. Termómetro de Mercurio.

1. Mida la temperatura ambiente.
2. Llene con agua el erlenmeyer como mínimo tres cuartas partes de su capacidad, caliente el agua hasta que llegue al punto de ebullición (agua hirviendo).
3. Ubique el termómetro de mercurio en el interior del agua como se observa en la figura 5.1.
4. Espere mientras el termómetro llega a la temperatura de equilibrio (La máxima posible).
5. Retire el termómetro, tenga cuidado de no agitarlo demasiado, séquelo y comience la lectura y el registro de la temperatura en función del tiempo como se observa en la figura 5.2. Al comienzo del experimento lea el termómetro a intervalos de 3 segundos; luego cada 5, 10, 20 y 30 segundos (dependiendo de la velocidad del enfriamiento) hasta que alcance casi la temperatura ambiente medida inicialmente.
6. Realice un gráfico de  $T - T_0$  vs Tiempo. Realice un ajuste exponencial y determine la constante de tiempo.
7. Repita todo el proceso experimental usando ahora el sensor *LM35*, y teniendo en cuenta las siguientes observaciones: 1. Cuando ponga en contacto el sensor con el agua, asegúrese de que no existan burbujas en la misma como se observa en la figura 5.3, el *LM35* es muy sensible a perturbaciones y agitaciones bruscas. Para ello, apague la estufa cuando el agua hierva y espere a que se calme la agitación. 2. Ingrese solo la cabeza del sensor al agua. 3. Es posible que no se consiga una lectura máxima estable, por ello cuando supere los 100 *mv* retire el sensor del agua. 3. Séquelo sin ningún afán, procurando no agitarlo demasiado e inicie las medidas de temperatura y tiempo.
8. Por último suele ser un poco mas practico tomar un vídeo y extraer los datos del mismo.



Figure 5.2: Toma de datos para la ley de enfriamiento.



Figure 5.3: Montaje experimental para la ley de enfriamiento. Sensor LM35

## 5.6 Análisis Cuantitativo y Cualitativo

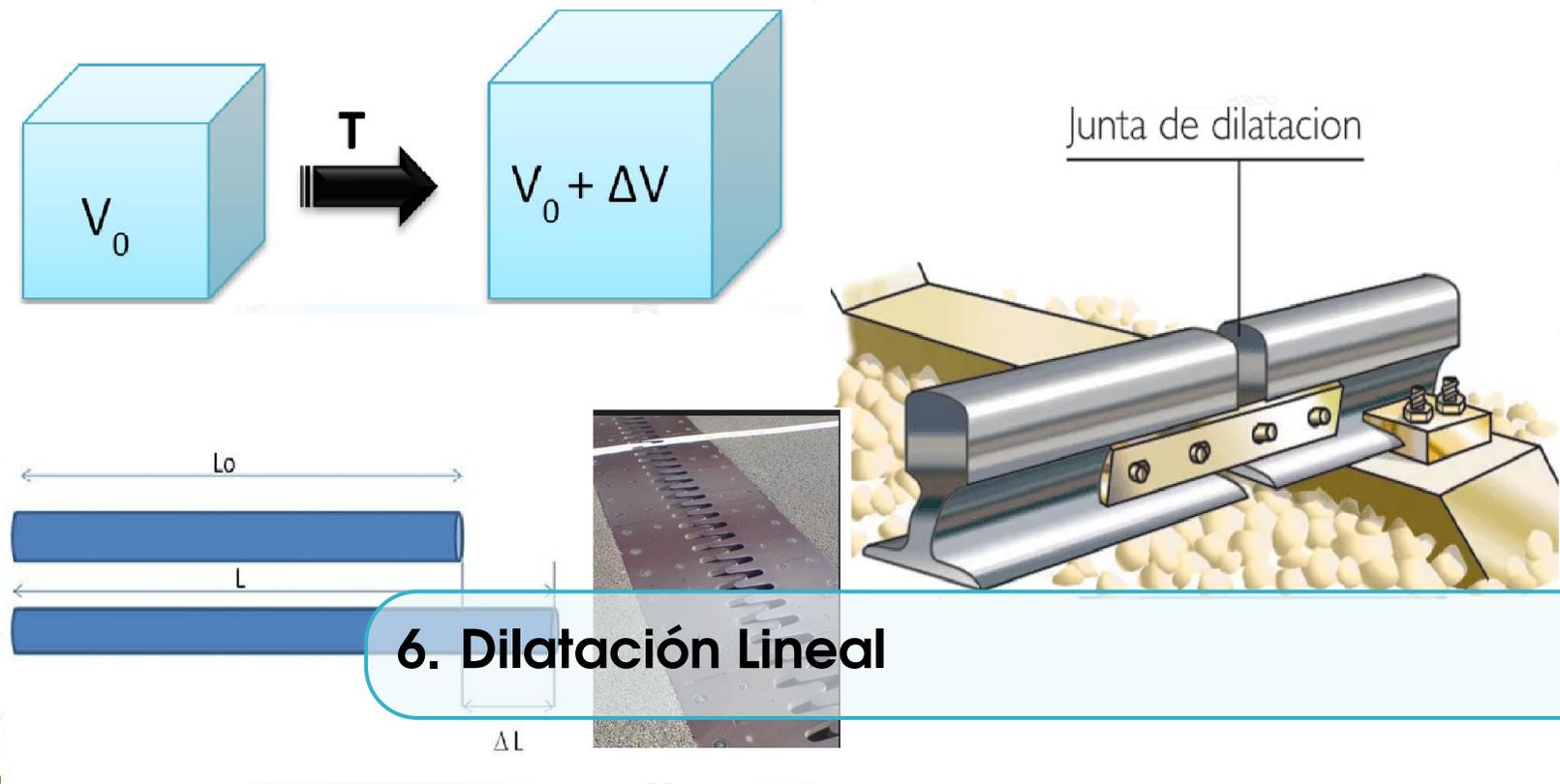
De los resultados obtenidos en las secciones anteriores, detalle, explique y justifique sus análisis, respondiendo las siguientes cuestiones.

1. Realice una gráfica que relacione las variables de Temperatura vs Tiempo.
2. Encuentre la ecuación de ajuste, indicando unidades de cada uno de los parámetros de ajuste.
3. Determine la constante de enfriamiento  $k$ .
4. ¿Qué significado tiene el valor de  $k$  (constante de tiempo) encontrado en los ajustes exponenciales para las curvas de cada termómetro?
5. Según las curvas de enfriamiento encontradas para cada uno de los termómetros. Defina si existen diferencias en los tiempos de enfriamiento para cada termómetro. Justifique su respuesta.
6. La Ley de Enfriamiento de Newton, ¿Se aplica también al calentamiento?
7. Investigue sobre aplicaciones de la Ley de enfriamiento de Newton.

## 5.7 Referencias

-  Reif F. Fundamentos de Física Estadística y Térmica. Ediciones del Castillo (1974).
-  TIPLER, P. A.: "Física". Vol. I. Ed. Reverte, Barcelona.
-  HEWITZ, PAUL.: "Física Conceptual". Ed. Pearson Addison-Wesley, Novena Edición, México, (2004).
-  CERVANTES, A. 1987. Los conceptos de calor y temperatura: una revisión bibliográfica, Enseñanza de las Ciencias, Vol. 5(1), pp. 66-70.





