



Instituto Politécnico Nacional
"La Técnica al Servicio de la Patria"

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

**CENTRO DE ESTUDIOS CIENTIFICOS Y
TECNOLOGICOS 15
"DIODORO ANTUNEZ E"**

**UNIDAD DE APRENDIZAJE
FISICA II**



**LECTURAS
PERIODO A**

**PROFESOR
FIDEL BONILLA MORA**

AÑO 2021



1.1 HIDROSTATICA

Hidrostática es la parte de la Física que estudia a los fluidos en reposo. Se consideran fluidos tanto a los líquidos como a los gases, ya que un fluido es cualquier sustancia capaz de fluir. Una de las diferencias que existen entre los líquidos y los gases es su coeficiente de compresibilidad, es decir, mientras que los líquidos son prácticamente incompresibles, los gases son muy fáciles de comprimir.

- **LOS FLUIDOS Y SU IMPORTANCIA**

La materia se clasifica en tres estados o fases conocidos: sólido, líquido y gaseoso. Los sólidos tienden a conservar su forma. Una gran mayoría son bastante rígidos; no se deforman fácilmente bajo fuerzas externas porque las intensas fuerzas que ejercen sus átomos sobre sus átomos vecinos mantienen a cada átomo en una posición particular. Aun cuando los átomos vibran alrededor de posiciones de equilibrios fijas, no tienen la suficiente energía para romper los enlaces con sus vecinos. Para flexionar una barra de hierro, por ejemplo, es necesario alterar la distribución de sus átomos, lo cual no es fácil de realizar. Un herrero calienta el hierro en una fragua para aflojar los enlaces entre los átomos, de manera que el metal pueda doblarse para darle la forma requerida. En contraste con los sólidos, los líquidos y los gases no conservan sus formas. Un líquido fluye y adopta la forma del recipiente que lo contiene y un gas se expande hasta llenar el recipiente donde está contenido. Los **fluidos** tanto líquidos como gases se deforman fácilmente a causa de fuerzas externas.

1.1.1 Fluido

Sustancia que cede inmediatamente a cualquier fuerza tendente a alterar su forma, con lo que fluye y se adapta a la forma del recipiente. Los fluidos pueden ser líquidos o gases. Las partículas que componen un líquido no están rígidamente adheridas entre sí, pero están más unidas que las de un gas. El volumen de un líquido contenido en un recipiente hermético permanece constante, y el líquido tiene una superficie límite definida. En contraste, un gas no tiene límite natural, y se expande y difunde en el aire disminuyendo su densidad. A veces resulta difícil distinguir entre sólidos y fluidos, porque los sólidos pueden fluir muy lentamente cuando están sometidos a presión, como ocurre por ejemplo en los glaciares

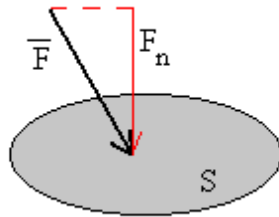
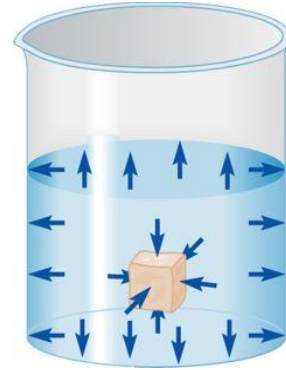
Propiedades de los fluidos

- (líquidos y gases) son materiales que fluyen
- Los átomos o moléculas de un fluido no tienen posiciones fijas; por esa razón no poseen una forma definida. Al aplicarle una fuerza se puede hacer que fluya fácilmente; por ejemplo, la contracción del músculo del corazón ejerce una fuerza que bombea la sangre a través de los vasos sanguíneos del cuerpo. Sin embargo, esa contracción no cambia el *volumen* de la sangre en una cantidad significativa. En muchas situaciones podemos pensar en los líquidos como **incompresibles**, es decir, que tienen un volumen fijo que es imposible cambiar. La forma del líquido se puede modificar vaciándolo de un contenedor que tenga una forma determinada a otro de forma diferente, pero el volumen del líquido permanece igual.

- En la mayoría de los líquidos, los átomos o moléculas están cerca, casi tan apretadamente como en la fase sólida del mismo material. En un líquido, las fuerzas intermoleculares son casi tan fuertes como las de los sólidos, pero las moléculas no están sujetas en posiciones fijas como lo están en los sólidos. Esa es la razón por la cual el volumen de un líquido puede permanecer casi constante mientras que su forma cambia con facilidad. El agua es una de las excepciones: en el agua fría, las moléculas de la fase líquida están en realidad más estrechamente cercanas que las de la fase sólida (hielo).
- Los gases, por otro lado, no se pueden caracterizar por un volumen definido ni tampoco por una forma determinada. Un gas se expande hasta llenar su recipiente y se puede comprimir fácilmente. Las moléculas de un gas están mucho más alejadas en comparación con las moléculas de los líquidos y los sólidos. Las moléculas están casi libres de interacciones mutuas, excepto cuando chocan entre sí.
- Los gases son mucho más compresibles que los líquidos.

1.2 Concepto de presión

La fuerza que ejerce un fluido en equilibrio sobre un cuerpo sumergido en cualquier punto es perpendicular a la superficie del cuerpo. La presión es una magnitud escalar y es una característica del punto del fluido en equilibrio, que dependerá únicamente de sus coordenadas.

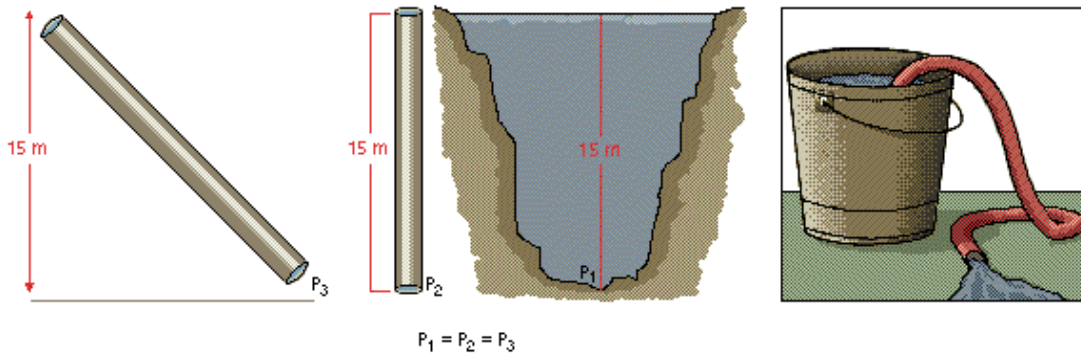


Se define presión como el cociente entre la componente normal de la fuerza sobre una superficie y el área de dicha superficie.

$$P = \frac{F_n}{S}$$

La unidad de medida recibe el nombre de [pascal](#) (Pa).

Las leyes de la mecánica de fluidos pueden observarse en muchas situaciones cotidianas. Por ejemplo, la presión ejercida por el agua en el fondo de un estanque es igual que la ejercida por el agua en el fondo de un tubo estrecho, siempre que la profundidad sea la misma. Si se inclina un tubo más largo lleno de agua de forma que su altura máxima sea de 15 m, la presión será la misma que en los otros casos (*izquierda*). En un sifón (*derecha*), la fuerza hidrostática hace que el agua fluya hacia arriba por encima del borde hasta que se vacíe el cubo o se interrumpa la succión



EXPLORE POR SI MISMO

En un frasco grande de vidrio transparente llénalo con agua fría, deja caer sobre su superficie unas gotas de tinta o colorante vegetal. Sin agitar ve como el colorante se difunde lentamente por el líquido, toma el tiempo. Que se necesita para que todo el líquido colorea uniformemente. Repite el experimento pero ahora con agua mas caliente ¿como interpretas lo que sucede?

1.2.1 Presión atmosférica

La presión atmosférica puede medirse con un barómetro. Un barómetro simple consiste en un tubo lleno de mercurio que se invierte dentro de un depósito, algo de mercurio sale del tubo hacia el depósito, pero en el tubo queda una columna sostenida por la presión del aire sobre la superficie del depósito. Este dispositivo puede verse como un manómetro de tubo cerrado; la presión que mide es únicamente la presión atmosférica, porque la presión manométrica (la presión por arriba de la presión por abajo de la presión atmosférica) es cero.

Barómetro de mercurio



Un barómetro de mercurio es un sistema preciso y relativamente sencillo para medir los cambios de la presión atmosférica. Al nivel del mar, y en condiciones atmosféricas normales, el peso de la atmósfera hace subir al mercurio 760 mm por un tubo de vidrio calibrado. A mayor altitud, el mercurio sube menos porque la columna de aire situada sobre el barómetro es menor.

Entonces la presión atmosférica es igual a la presión debida al peso de la columna de mercurio es decir:

$$p_a = \rho gh$$

La presión atmosférica puede medirse en atmósferas (atm); en el Sistema Internacional de unidades (SI), la presión se expresa en newton por metro cuadrado; un newton por metro cuadrado es un pascal (Pa). La atmósfera se define como 101.325 Pa, y equivale a 760 mm de mercurio en un barómetro convencional.

1.2.2 Atmósfera

Mezcla de gases que rodea un objeto celeste (como la Tierra) cuando éste cuenta con un campo gravitatorio suficiente para impedir que escapen. La atmósfera terrestre está constituida principalmente por nitrógeno (78%) y oxígeno (21%). El 1% restante lo forman el argón (0,9%), el dióxido de carbono (0,03%), distintas proporciones de vapor de agua, y trazas de hidrógeno, ozono, metano, monóxido de carbono, helio, neón, kriptón y xenón.

La atmósfera se divide en varios niveles. En la capa inferior, la troposfera, la temperatura suele bajar 5,5 °C por cada 1.000 metros. Es la capa en la que se forman la mayor parte de las nubes. La troposfera se extiende hasta unos 16 km en las regiones tropicales (con una temperatura de -79 °C) y hasta unos 9,7 km en latitudes templadas (con una temperatura de unos -51 °C). A continuación está la estratosfera. En su parte inferior la temperatura es prácticamente constante, o bien aumenta ligeramente con la altitud, especialmente en las regiones tropicales. Dentro de la capa de ozono, aumenta más rápidamente, con lo que, en los límites superiores de la estratosfera, casi a 50 km sobre el nivel del mar, es casi igual a la de la superficie terrestre. El estrato llamado mesosfera, que va desde los 50 a los 80 km, se caracteriza por un marcado descenso de la temperatura al ir aumentando la altura.

La densidad del aire seco al nivel del mar representa aproximadamente un 1/800 de la densidad del agua. A mayor altitud desciende con rapidez, siendo proporcional a la presión e inversamente proporcional a la temperatura. La presión se mide mediante un barómetro y su valor, expresado en torrs, está relacionado con la altura a la que la presión atmosférica mantiene una columna de mercurio; 1 torr equivale a 1 mm de mercurio. La presión atmosférica normal a nivel del mar es de 760 torrs, o sea, 760 mm de mercurio. En torno a los 5,6 km es de 380 torrs; la mitad de todo el aire presente en la atmósfera se encuentra por debajo de este nivel. La presión disminuye más o menos a la mitad por cada 5,6 km de ascensión. A una altitud de 80 km la presión es de 0,007 torr.

1.2.3 Presión manométrica

En el mundo práctico de las bombas, neumáticos de automóviles y tanques de aire comprimido, la presión se mide con un manómetro, ajustado para indicar cero al aire libre, pero que no tiene en cuenta el efecto de la atmósfera. Esta presión por arriba debajo de la presión atmosférica se **llama presión manométrica** (la distinguiremos con el subíndice G de gauge, manómetro en inglés). La mayoría de los medidores de presión, o manómetros, miden la diferencia entre la presión de un fluido y la presión atmosférica local. Para pequeñas diferencias de presión se emplea un manómetro que consiste en un tubo en forma de U con un extremo conectado al recipiente que contiene el fluido y el otro extremo abierto a la atmósfera. El tubo contiene un líquido, como agua, aceite o mercurio, y la diferencia entre los niveles del líquido en ambas ramas indica la diferencia entre la presión del recipiente y la presión atmosférica local. Para diferencias de presión mayores se utiliza el manómetro de Bourdon, llamado así en honor al inventor francés Eugène Bourdon. Este manómetro está formado por un tubo hueco de sección ovalada curvado en forma de gancho. Los manómetros empleados para registrar fluctuaciones rápidas de presión suelen utilizar sensores piezoeléctricos o electrostáticos que proporcionan una respuesta instantánea. La presión manométrica se mide con un instrumento llamado manómetro y se emplea para medir la presión en tuberías, depósitos cerrados, tanques de buceo, submarinos etc.

Para que el fluido de la figura adjunta pase de la bolsa a la vena, la presión manométrica en la aguja ($P_G = \rho gh$) debe ser mayor que la presión manométrica de la sangre en el brazo, de acuerdo a los valores de la tabla siguiente. La presión manométrica dentro de una vena es menor que 2kPa (es decir 15 mm de Hg.), así que la bolsa debe elevarse cuando menos 20 cm. sobre el brazo.