## 6. Dilatación Lineal

### 6.1 Objetivos

#### 6.1.1 General

Determinar experimentalmente el coeficiente de dilatación lineal para diversos materiales.

#### 6.1.2 Específicos

- Estudiar el principio de funcionamiento de dispositivos de medición para pequeñas longitudes.
- Establecer la relación entre la dilatación lineal y la temperatura en hierro, cobre y aluminio.
- Comparar los resultados obtenidos para el coeficiente de dilatación lineal en el hierro, cobre y aluminio.
- Determinar el error experimental entre el método utilizado y el valor teórico reportado en la literatura para el coeficiente de dilatación lineal.

**R** OJO AQUI ESTA EXPLICADO EL EXPERIMENTO <https://steemit.com/stem-espanol/@germanmontero/dilatacion-termica-lineal-en-metales>

### 6.2 Referentes Conceptuales y Marco Teórico

La dilatación o expansión térmica de sólidos es una consecuencia de los cambios de separación entre los átomos constituyentes de un objeto. Cuando la temperatura aumenta en un sólido o metal, los átomos vibran chocando entre si, en forma desordenada, produciendo un aumento en la amplitud y la frecuencia de oscilación, como resultado de la separación promedio de su incremento. Considerando una barra de longitud inicial  $L_0$ , como se muestra en figura 6.1, en una temperatura inicial  $T_0$ , cuando la temperatura asciende hasta una temperatura  $T$  ( $T > T_0$ ), el cambio de longitud  $\Delta L$  es proporcional al cambio de temperatura  $\Delta T$ , lo que se expresa en la ecuación 6.1:

$$\Delta L = L_0 \alpha_L \Delta T \quad (6.1)$$

Con  $\Delta L = L_f - L_0$  y  $\Delta T = T_f - T_0$ , podemos reescribir la ecuación 6.1 como:

$$L_f = L_0 [1 + \alpha_L (T_f - T_0)] \quad (6.2)$$

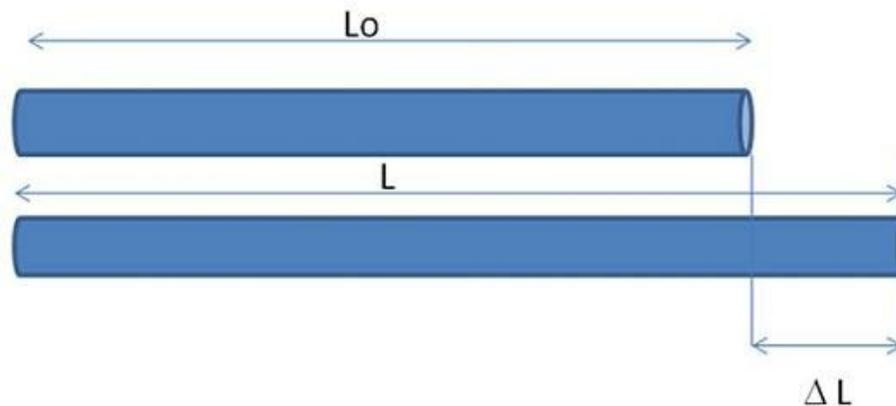


Figure 6.1: Dilatación de una barra metálica.

Donde  $\alpha_L$  es el coeficiente de dilatación lineal. Como una consecuencia del cambio en la separación media entre sus átomos o moléculas al aumentar la temperatura del metal.

Es importante mencionar que el coeficiente de dilatación lineal en general no es constante, sin embargo puede tener un comportamiento lineal en cierto rango de temperatura.

Múltiples aplicaciones a la ingeniería, medicina y otras ciencias se presentan en este tema.

- Tuberías que transportan vapor (calefactores).
- Termostatos (se usa como un interruptor térmico en el interior de cafeteras, planchas y otros instrumentos.).
- Juntas de dilatación o rodamiento (usada en los puentes de hierro, como la que se observa en la portada de este capítulo).
- La tira bimetalica (se usa como sistema de control termostático, luces intermitente y también como termómetro).

### 6.3 Actividades Previas al Laboratorio

Con base en la bibliografía propuesta, responda las siguientes preguntas relacionadas con la dilatación térmica de cuerpos:

1. ¿Por qué las sustancias se dilatan cuando aumenta su temperatura?.
2. Describa que sucede cuando aumenta la temperatura del agua, como se expande el volumen del agua cuando su temperatura parte de  $0C$  y llega a  $100C$ .
3. Cuando aumenta un poco la temperatura del agua al acabarse de fundir el hielo, ¿sufre una expansión neta o una contracción neta?.
4. ¿Cual es la causa para que el hielo sea menos denso que el agua?.
5. Consulte y reporte un gráfico de Volumen vs Temperatura para el agua entre  $0C$  y  $18C$ .
6. Explique detalladamente el gráfico reportado en el punto anterior.
7. En general ¿Qué se dilata más para determinado cambio de temperatura, los sólidos o los líquidos?.
8. Imagina que una barra de  $1 m$  de longitud se dilata  $0.5 cm$  al calentarla. ¿Cuánto se dilatará una barra de  $100 m$  de longitud, del mismo material, al calentarla en igual forma?
9. Dos barras de dimensiones iguales, una de aluminio y la otra de hierro, se calienta. ¿Cuál se dilata más? ¿Cuánto más? Esto es, ¿en qué factor es mayor una dilatación que la otra?

## 6.4 Materiales

Para la práctica de laboratorio se necesitan los siguientes elementos:

1. Generador de Vapor. (Calorímetro con agua, Estufa eléctrica, 2 Mangueras)
2. Vaso precipitado.
3. Equipo de Dilatación Lineal.
4. Reloj Comparador. (Comparador de carátula).
5. Cinta Métrica.
6. Calibrador pie de rey.
7. Termómetro (0C – 100C).
8. Barra cilíndrica de hierro
9. Barra cilíndrica de aluminio.
10. Barra cilíndrica de cobre.