Algunas presiones de los fluidos en el organismo humano

Presión manométrica

Lugar	mm Hg.	KPa
Cerebro , fluido que lo rodea	5 - 12	0.7 – 1.6
Ojo, humor acuoso	12 - 24	1.6 – 3.2
Pulmones		
Inhalación	- 2	- 0.3
exhalación	3	0.4
Pecho intratoracica		
Inhalación	- 6	- 0.8
Exhalación	- 2.5	- 0.3
Sangre arterial al nivel del corazón		
Máxima(sistólica)		
Mínima(Diastólica)	100 – 140	13 – 19
	60 – 90	8 – 12
Vejiga		
Promedio	0 – 25	0 – 3
Durante la micción	15 – 30	2 – 4

1.2.4 Presión absoluta

Como la mayoría de los manómetros miden la diferencia entre la presión del fluido y la presión atmosférica local, hay que sumar ésta última al valor indicado por el manómetro para hallar **la presión absoluta**. Una lectura negativa del manómetro corresponde a un vacío parcial.

$$\text{Presión absoluta} = \text{Presión atmosférica} + \text{Presión manométrica}$$

1.2.5 Rango de presiones.

Las presiones pueden variar entre 10^{-8} y 10^{-2} mm de mercurio de presión absoluta en aplicaciones de alto vacío, hasta miles de atmósferas en prensas y controles hidráulicos. Con fines experimentales se han obtenido presiones del orden de millones de atmósferas, y la fabricación de diamantes artificiales exige presiones de unas 70.000 atmósferas, además de temperaturas próximas a los 3.000 °C. En la atmósfera, el peso cada vez menor de la columna de aire a medida que aumenta la altitud hace que disminuya la presión atmosférica local. Así, la presión baja desde su valor de 101.325 Pa al nivel del mar hasta unos 2.350 Pa a 10.700 m (35.000 pies, una altitud de vuelo típica de un reactor).

Por 'presión parcial' se entiende la presión efectiva que ejerce un componente gaseoso determinado en una mezcla de gases. La presión atmosférica total es la suma de las presiones parciales de sus componentes (oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono y gases nobles).

1.3 Unidades de presión

Ejemplo 1 Presión atmosférica, conversión a pascales, torricelli.

Con los siguientes datos

$h = 76 \text{ cm}$, o 760 mm de mercurio

$\rho_{\text{Hg}} = 13.5951 \times 10^3 \text{ Kg / m}^3$

$g = 9.806 \text{ m / s}^2$

Modelo matemático $p_a = \rho gh$

Altura en metros SNM	UNIDADES DE PRESION Atmósferas	NEWTONS/M ² Pascal	KG/cm ²	cm de Hg Altura Barométrica	torricelli
0	1.0000	1.0130×10^5	1.0320	76.00	760.0
300	0.9652	0.9777×10^5	0.9963	73.35	733.5
600				70.70	707.0
900				68.20	682.0
1200				65.74	657.4
1500				63.65	636.5
1800				61.06	610.6
2100				58.81	588.1
2400				56.62	566.2
2700				54.52	545.2
3000				52.52	525.2

EXPLORE POR SI MISMO

Toma un vaso desechable aproximadamente 250ml, llénalo con agua, practícale un pequeño agujero en uno de sus costados, cerca del fondo, y ve como sale el agua. Ahora deja caer el vaso. ¿Qué sucede al chorro mientras cae el vaso? ¿Qué sucede si lo levantas con rapidez?

1.4 Principio de Pascal.

Una característica fundamental de cualquier fluido en reposo es que la fuerza ejercida sobre cualquier partícula del fluido es la misma en todas direcciones. Si las fuerzas fueran desiguales, la partícula se desplazaría en la dirección de la fuerza resultante. De ello se deduce que la fuerza por unidad de superficie la presión que el fluido ejerce contra las paredes del recipiente que lo contiene, sea cual sea su forma, es perpendicular a la pared en cada punto. Si la presión no fuera perpendicular, la fuerza tendría una componente tangencial no equilibrada y el fluido se movería a lo largo de la pared.

Este concepto fue formulado por primera vez en una forma un poco más amplia por el matemático y filósofo francés Blaise Pascal en 1647, y se conoce como **principio de Pascal**. Dicho principio, que tiene aplicaciones muy importantes en hidráulica, afirma que **la presión aplicada sobre un fluido contenido en un recipiente se transmite por igual en todas direcciones y a todas las partes del recipiente, siempre que se puedan despreciar las diferencias de presión debidas al peso del fluido y a la profundidad**.

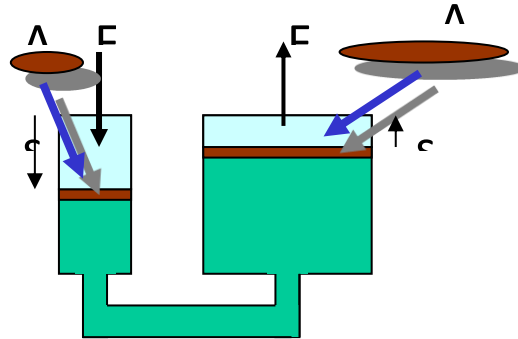
Cuando la gravedad es la única fuerza que actúa sobre un líquido contenido en un recipiente abierto, la presión en cualquier punto del líquido es directamente proporcional al peso de la columna vertical de dicho líquido situada sobre ese punto.

La presión es a su vez proporcional a la profundidad del punto con respecto a la superficie, y es independiente del tamaño o forma del recipiente. Así, la presión en el fondo de una tubería vertical llena de agua de 1 cm de diámetro y 15 m de altura es la misma que en el fondo de un lago de 15 m de profundidad. De igual forma, si una tubería de 30 m de longitud se llena de agua y se inclina de modo que la parte superior esté sólo a 15 m en vertical por encima del fondo, el agua ejercerá la misma presión sobre el fondo que en los casos anteriores, aunque la distancia a lo largo de la tubería sea mucho mayor que la altura de la tubería vertical. Blaise Pascal fue un físico francés el cual experimentó con líquidos encerrados y los efectos que la presión ejerce sobre ellos. El resultado de sus experimentos se resume en:

- ❖ "Una presión externa aplicada a un líquido encerrado, se transmite uniformemente en todas direcciones a través de todo el volumen del líquido".