## 6.5 Procedimiento

1. Llene con agua el generador de vapor como mínimo tres cuartas partes de su capacidad y ponga a calentar el agua.
2. Con la cinta métrica mida la longitud de la barra ( $L_0$ ) a temperatura ambiente. Tome lectura de la temperatura ambiente  $T_0$ . (Temperatura a la que se encuentra el termómetro).
3. Seleccione la barra de hierro y móntela en el equipo de dilatación, ajuste a cero la escala de medición del reloj comparador.
4. En la oliva derecha instale una manguera, garantizando que el otro extremo valla directo al lavamanos. Esta servirá de desagüe para el agua que se inserta en el equipo de dilatación.
5. Cuando el agua este hirviendo, producirá el vapor de agua necesario para aumentar la temperatura de la barra. Conecte la manguera del generador de vapor a la varilla metálica en la oliva izquierda (DEBE TENER CUIDADO DE NO QUEMARSE - TOME LA PRECAUCIÓN DE UTILIZAR ALGUNOS TROZOS DE TELA PARA AGARRAR LA MANGUERA Y EL EQUIPO DE DILATACIÓN. Ubique en la oliva central el termómetro garantizando que esté en contacto con la barra montada en el interior del equipo de dilatación.
6. Espere el tiempo suficiente para que el sistema completo llegue al equilibrio térmico (momento en que la temperatura registrada en el termómetro se estabiliza en un valor aproximado ubicado generalmente entre 85 y 95 C). En ese momento asegure que el reloj comparador este mostrando un cambio en su medición.
7. Cuando se logre dicho equilibrio térmico, desconecta la manguera de la oliva izquierda que trae el vapor de agua del equipo de dilatación. TOME LA PRECAUCIÓN DE NO APUNTAR LA BOQUILLA DE LA MANGUERA HACIA LAS MANOS, ROSTRO O CUERPO, PROPIOS O DE CUALQUIER COMPAÑERO QUE SE ENCUENTRE CERCA. IGUALMENTE NO TOQUE SIN PROTECCIÓN EL EQUIPO DE DILATACIÓN, PUEDE SUFRIR GRAVES QUEMADURAS.
8. Inmediatamente después de desconectar la manguera observará como la temperatura que registra el termómetro se reduce rápidamente, al igual que la mediciones de longitud marcadas por el reloj comparador. No es confiable tomar las mediciones de la temperatura mientras se reduce tan rápidamente, este evento ocasiona e inserta errores instrumentales a la práctica, debido al corto tiempo que estan en contacto el termómetro y el sistema, impidiendo llegar al equilibrio termodinámico. Para evitarlo registre las mediciones de temperatura  $T$  y  $\Delta L$  en una tabla. Al comienzo del experimento tome mediciones en intervalos de 2 a 3 C, luego cada 5 C (dependiendo de la velocidad del enfriamiento) hasta alcanzar casi la temperatura ambiente  $T_0$  medida en el numeral 2.
9. Determine el  $\Delta T = T - T_0$  y realice un gráfico  $\Delta L$  vs  $\Delta T$  y estime el mejor ajuste a los datos experimentales.
10. Según la ecuación 6.1 y el ajuste realizado determine el coeficiente de dilatación lineal para la barra de hierro.
11. Repita del numeral 1 al 10 para las barras de aluminio y de cobre.

Material	$\Delta L$ Teórico	$\Delta L$ Experimental	% De Error
Cobre			
Hierro			
Aluminio			
Material	$\Delta A$ Teórico	$\Delta A$ Experimental	% De Error
Cobre			
Hierro			
Aluminio			

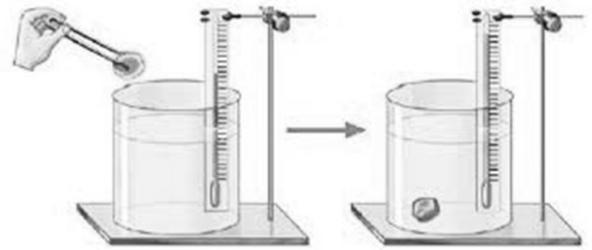
Table 6.1: Tabla de Cálculos.

## 6.6 Análisis Cuantitativo y Cualitativo

- ¿Cómo se puede caracterizar la densidad de los materiales con el coeficiente de dilatación?
- ¿Qué porcentaje de error encontraron y a que se debe?
- ¿Por qué no conveniente realizar grandes tramos de carrillera pero si de asfalto ?
- ¿Qué pasaría con la dilatación si las varillas las cambiamos por tubos?.

## 6.7 Conclusiones

## 6.8 Referencias



1. CONCEPTO → CALOR ESPECÍFICO -  $C_e$

2. PLANTEAR → GRÁFICO - ECUACIONES

$H_2O$   
 $10^\circ C$

$\Rightarrow$   
 $Q$

$H_2O$   
 $15^\circ C$

$C_e = \frac{Q}{m \Delta T}$   
 $C_{e_{H_2O}} = 1 \frac{CAL}{g \cdot ^\circ C}$

3. SOLUCION →  $C_e = \frac{Q}{m \Delta T}$

$\Delta T = 5^\circ C$

# 7. Capacidad Calorífica y Calor Específico

## 7.1 Objetivos

### 7.1.1 General

Determinar el calor específico de algunos materiales y del calorímetro.

### 7.1.2 Específicos

- Determinar el equivalente en agua del calorímetro.
- Calcular el calor específico de 4 materiales diferentes.
- Calcular el error %.

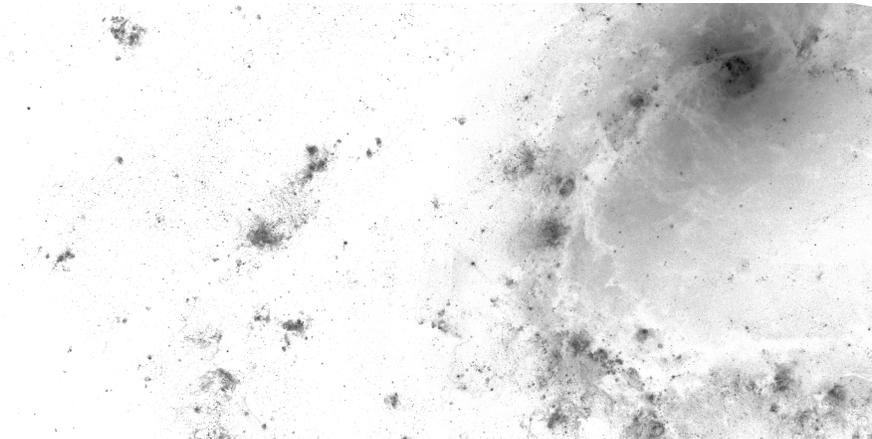


Figure 7.1: Picture of the M83 galaxy, image taken from the WFC3 ERS M83 Data Products, <http://archive.stsci.edu/prepds/wfc3ers/m83datalist.html>

You can find some example test I tested with Matlab and with Python in this webpage: <https://>

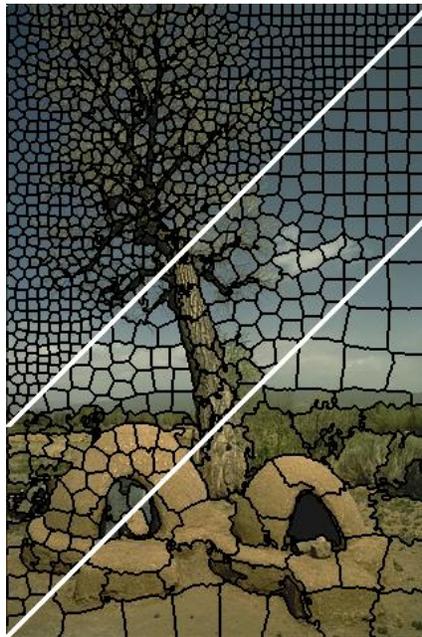


Figure 7.2: Example of a superpixel algorithm

[//github.com/LaurethTeX/Clustering/blob/master/Methods.md](https://github.com/LaurethTeX/Clustering/blob/master/Methods.md), also there is a huge amount of information on the internet about this but here are two pages you might find useful:

- Superpixel: Empirical Studies and Applications  
<http://ttic.uchicago.edu/~xren/research/superpixel/>
- Segmentation Algorithms in scikits-image  
<http://peekaboo-vision.blogspot.ca/2012/09/segmentation-algorithms-in-scikits-image.html>

Also there is one article (from IEEE) I found about and might interest you, it's pure computer science,

- Normalized Cuts and Image Segmentation  
<http://www.cs.berkeley.edu/~malik/papers/SM-ncut.pdf>

## 7.2 Referentes Conceptuales y Marco Teórico

La capacidad calorífica o capacidad térmica es la capacidad que tiene los materiales para aumentar su temperatura dependiendo de la energía disipada por otro cuerpo, este depende de las características del material y de la cantidad.