- ❖ La prensa hidráulica es un depósito que utiliza a los líquidos que no son compresibles y hace que distribuyan la fuerza de manera íntegra a través de ellos.
- ❖ Cuando aplicamos una fuerza F , sobre el área A_1 , se crea una presión hidrostática, la cual se transmite al área A_2 .
- ❖ El área A_1 es mayor que el área A_2 .
- ❖ Sabemos que toda fuerza genera una presión.

1.4.1 Aplicaciones del Principio de Pascal



	La cual por el principio de Pascal llega al área A_2 .	De igual magnitud $P_2 = P_1$ La ecuación de la prensa hidráulica.
$P_1 = \frac{F}{A_1}$	$P_2 = \frac{f}{A_2}$	$\frac{F}{A_1} = \frac{f}{A_2}$

Problema:

El área menor de una prensa hidráulica cuenta con 8 cm^2 y la mayor con 30 cm^2 ¿cuál es el peso que se puede levantar al aplicar el área chica una fuerza de 15 kg ?

Datos:	Modelo Matemático:	Despeje	Sustitución y operaciones
$A_1 = 8 \text{ cm}^2$		$f = \frac{F A_2}{A_1}$	$f = \frac{(15 \text{ kg})(30 \text{ cm}^2)}{8 \text{ cm}^2}$
$A_2 = 30 \text{ cm}^2$	$\frac{F}{A_1} = \frac{f}{A_2}$		
$F = 15 \text{ N}$			$f = 60 \text{ N}$
$f = ?$			

Es decir, con ayuda de una prensa hidráulica podemos duplicar fuerzas, con lo cual el gasto energético es menor.

Aplicación del Principio de pascal

Al oprimir el pedal de freno en un automóvil se empuja un pistón con un área transversal de 3.0 cm^2 . El pistón aplica presión al fluido de frenos, el cual está conectado a dos pistones, cada uno de ellos con un área de 12.0 cm^2 . Cada uno presiona el forro de freno contra un costado de un rotor unido a una de las ruedas. a) Cuando la fuerza aplicada por el pedal de freno al pistón pequeño es de 7.5 N , ¿cuál es la fuerza normal aplicada a cada costado del rotor?

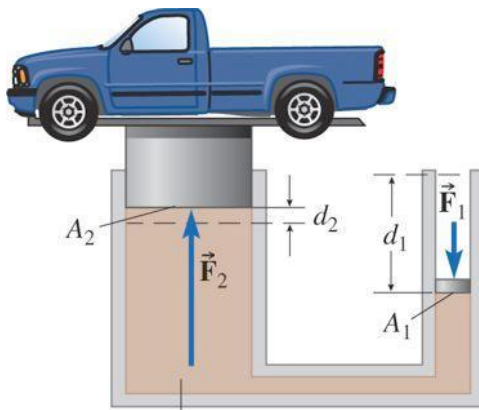
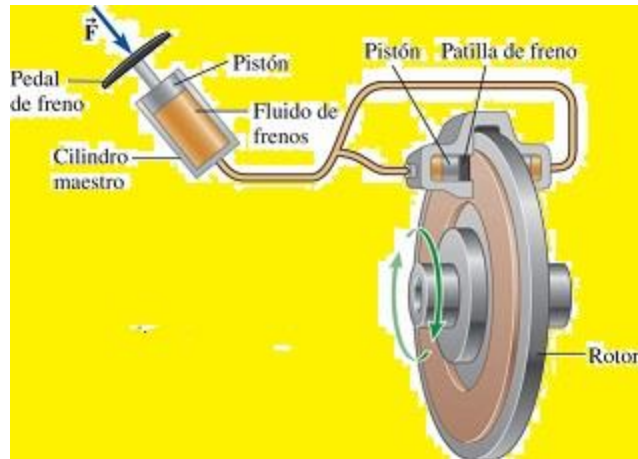


Diagrama simplificado de un elevador hidráulico. Observe que el pistón 1 se tiene que mover una distancia grande (d_1) para elevar la camioneta una distancia mucho más pequeña (d_2). En un elevador hidráulico real, el pistón 1 se reemplaza generalmente por una bomba que extrae fluido de un depósito y lo empuja hacia el sistema hidráulico.

1.4.2 Principio de Arquímedes.

El segundo principio importante de la estática de fluidos fue descubierto por el matemático y filósofo griego Arquímedes. ***El principio de Arquímedes afirma que todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta una fuerza hacia arriba igual al peso del volumen de fluido desplazado por dicho cuerpo.*** Esto explica por qué flota un barco muy cargado; el peso del agua desplazada por el barco equivale a la fuerza hacia arriba que mantiene el barco a flote.

El punto sobre el que puede considerarse que actúan todas las fuerzas que producen el efecto de flotación se llama centro de flotación, y corresponde al centro de gravedad del fluido desplazado. El centro de flotación de un cuerpo que flota está situado exactamente encima de su centro de gravedad. Cuanto mayor sea la distancia entre ambos, mayor es la estabilidad del cuerpo.

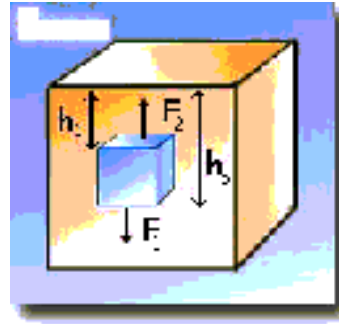
El principio de Arquímedes permite determinar la densidad de un objeto cuya forma es tan irregular que su volumen no puede medirse directamente. Si el objeto se pesa primero en el aire y luego en el agua, la diferencia de peso será igual al peso del volumen de agua desplazado, y este volumen es igual al volumen del objeto, si éste está totalmente sumergido. Así puede determinarse fácilmente la densidad del objeto (masa dividida por volumen). Si se requiere una precisión muy elevada, también hay que tener en cuenta el peso del aire desplazado para obtener el volumen y la densidad correctos.

1.4.2.1 Concepto de flotación.

F_1 = jala al cuerpo hacia abajo.
 F_2 = empuja al cuerpo hacia arriba.
 $h_2 - h_1$ = la altura del cuerpo.