La capacidad calorífica es diferente al calor específico que es una característica de los cuerpos para almacenar calor. .

## 7.3 Actividades Previas al Laboratorio

Con base en la bibliografía propuesta, contestar y entender las siguientes preguntas relacionadas con la dilatación lineal y superficial de los diferentes cuerpos:

- ¿Qué es un calorímetro y para qué se utiliza?.

- ¿En qué consiste el método de mezclas?
- ¿Qué es calorimetría?
- ¿Cuál es la diferencia entre capacidad calorífica y calor específico?
- Realice una tabla con los valores de capacidad calorífica y calor latente de diferentes sustancias.

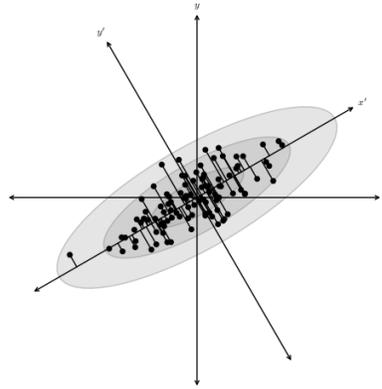


Figure 7.3: A distribution of points drawn from a bivariate Gaussian and centered on the origin of  $x$  and  $y$ . PCA defines a rotation such that the new axes ( $x'$  and  $y'$ ) are aligned along the directions of maximal variance (the principal components) with zero covariance. This is equivalent to minimizing the square of the perpendicular distances between the points and the principal components

**R** An example article, where they explain how to apply PCA on multi-wavelength images and also mentions the pros and cons of using it.

- Preserving Structure in Multi-wavelength Images of Extended Objects  
<http://arxiv.org/abs/1101.1679v1>

There's a whole section that talks about this subject with a machine learning approach as a preprocessing step in this nice book,

- Ivezić, Ž. and Connolly, A.J. and Vanderplas, J.T. and Gray, A., *Statistics, Data Mining and Machine Learning in Astronomy*, Princeton University Press, Princeton, NJ, 2014.

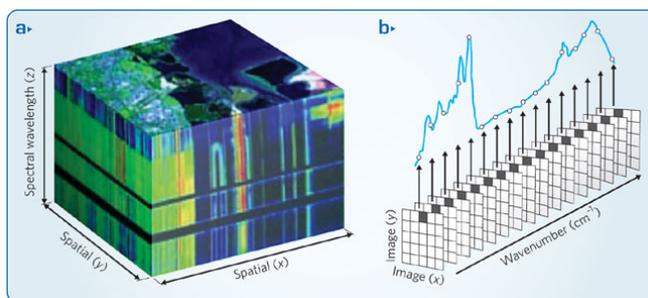


Figure 7.4: Illustrations of how a datacube looks like.

## 7.4 Materiales

Para la práctica de laboratorio se necesitan los siguientes elementos:

- Calorímetro
- Termómetro
- 4 Sólidos de diferente material
- Estufa Eléctrica
- Matraz
- Probeta
- Balanza
- Hilo

## 7.5 Procedimiento

- Mida la masa del calorímetro y de cada una de las piezas metálicas en la balanza y regístrelas en la tabla.
- Ate cada una de las piezas metálicas a un trozo de hilo de aproximadamente 30 cm.
- Ponga a calentar el agua.
- Cuando el agua este hirviendo tome la temperatura.
- Tome la pieza de aluminio e introdúzcala en ésta y contabilice 3 minutos con el cronómetro.
- Al mismo tiempo, vierta agua de la llave al calorímetro hasta la mitad de su capacidad y registre su masa ( $M_{cal+agua}$ ). Introduzca el termómetro en el agua y revuélvala lentamente hasta que observe que la temperatura se haya estabilizado. Registre este valor de temperatura.
- Finalizados los tres (3) minutos, traslade la pieza de aluminio que se encuentra en el generador al calorímetro, agite el agua nuevamente hasta que la temperatura se estabilice y registre esta temperatura en la tabla.
- Repita el procedimiento anterior, pero ahora con las otras dos (3) piezas metálicas que hacen falta.

Parámetros/Pieza	Aluminio	Cobre	Plomo	Hierro
<b>M(g)</b>				
$M_{cal+agua}(g)$				
$T_{amb.}(^{\circ}C)$				
$T_{ebull.}(^{\circ}C)$				
$T_{equil.}(^{\circ}C)$				
<b>Calor Teórico</b>				
<b>Calor Experimental</b>				
<b>% de Error</b>				

Table 7.1: Tabla de Datos.

**DS9:** It is a program that visualizes astronomy images in FITS format (don't worry if you recognize this format, it will be explained later), where you can easily manipulate them, read their headers, compare, look at regions, see their characteristics, make graphs, even movies. Well, depending on what you need to use later you will be finding all the functions, the best way is to click everywhere and find out what happens, also you can ask to your astronomy colleagues they will tell you all the perks, or if you like learning by yourself or you need something specific check the documentation webpage. It is fairly easy to install, just follow the instructions.

**Download:** <http://ds9.si.edu/site/Download.html>

**Documentation:** <http://ds9.si.edu/site/Documentation.html>

The picture below shows (Fig.8.5 something cool you can do in DS9).

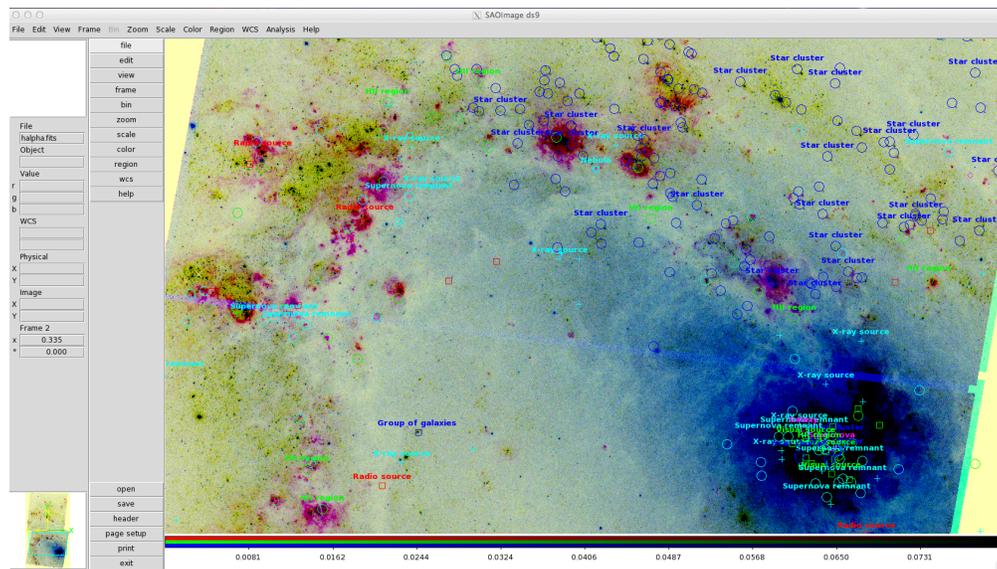


Figure 7.5: This is an RGB picture made from 3 independent FITS files, with a zscale and a region file overlaid from NED database, if you would like to learn more about this, or reproduce it, it is all explained in this webpage: <https://github.com/LaurethTeX/Clustering/blob/master/NEDtoREGION-FILE/KnownRegions.md>

**Python and a user interface:** The most *limitless* and user friendly way to develop programs in Astronomy is using Python, there are many packages, modules, functions now available to help you in almost anything. Me, as an undergrad engineer I'm used to program on an user interface and not directly in a terminal. So, here I will explain you my own way of doing things.

I make my programs on the Canopy editor, it shows when and where you have programming error and warnings, and the interface is easy to learn, now to run, I open a terminal, go to the directory where my program is, type `python wait` and then type `run myProgram.py`, and wait for the result.

Now there are a lot of fancier ways to work with *Python*, you can program and test directly using *IPython Notebook* on a web browser or you can just go for the terminal, use *nano* or *vi* or the text editor you like and then run it by typing `python myProgram.py`. At this point is up to you, but hey here are some links to start and the packages/modules you should install.

#### Interfaces or Development environments

- PyCharm, it a development environment, just like CodeBlocks or NetBeans <http://www.jetbrains.com/pycharm/>
- Spyder, actually this is the interface that comes with the Python distribution Anaconda, you will get the Python distribution and the interface. <https://store.continuum.io/cshop/anaconda/>
- Canopy, this is the one I mentioned before, it super easy to use and you can install packages with one click. <https://www.enthought.com/products/canopy/>

#### Modules

In Python, modules are like the libraries in C, therefore, to use math, astronomy and computer science tools you need to install them. To learn whether you already have a module installed or not, type on *iPython* `import andreaModule`, if the output result is something like `ImportError: No module named andreaModule`, you definitely don't have it installed.

The strategy here to install packages it fairly easy, find their website, go to the download section and follow the instructions, almost all the packages are available on the Python Packaging Index and may be installed by running:

```
pip install pyfits
```

To learn how to use them check the documentation page, user manuals or their API's, if you have experience on object oriented programming it will be like running a new bike and if you don't, don't worry too much, Python was designed to be easy to program, just learn the rules of the game.

- Astropy, this package is the *must have* of every astronomer, contains tools to handle coordinate systems, units, convolution.. well is better if you take a look at the webpage. <http://www.astropy.org/>
- Numpy, this package contains the math magic functions, linear algebra tools and the array management variables, make sure you learn all about *Numpy arrays* you will work with them all the time. <http://www.numpy.org/>
- SciPy, well this package is the base of all scikit modules which contain the functions you will use in image processing and machine learning. <http://www.scipy.org/>
  - Scikit Image, contains image processing tools, it is the *OpenCV* for *Python* <http://scikit-image.org/>
  - Scikit Learn, contains data mining algorithms, pretty much contains everything that you will ever need. <http://scikit-learn.org/>
- Matplotlib, this package is probably one of the most powerful tools visualize data, you can draw almost anything you want and exactly how you want it. An example of that are the images of the AstroML book, you can access to the image library code and learn how they are made, this is the website [http://www.astroml.org/book\\_figures/index.html](http://www.astroml.org/book_figures/index.html)<sup>1</sup>. You can download the package here <http://matplotlib.org/>.
- PyFITS, in this package you will find tools to manipulate FITS files, create new ones, create image cubes, tables, and do all kinds of things with their headers. Certainly this package is more than useful. [http://www.stsci.edu/institute/software\\_hardware/pyfits](http://www.stsci.edu/institute/software_hardware/pyfits)

In the path of researching I'm certain you will find more and new packages and by them you will be prepared to install anything.

**Montage:** This is a toolkit for assembling astronomical images into mosaics, but it has more functions that you may need in the future to prepare your data before processing it. There are two ways of installing and I would say that is better to have them both. One is to install the toolkit and anytime you need it, you run the commands on the terminal, the other one is to install a *Python* module and use it just like any other module. To install montage for terminal, download the latest version in this website <http://montage.ipac.caltech.edu/docs/download.html>, **read the README file** or go to this website <http://montage.ipac.caltech.edu/docs/build.html> and follow the steps, now if you don't have any problem installing it, you can try testing it with an example program found on this website [http://montage.ipac.caltech.edu/docs/pleiades\\_tutorial.html](http://montage.ipac.caltech.edu/docs/pleiades_tutorial.html), in case you are having trouble and your computer is a MAC, instead of doing step five (*If you want to be able to run the Montage executables from any directory*), try this:

1. Open a file called `.profile` located in your user folder. (e.g. `/Users/Laureth`)

```
$ vi .profile
```

2. Include in the file the following

```
export PATH=/Applications/Montage_v3.3/bin:$PATH
```

In this link (<https://github.com/LaurethTeX/Clustering/blob/master/Tools.md#the-profile-file>) you will find an example of how this file should look. After you modify it, make sure that you save it and type in `/Users/Laureth`,

---

<sup>1</sup>Statistics, Data Mining, and Machine Learning in Astronomy book, it was mentioned before

```
$ source .profile
```

Then try testing the *Montage* commands, and I'm sure that it will magically work, just remember that anytime you use any command, type `source .profile`.

Now the other way to install, implies only to install a *Python* module but this module contains less functions that the terminal application, in any case check the website <http://www.astropy.org/montage-wrapper/>, there you will find all the documentation you may need and the instructions to install it (*Spoilers* `pip install montage-wrapper`).