La fuerza de flotación es llamada empuje.

$$E = F_1 - F_2$$



F_2 es el peso de una columna de líquido sobre el cuerpo, la cual se aplica en una área A . en una profundidad h_1 .

$$F_1 = \rho \cdot h_1 \cdot A; F_2 = \rho \cdot h_2 \cdot A.$$

$$E = \rho \cdot h_2 \cdot A - \rho \cdot h_1 \cdot A$$

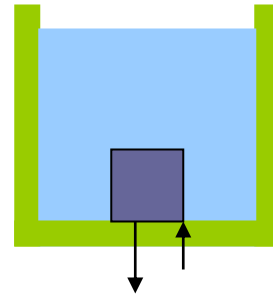
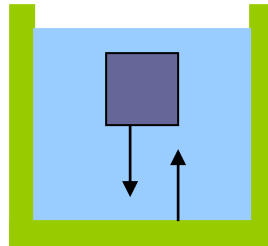
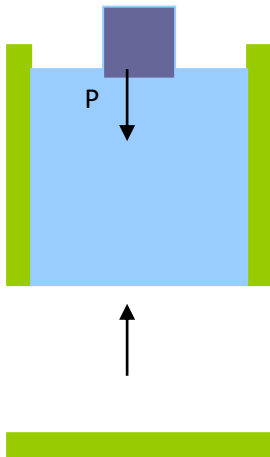
$$\rho \text{ es el peso específico del líquido. } E = \rho \cdot A \cdot (h_2 - h_1)$$

$$E = \rho \cdot A \cdot h.$$

En éste punto nos encontramos que $\rho = \frac{P}{V}$ y $A \times h = V$ con lo cual tenemos:

$$E = \frac{P}{V} \cdot V \quad \text{entonces } E = P$$

De acuerdo con la magnitud de estas fuerzas tendremos los siguientes casos:



Si el peso de un cuerpo es menor al empuje que recibe, flota porque desaloja menor cantidad de líquido que su volumen.

$$P < E$$

Si el peso de un cuerpo es igual al empuje que recibe, permanecerá en equilibrio, es decir sumergido dentro del líquido.

$$P = E$$

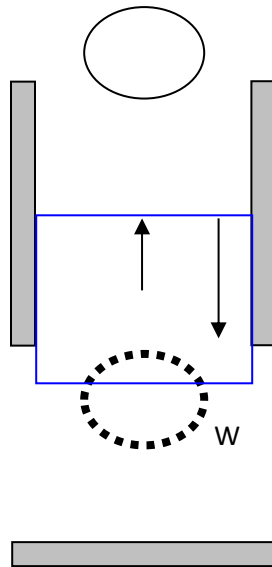
Si el peso de un cuerpo es mayor al empuje que recibe, se hunde, sufriendo una disminución aparente de su peso.

$$P > E$$

$$P > E$$

EJEMPLO SOBRE EL PRINCIPIO DE ARQUIMIDES

Una pieza de oro pesa 30 gr. En el aire y 25 gr, cuando esta sumergido dentro de un liquido si la densidad del oro es de $19.3 \times 10^3 \text{ Kg / m}^3$ ¿Cuál es la densidad del liquido en Kg / m^3 ?



QUE TENGO

QUE ME FALTA

QUE VOY HACER

$$P_{\text{aire}} = 30 \times 10^{-3} \text{ Kg}$$

$$E = \delta \cdot g \cdot V \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 1$$

Calcular el volumen de la pieza de oro.

$$P_{\text{liquido}} = 25 \times 10^{-3} \text{ Kg}$$

$$E = P_{\text{aire}} - P_{\text{liquido}} \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 2$$

$$\delta = \frac{m_0}{V_0} \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 3$$

$$\delta_{\text{oro}} = 19.3 \times 10^3 \text{ Kg / m}^3$$

De 2 tenemos

de donde

$$E = \boxed{30 \times 10^{-3} \text{ Kg} - 25 \times 10^{-3} \text{ Kg}}$$

$$V_0 = \frac{m_0}{\delta_0}$$

Por lo tanto el valor del empuje por parte del liquido es:

$$= \frac{30 \times 10^{-3} \text{ Kg}}{19.3 \times 10^3 \text{ Kg / m}^3}$$

$$E = 5 \times 10^{-3} \text{ Kg}$$

Por lo tanto el volumen de la pieza de oro es =

De la ec. 1 tenemos que:

$$\delta = \frac{E}{g \times V}$$

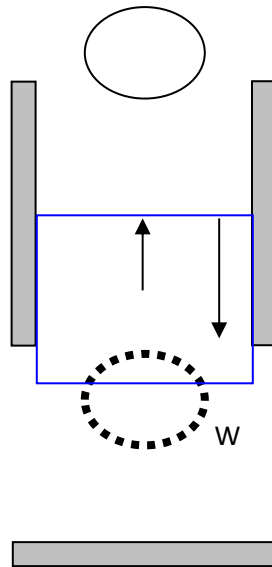
$V_0 = 1.55 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

$$= \frac{5 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 1.55 \times 10^{-3} \text{ m}^3}$$

$$\delta = 3.225 \times 10^3 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

EJEMPLO SOBRE EL PRINCIPIO DE ARQUIMIDES

Una pieza irregular de metal, pesa 10 gr, en el aire y 8 gr, cuando esta sumergido dentro de agua, si la densidad del agua es de $1.0 \times 10^3 \text{ Kg} / \text{m}^3$ ¿Cuál es la densidad del metal en Kg / m^3 ?



QUE TENGO

QUE ME FALTA

QUE VOY HACER

$$P_{\text{aire}} = 10 \times 10^{-3} \text{ Kg}$$

$$E = \delta \cdot g \cdot V \quad \text{_____ 1}$$

El volumen desalojado es igual al volumen de la pieza irregular por lo tanto:

$$P_{\text{liquido}} = 8 \times 10^{-3} \text{ Kg}$$

$$E = P_{\text{aire}} - P_{\text{liquido}} \quad \text{_____ 2}$$

La densidad de la pieza es

$$\delta_{\text{agua}} = 1.0 \times 10^3 \text{ Kg} / \text{m}^3 \quad \text{De 2 tenemos}$$

$$\delta = \frac{m_0}{V_0} \quad \text{_____ 3}$$

$$g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$E = \boxed{10 \times 10^{-3} \text{ Kg} - 8 \times 10^{-3} \text{ Kg}}$$

$$\delta = \frac{10 \times 10^{-3} \text{ Kg}}{2 \times 10^{-6} \text{ m}^3}$$

Por lo tanto la densidad de la pieza de metal es:

Recuerda si el peso esta dado en Kg. se refiere al concepto de masa.

Por lo tanto el valor del empuje por parte del líquido es:

$$E = 2 \times 10^{-3} \text{ Kg}$$

$$\delta = 5 \times 10^3 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

De la ec. 1 tenemos que:

$$V = \frac{E}{\delta \times g}$$

$$= \frac{2 \times 10^{-3} \text{ Kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 5 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V = 2.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

1.5 Propiedades de los fluidos

1.5.1 Tensión superficial

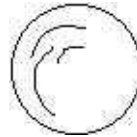
La superficie de un líquido tiene propiedades especiales que no se asocian con el interior del líquido. La superficie actúa como una membrana estirada bajo tensión. La **tensión superficial** (símbolo γ , la letra griega gamma) de un líquido es la fuerza por unidad de *longitud* con la cual la superficie tira *sobre su borde*. La dirección de la fuerza es tangente a la superficie en su borde. La tensión superficial se origina por las fuerzas de cohesión que tiran de las moléculas para acercarlas entre sí. La tensión es el resultado de las fuerzas moleculares, que ejercen una atracción no compensada hacia el interior del líquido sobre las moléculas individuales de la superficie; esto se refleja en la considerable curvatura en los bordes donde el líquido está en contacto con la pared del recipiente. La forma casi perfectamente esférica de una burbuja de jabón, que se debe a la distribución de la tensión sobre la delgada película de jabón, es otro ejemplo de esta fuerza. La tensión superficial es suficiente para sostener una aguja colocada horizontalmente sobre el agua. La tensión superficial es importante en condiciones de ingravidez; en los vuelos espaciales, los líquidos no pueden guardarse en recipientes abiertos porque ascienden por las paredes de los recipientes.

Manifestaciones de la tensión superficial

La elevada tensión superficial del agua hace posible que algunos insectos pequeños caminen sobre la superficie de un estanque. Las patas de esos insectos forman pequeñas depresiones en la superficie del agua; la deformación de la superficie hace que ésta empuje hacia arriba sobre sus patas como si la superficie del agua fuera una delgada lámina de caucho. Otras pequeñas criaturas acuáticas, como la larva de mosquito y la planaria, se cuelgan de la superficie del agua, aprovechando la tensión superficial para sostenerse pegadas a la superficie. En las plantas, la tensión superficial ayuda al transporte del agua desde las raíces hasta las hojas.



Forma de las gotas de líquido

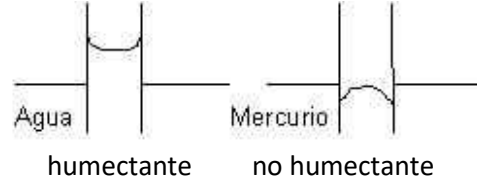
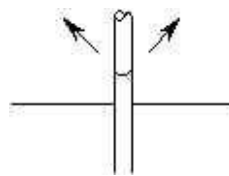


En el aire

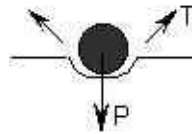


Sobre una superficie rígida

Capilaridad y formación de meniscos



Flotación de una aguja aceitada



Pompa penetrada por gotas que impactan

1.5.2 Capilaridad

Elevación o depresión de la superficie de un líquido en la zona de contacto con un sólido, por ejemplo, en las paredes de un tubo. Este fenómeno es una excepción a la ley hidrostática de los vasos comunicantes, según la cual una masa de líquido tiene el mismo nivel en todos los puntos; el efecto se produce de forma más marcada

en tubos capilares (del latín *capillus*, 'pelo', 'cabello'), es decir, tubos de diámetro muy pequeño. La capilaridad, o acción capilar, depende de las fuerzas creadas por la tensión superficial y por el mojado de las paredes del tubo. Si las fuerzas de adhesión del líquido al sólido (mojado) superan a las fuerzas de cohesión dentro del líquido (tensión superficial), la superficie del líquido será cóncava y el líquido subirá por el tubo, es decir, ascenderá por encima del nivel hidrostático. Este efecto ocurre por ejemplo con agua en tubos de vidrio limpios. Si las fuerzas de cohesión superan a las fuerzas de adhesión, la superficie del líquido será convexa y el líquido caerá por debajo del nivel hidrostático. Así sucede por ejemplo con agua en tubos de vidrio grasientos (donde la adhesión es pequeña) o con mercurio en tubos de vidrio limpios (donde la cohesión es grande). La absorción de agua por una esponja y la ascensión de la cera fundida por el pabilo de una vela son ejemplos familiares de ascensión capilar. El agua sube por la tierra debido en parte a la capilaridad, y algunos instrumentos de escritura como la pluma estilográfica (fuente) o el rotulador (plumón) se basan en este principio.

La atracción entre moléculas que mantiene unidas las partículas de una sustancia. La cohesión es distinta de la adhesión; la cohesión es la fuerza de atracción entre partículas adyacentes dentro de un mismo cuerpo, mientras que la adhesión es la interacción entre las superficies de distintos cuerpos. En los gases, la fuerza de cohesión puede observarse en su licuefacción, que tiene lugar al comprimir una serie de moléculas y producirse fuerzas de atracción suficientemente altas para proporcionar una estructura líquida.

En los líquidos, la cohesión se refleja en la tensión superficial, causada por una fuerza no equilibrada hacia el interior del líquido que actúa sobre las moléculas superficiales, y también en la transformación de un líquido en sólido cuando se comprimen las moléculas lo suficiente.

La **cohesión** es la fuerza de atracción intermolecular de partículas de la misma naturaleza.

La **adhesión** es la fuerza de atracción intermolecular entre partículas de diferente naturaleza.

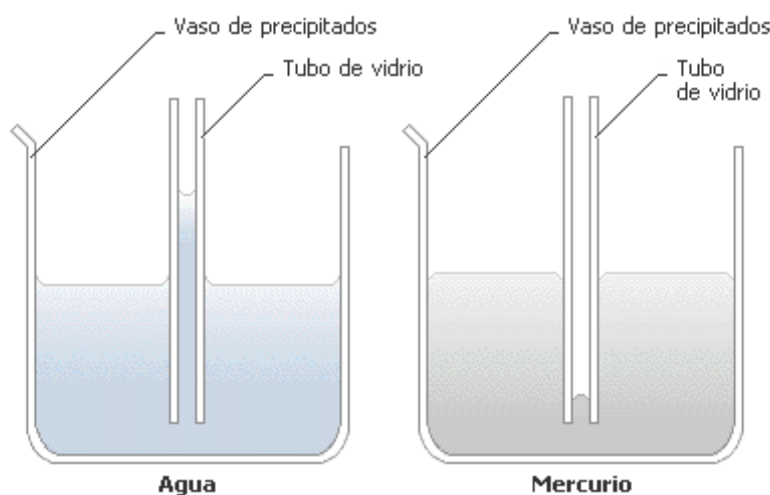
Si la adhesión es mayor que la cohesión el fluido es humectante (agua-vidrio)

Si la adhesión es menor que la cohesión el fluido es no humectante (mercurio-vidrio, agua- superficie grasosa)

La capilaridad de los líquidos se debe a que la atracción de sus moléculas por la superficie con la que están en contacto (adhesión) es mayor o menor que la atracción que experimentan entre ellas mismas (cohesión). Las

moléculas de agua, por ejemplo, se atraen menos entre sí de lo que son atraídas por el vidrio, por lo que el agua asciende por un tubo de vidrio delgado sumergido en un recipiente con agua.