Any questions you may have and how to install, here is my GitHub page for software tools <https://github.com/LaurethTeX/Clustering/blob/master/Tools.md>

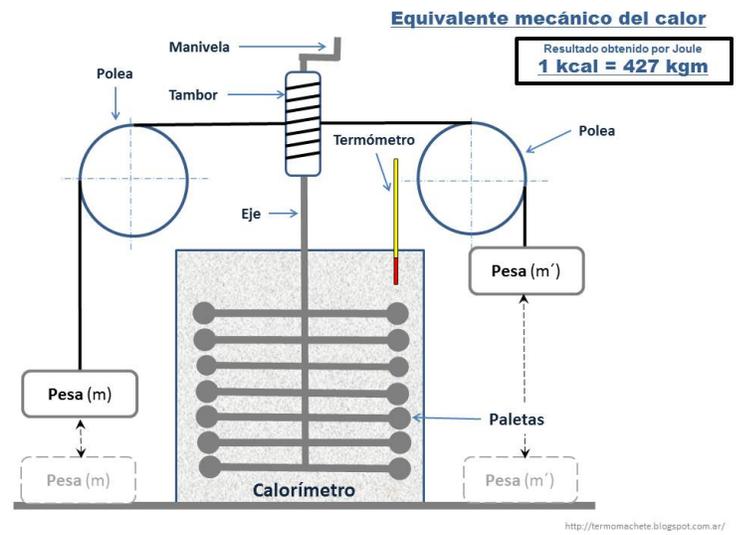
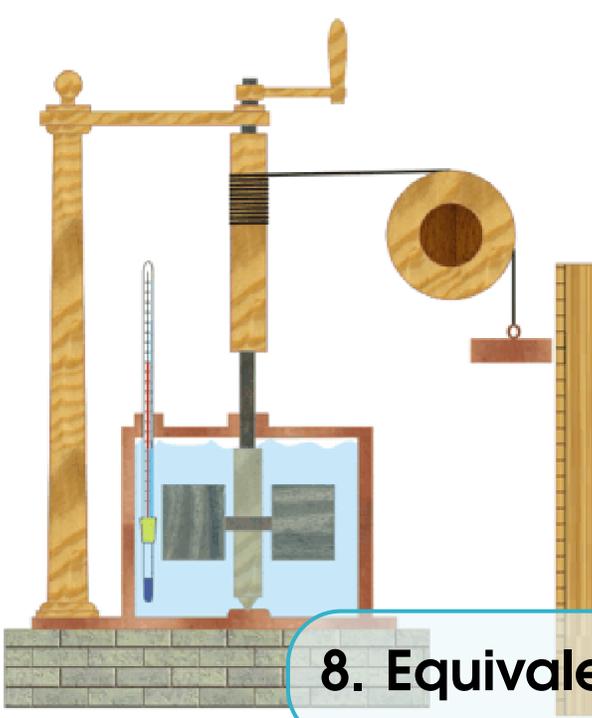
## 7.6 Análisis Cuantitativo y Cualitativo

- Determine el calor absorbido por el calorímetro, a partir de los datos de la tabla 1. Para cada ensayo, realice el cálculo explícito. Halle su valor promedio.
- Determine el calor específico de cada muestra, a partir de los datos de la tabla 2. Recuerde tener en cuenta para este cálculo el calor absorbido por el calorímetro.
- Determine el porcentaje de error del calor específico obtenido de la muestras con sus respectivos valores teóricos.

## 7.7 Conclusiones

## 7.8 Referencias





## 8. Equivalente Eléctrico del Calor

### 8.1 Objetivos

#### 8.1.1 General

Observar como la energía eléctrica se puede transformar la energía calorífica, comprobando la ley Joule.

#### 8.1.2 Específicos

- Determinar la potencia que consume una resistencia eléctrica en un intervalo de tiempo, teniendo la corriente que circula.
- Calcular la cantidad de calor que recibe el agua durante el tiempo.
- Realizar la comparación de la energía que emite la resistencia con la que absorbe el agua.

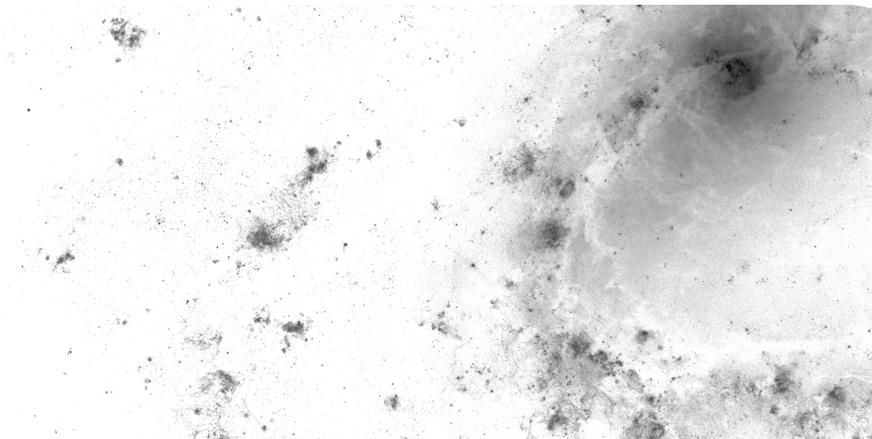


Figure 8.1: Pictured of the M83 galaxy, image taken from the WFC3 ERS M83 Data Products, <http://archive.stsci.edu/prepds/wfc3ers/m83datalist.html>

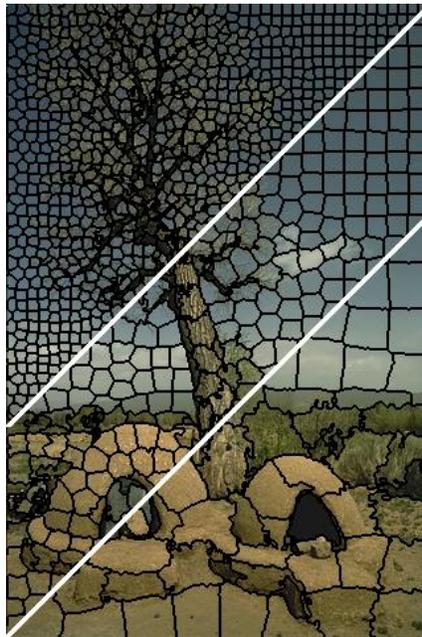


Figure 8.2: Example of a superpixel algorithm

**R** You can find some example test I tested with Matlab and with Python in this webpage: <https://github.com/LaurethTeX/Clustering/blob/master/Methods.md>, also there is a huge amount of information on the internet about this but here are two pages you might find useful:

- Superpixel: Empirical Studies and Applications  
<http://ttic.uchicago.edu/~xren/research/superpixel/>
- Segmentation Algorithms in scikits-image  
<http://peekaboo-vision.blogspot.ca/2012/09/segmentation-algorithms-in-scikits-image.html>

Also there is one article (from IEEE) I found about and might interest you, it's pure computer science,

- Normalized Cuts and Image Segmentation  
<http://www.cs.berkeley.edu/~malik/papers/SM-ncut.pdf>

## 8.2 Referentes Conceptuales y Marco Teórico

Teniendo en cuenta la conservación de la energía se debe comprobar que la energía disipada por un elemento y absorbida por otros debe ser la misma, para nuestro caso la energía disipada por la resistencia y que entrega el calorímetro debe ser la misma que absorbe el agua. Se debe tener en cuenta la relación que existe entre el joule y la caloría, se conoce que el joule es el producto de la fuerza por la distancia recorrida producto de esta y que puede estar representado como el trabajo realizado y la caloría es la cantidad de calor que se requiere para que un gramo de agua aumente su temperatura en un grado. La potencia en un circuito eléctrico es el producto de la diferencia de potencial por la corriente del circuito, para relacionarlos tenemos que tener en cuenta el tiempo requerido para la transferencia de la energía.