Las moléculas de mercurio, en cambio, se atraen más entre sí de lo que atraen al vidrio, por lo que el mercurio baja por un tubo de vidrio delgado sumergido en un recipiente con mercurio.



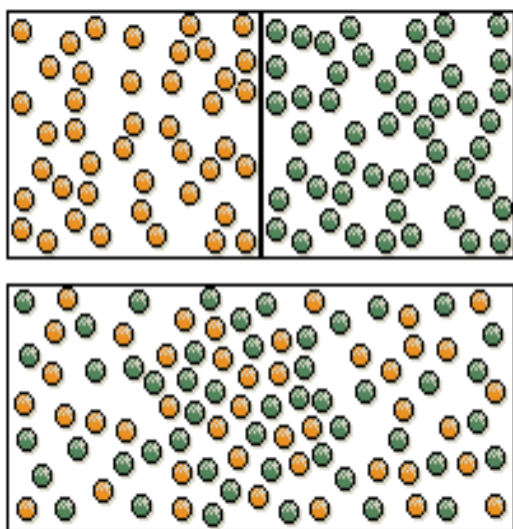
1.5.3 Difusión

Difusión, en física, flujo de energía o materia desde una zona de mayor concentración a otra de menor concentración, tendente a producir una distribución homogénea. La difusión de materia suele producirse aún más despacio. Si se coloca un terrón de azúcar en el fondo de un vaso de agua, el azúcar se disolverá y se difundirá lentamente a través del agua, pero si no se remueve el líquido pueden pasar semanas antes de que la solución se aproxime a la homogeneidad. También un sólido puede difundirse en otro. Por ejemplo, en un objeto de cobre chapado en oro, éste último se difunde lentamente a través de la superficie del cobre; no obstante, la difusión de una cantidad apreciable de oro a distancias no microscópicas suele exigir miles de años. Todos estos tipos de difusión siguen las mismas leyes. En todos los casos, la velocidad de difusión es proporcional al área de la sección transversal y al gradiente de concentración, temperatura o carga (cuando el gradiente es pequeño). Así, por ejemplo, el calor avanza cuatro veces más rápido por una varilla con un diámetro de 2 cm que por una con 1 cm de diámetro —puesto que la sección transversal de la primera es cuatro

veces mayor—, y el doble de rápido cuando el gradiente de temperatura es de $10\text{ }^{\circ}\text{C/cm}$ que cuando sólo es de $5\text{ }^{\circ}\text{C/cm}$.

La velocidad de difusión también es proporcional a una propiedad específica de la sustancia, que en el caso del calor o la electricidad se denomina conductividad; en el caso de la materia, esta propiedad se llama difusividad o coeficiente de difusión. La cantidad de materia que se difunde en un tiempo determinado, o la distancia que recorre, es proporcional a la raíz cuadrada del tiempo; así, si el azúcar necesita una semana para difundirse en agua 1 cm desde su punto de partida, necesitará cuatro semanas para difundirse a lo largo de 2 cm. La velocidad de difusión es, por tanto, directamente proporcional a la velocidad media de las moléculas. En el caso de los gases, esta velocidad media es mayor en moléculas más pequeñas, al ser inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la masa molecular; por otra parte, la velocidad aumenta intensamente con una subida de temperatura.

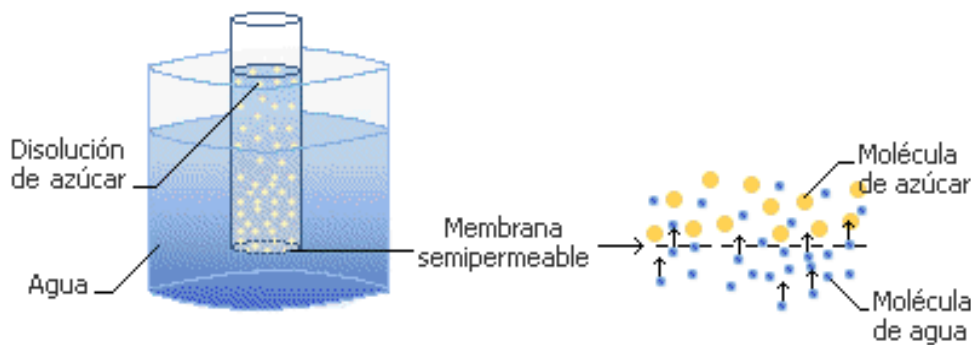
Los procesos de difusión tienen una gran importancia biológica. Por ejemplo, la digestión es esencialmente un proceso de transformación química de los alimentos para que puedan pasar al torrente sanguíneo por difusión a través de la pared intestinal.



La tendencia natural de las moléculas a moverse desde zonas de alta concentración hacia zonas de baja concentración se llama difusión. Cuando se retira la barrera entre dos sustancias, las moléculas se redistribuyen (o difunden) por todo el recipiente. Al final, la mezcla alcanza un estado de equilibrio, en el que las moléculas de ambas sustancias están mezcladas uniformemente. Aunque el número total de moléculas en el recipiente es el mismo que antes de quitar la barrera, la concentración de cada sustancia es menor. La velocidad de difusión depende de la masa de las moléculas: las moléculas con más masa se difunden más lentamente. Este principio se emplea para separar el uranio 235, el isótopo de uranio empleado en reactores nucleares, del uranio 238.

1.5.4 Ósmosis

Ósmosis, en biología y química, paso de un componente de una disolución a través de una membrana que impide el paso del resto de los componentes de dicha disolución. Muchas membranas permiten pasar todos los componentes de la disolución, otras no dejan pasar ninguno y otras, finalmente, sólo permiten un paso selectivo. En la ósmosis clásica, se introduce en un recipiente con agua un tubo vertical con el fondo cerrado con una membrana semipermeable y que contiene una disolución de azúcar. A medida que el agua pasa a través de la membrana hacia el tubo, el nivel de la disolución de azúcar sube visiblemente. Una membrana semipermeable idónea para este experimento es la que existe en el interior de los huevos, entre la clara y la cáscara. En este experimento, el agua pasa en ambos sentidos a través de la membrana. Pasa más cantidad de agua hacia donde se encuentra la disolución concentrada de azúcar, pues la concentración de agua es mayor en el recipiente con agua pura; o lo que es lo mismo, hay en ésta menos sustancias diluidas que en la disolución de azúcar. El nivel del líquido en el tubo de la disolución de azúcar se elevará hasta que la presión hidrostática iguale el flujo de moléculas de disolvente a través de la membrana en ambos sentidos. Esta presión hidrostática recibe el nombre de presión osmótica. Numerosos principios de la física y la química intervienen en el fenómeno de la ósmosis en animales y plantas.