### 8.3 Actividades Previas al Laboratorio

Con base en la bibliografía propuesta, contestar y entender las siguientes preguntas relacionadas con la dilatación lineal y superficial de los diferentes cuerpos:

- ¿Cuál fue el experimento realizado por Joule?.
- ¿Cómo se calcular el equivalente de un objeto en agua?.
- ¿Cómo se puede transformar calorías a Joule?.
- ¿Cómo se pueden relacionar la cantidad de calor  $Q$  y el calor específico de un material?.
- Defina que es una caloría y como se relaciona con los alimentos.
- Defina que es Energía y Potencia Eléctrica

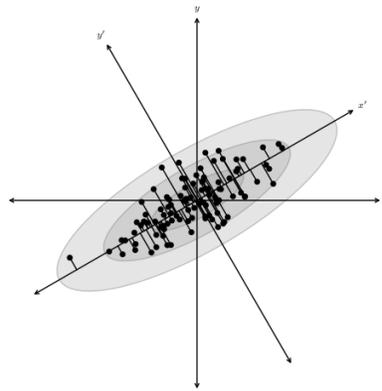


Figure 8.3: A distribution of points drawn from a bivariate Gaussian and centered on the origin of  $x$  and  $y$ . PCA defines a rotation such that the new axes ( $x'$  and  $y'$ ) are aligned along the directions of maximal variance (the principal components) with zero covariance. This is equivalent to minimizing the square of the perpendicular distances between the points and the principal components

**R** An example article, where they explain how to apply PCA on multi-wavelength images and also mentions the pros and cons of using it.

- Preserving Structure in Multi-wavelength Images of Extended Objects  
<http://arxiv.org/abs/1101.1679v1>

There's a whole section that talks about this subject with a machine learning approach as a preprocessing step in this nice book,

- Ivezić, Ž. and Connolly, A.J. and Vanderplas, J.T. and Gray, A., *Statistics, Data Mining and Machine Learning in Astronomy*, Princeton University Press, Princeton, NJ, 2014.

### 8.4 Materiales

Para la práctica de laboratorio se necesitan los siguientes elementos:

- Calorímetro con resistencias
- Termómetro
- Multímetro
- Cronometro
- Fuente de Voltaje
- Balanza

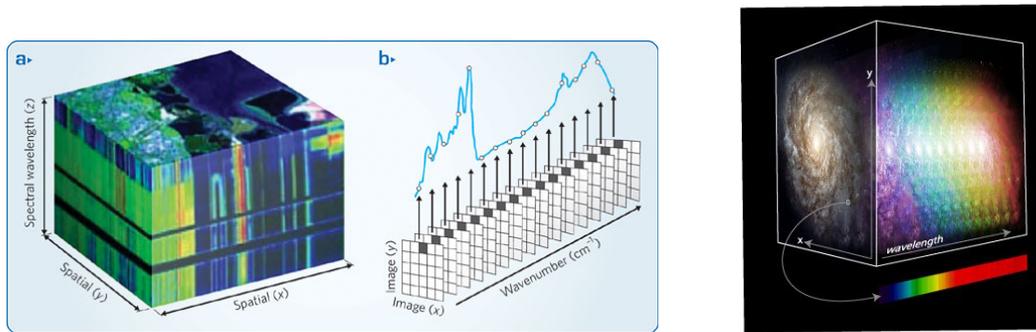


Figure 8.4: Illustrations of how a datacube looks like.

- Probeta
- Erlenmeyer

## 8.5 Procedimiento

- Calcular el valor equivalente en agua del calorímetro.
- Vierta en el calorímetro aproximadamente 200 cc de agua (o la cantidad de agua que cubra la resistencia del calorímetro).
- Introduzca el termómetro en el calorímetro luego encienda la fuente y simultáneamente inicie la toma del tiempo.
- Anote la lectura que registra el voltímetro y el amperímetro.
- Remueva suavemente el agua hasta observar un incremento en la temperatura de 2° aproximadamente, apague la fuente y siga removiendo hasta cuando observe que la temperatura se ha estabilizado y detenga el cronómetro.
- Los datos tomados anótelos en la tabla 1.
- Repita 2 veces mas el anterior procedimiento y realice los promedios.
- Realice la gráfica de Temperatura vs Tiempo.
- Realice la gráfica de Trabajo vs calor
- Realice los pasos anteriores pero agregue tinta negra al agua.

Ensayos		Ensayos	
$M_{calorimetro}$ .		$M_{agua}$ . (Kg)	
$M_{cal+agua}$ .		$\Delta T_{agua}$ . (°C)	
$T_{inicialdelagua}$ .		$Q_{ganadaporelagua}$ (cal)	
$T_{finaldelagua}$ .		$I$ (A)	
$V_{voltajeenlaresistencia}$ (volt)		$V$ (V)	
$I_{corrienteenlaresistencia}$ (amp)		$t$ (seg)	
$t$		$E_{energadisipadaporlaresistencia}$ .	
		$J_{equivalenteelctricodelcalor}$ .	
		<b>Error Porcentual</b>	

Table 8.1: Tabla de Datos.

Teniendo en cuenta que:

$$Q_{ganadoporelagua} = M \cdot c \cdot \Delta T \quad (8.1)$$

$$E_{disipadorlaresistencia} = V \cdot I \cdot t \quad (8.2)$$

$$J = \frac{E}{Q} \quad (8.3)$$

Donde: J= Energía. M= Masa. I= Corriente. t= Tiempo. c= Calor Específico. T= Temperatura. V= Diferencia de potencial.

**DS9:** It is a program that visualizes astronomy images in FITS format (don't worry if you recognize this format, it will be explained later), where you can easily manipulate them, read their headers, compare, look at regions, see their characteristics, make graphs, even movies. Well, depending on what you need to use later you will be finding all the functions, the best way is to click everywhere and find out what happens, also you can ask to your astronomy colleagues they will tell you all the perks, or if you like learning by yourself or you need something specific check the documentation webpage. It is fairly easy to install, just follow the instructions.

**Download:** <http://ds9.si.edu/site/Download.html>

**Documentation:** <http://ds9.si.edu/site/Documentation.html>

The picture below shows (Fig.8.5 something cool you can do in DS9).

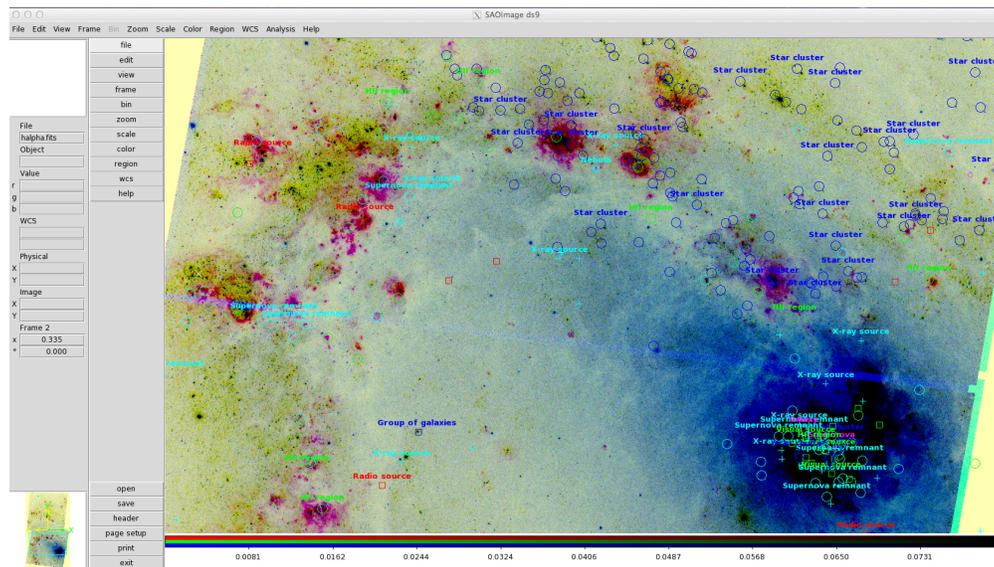


Figure 8.5: This is an RGB picture made from 3 independent FITS files, with a zscale and a region file overlaid from NED database, if you would like to learn more about this, or reproduce it, it is all explained in this webpage: <https://github.com/LaurethTeX/Clustering/blob/master/NEDtoREGION-FILE/KnownRegions.md>

**Python and a user interface:** The most *limitless* and user friendly way to develop programs in Astronomy is using Python, there are many packages, modules, functions now available to help you in almost anything. Me, as an undergrad engineer I'm used to program on an user interface and not directly in a terminal. So, here I will explain you my own way of doing things.

I make my programs on the Canopy editor, it shows when and where you have programming error and warnings, and the interface is easy to learn, now to run, I open a terminal, go to the directory where my program is, type `ipython` wait and then type `run myProgram.py`, and wait for the result.

Now there are a lot of fancier ways to work with *Python*, you can program and test directly using *IPython Notebook* on a web browser or you can just go for the terminal, use *nano* or *vi* or the text editor you like and then run it by typing `python myProgram.py`. At this point is up to you, but hey here are some links to start and the packages/modules you should install.

#### Interfaces or Development environments

- PyCharm, it a development environment, just like CodeBlocks or NetBeans <http://www.jetbrains.com/pycharm/>
- Spyder, actually this is the interface that comes with the Python distribution Anaconda, you will get the Python distribution and the interface. <https://store.continuum.io/cshop/anaconda/>
- Canopy, this is the one I mentioned before, it super easy to use and you can install packages with one click. <https://www.enthought.com/products/canopy/>

#### Modules

In Python, modules are like the libraries in C, therefore, to use math, astronomy and computer science tools you need to install them. To learn whether you already have a module installed or not, type on *IPython* `import andreaModule`, if the output result is something like `ImportError: No module named andreaModule`, you definitely don't have it installed.

The strategy here to install packages it fairly easy, find their website, go to the download section and follow the instructions, almost all the packages are available on the Python Packaging Index and may be installed by running:

```
pip install pyfits
```

To learn how to use them check the documentation page, user manuals or their API's, if you have experience on object oriented programming it will be like running a new bike and if you don't, don't worry too much, Python was designed to be easy to program, just learn the rules of the game.

- Astropy, this package is the *must have* of every astronomer, contains tools to handle coordinate systems, units, convolution.. well is better if you take a look at the webpage. <http://www.astropy.org/>
- Numpy, this package contains the math magic functions, linear algebra tools and the array management variables, make sure you learn all about *Numpy arrays* you will work with them all the time. <http://www.numpy.org/>
- SciPy, well this package is the base of all scikit modules which contain the functions you will use in image processing and machine learning. <http://www.scipy.org/>
  - Scikit Image, contains image processing tools, it is the *OpenCV* for *Python* <http://scikit-image.org/>
  - Scikit Learn, contains data mining algorithms, pretty much contains everything that you will ever need. <http://scikit-learn.org/>
- Matplotlib, this package is probably one of the most powerful tools visualize data, you can draw almost anything you want and exactly how you want it. An example of that are the images of the AstroML book, you can access to the image library code and learn how they are made, this is the website [http://www.astroml.org/book\\_figures/index.html](http://www.astroml.org/book_figures/index.html)<sup>1</sup>. You can download the package here <http://matplotlib.org/>.
- PyFITS, in this package you will find tools to manipulate FITS files, create new ones, create image cubes, tables, and do all kinds of things with their headers. Certainly this package is more than useful. [http://www.stsci.edu/institute/software\\_hardware/pyfits](http://www.stsci.edu/institute/software_hardware/pyfits)

<sup>1</sup>Statistics, Data Mining, and Machine Learning in Astronomy book, it was mentioned before

In the path of researching I'm certain you will find more and new packages and by them you will be prepared to install anything.

**Montage:** This is a toolkit for assembling astronomical images into mosaics, but it has more functions that you may need in the future to prepare your data before processing it. There are two ways of installing and I would say that is better to have them both. One is to install the toolkit and anytime you need it, you run the commands on the terminal, the other one is to install a *Python* module and use it just like any other module. To install montage for terminal, download the latest version in this website <http://montage.ipac.caltech.edu/docs/download.html>, **read the README file** or go to this website <http://montage.ipac.caltech.edu/docs/build.html> and follow the steps, now if you don't have any problem installing it, you can try testing it with an example program found on this website [http://montage.ipac.caltech.edu/docs/pleiades\\_tutorial.html](http://montage.ipac.caltech.edu/docs/pleiades_tutorial.html), in case you are having trouble and your computer is a MAC, instead of doing step five (*If you want to be able to run the Montage executables from any directory*), try this:

1. Open a file called `.profile` located in your user folder. (e.g. `/Users/Laureth`)

```
$ vi .profile
```

2. Include in the file the following

```
export PATH=/Applications/Montage_v3.3/bin:$PATH
```

In this link (<https://github.com/LaurethTeX/Clustering/blob/master/Tools.md#the-profile-file>) you will find an example of how this file should look. After you modify it, make sure that you save it and type in `/Users/Laureth`,

```
$ source .profile
```

Then try testing the *Montage* commands, and I'm sure that it will magically work, just remember that anytime you use any command, type `source .profile`.

Now the other way to install, implies only to install a *Python* module but this module contains less functions that the terminal application, in any case check the website <http://www.astropy.org/montage-wrapper/>, there you will find all the documentation you may need and the instructions to install it (*Spoilers* `pip install montage-wrapper`).

Any questions you may have and how to install, here is my GitHub page for software tools <https://github.com/LaurethTeX/Clustering/blob/master/Tools.md>

## 8.6 Análisis Cuantitativo y Cualitativo

- Calcular la capacidad calorífica del calorímetro ( Equivalente en agua ).
- Calcule la cantidad de calor que ganó el agua en el calorímetro y la cantidad de energía eléctrica que disipó la resistencia durante el intervalo de tiempo que circulo la corriente. ¿En qué se transforma esta energía?.
- ¿Cómo se incluye la Primera Ley de la Termodinámica en el experimento?.
- ¿Diga como se puede convertir el calor en energía mecánica y como la energía mecánica se puede transformar en calor?
- ¿Por qué es necesario revolver el agua antes de medir la temperatura final?
- ¿Por qué no toda la energía se convirtió en calor? el análisis de las gráficas
- Calcule el error %

## 8.7 Referencias