Proceso de ósmosis

En la ósmosis, un disolvente (a menudo agua) se mueve desde una zona de baja concentración hacia una zona de alta concentración a través de una membrana semipermeable. Aquí, las moléculas de agua se difunden en la disolución concentrada de azúcar debido a que son lo suficientemente pequeñas como para poder moverse a través de la membrana; las moléculas de azúcar, de mayor tamaño, son incapaces de atravesarla. La ósmosis finaliza cuando las dos disoluciones alcanzan la misma concentración a cada lado de la membrana.

1.5.4 Viscosidad

Propiedad de un fluido que tiende a oponerse a su flujo cuando se le aplica una fuerza. Los fluidos de alta viscosidad presentan una cierta resistencia a fluir; los fluidos de baja viscosidad fluyen con facilidad. La fuerza con la que una capa de fluido en movimiento arrastra consigo a las capas adyacentes de fluido determina su viscosidad, que se mide con un recipiente (viscosímetro) que tiene un orificio de tamaño conocido en el fondo. La velocidad con la que el fluido sale por el orificio es una medida de su viscosidad.

La viscosidad del agua a temperatura ambiente (20 °C) es de 0,0100 poises; en el punto de ebullición (100 °C) disminuye hasta 0,0028 poises. La viscosidad de un fluido disminuye con la reducción de densidad que tiene lugar al aumentar la temperatura. En un fluido menos denso hay menos moléculas por unidad de volumen que puedan transferir impulso desde la capa en movimiento hasta la capa estacionaria. Esto, a su vez, afecta a la velocidad de las distintas capas. El momento se transfiere con más dificultad entre las capas, y la viscosidad disminuye. En algunos líquidos, el aumento de la velocidad molecular compensa la reducción de la densidad. Los aceites de silicona, por ejemplo, cambian muy poco su tendencia a fluir cuando cambia la temperatura, por lo que son muy útiles como lubricantes cuando una máquina está sometida a grandes cambios de temperatura.

2.1 HIDRODINÁMICA

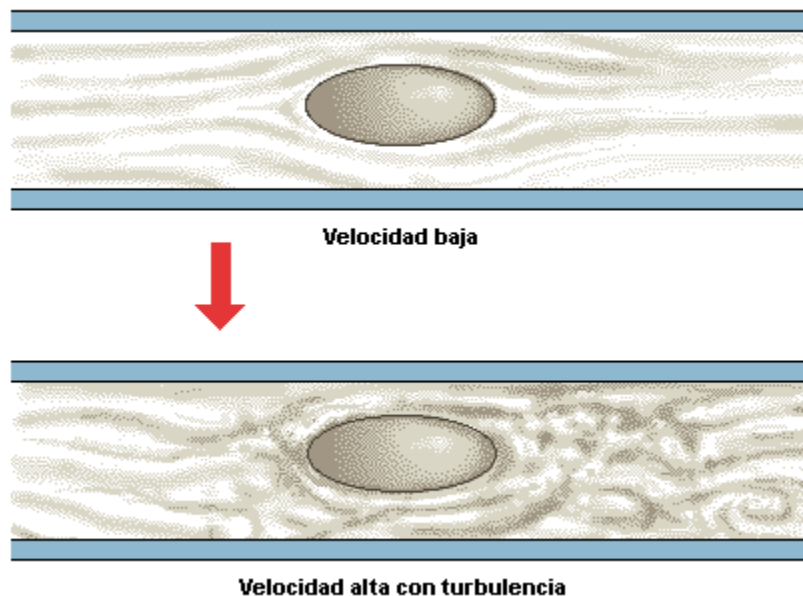
Esta rama de la mecánica de fluidos se ocupa de las leyes de los fluidos en movimiento; estas leyes son enormemente complejas, y aunque la hidrodinámica tiene una importancia práctica mayor que la hidrostática, sólo podemos tratar aquí algunos conceptos básicos. El término de hidrodinámica se aplica al flujo de líquidos o al flujo de los gases a baja velocidad, en el que puede considerarse que el gas es esencialmente incompresible. La aerodinámica, o dinámica de gases, se ocupa del comportamiento de los gases cuando los cambios de velocidad y presión son lo suficientemente grandes para que sea necesario incluir los efectos de la compresibilidad. Entre las aplicaciones de la mecánica de fluidos están la propulsión a chorro, las turbinas, los compresores y las bombas (véase Aire comprimido). La hidráulica estudia la utilización en ingeniería de la presión del agua o del aceite.

El interés por la dinámica de fluidos se remonta a las aplicaciones más antiguas de los fluidos en ingeniería. Arquímedes realizó una de las primeras contribuciones con la invención, que se le atribuye tradicionalmente, del tornillo sin fin. La acción impulsora del tornillo de Arquímedes es similar a la de la pieza semejante a un sacacorchos que tienen las picadoras de carne manuales. Los romanos desarrollaron otras máquinas y mecanismos hidráulicos; no sólo empleaban el tornillo de Arquímedes para bombear agua en agricultura y minería, sino que también construyeron extensos sistemas de acueductos, algunos de los cuales todavía funcionan.

Después de Arquímedes pasaron más de 1.800 años antes de que se produjera el siguiente avance científico significativo, debido al matemático y físico italiano Evangelista Torricelli, que inventó el barómetro en 1643 y formuló el teorema de Torricelli, que relaciona la velocidad de salida de un líquido a través de un orificio de un recipiente, con la altura del líquido situado por encima de dicho agujero. El siguiente gran avance en el desarrollo de la mecánica de fluidos tubo que esperar a la formulación de las leyes del movimiento por el matemático y físico inglés Isaac Newton. Estas leyes fueron aplicadas por primera vez a los fluidos por el matemático suizo Leonhard Euler, quien dedujo las ecuaciones básicas para un fluido sin rozamiento (no viscoso).

2.1.1 Movimiento laminar y turbulento

A bajas velocidades, los fluidos fluyen con un movimiento suave llamado laminar, que puede describirse mediante las ecuaciones de Navier-Stokes, deducidas a mediados del siglo XIX. A velocidades altas, el movimiento de los fluidos se complica y se hace turbulento. En los fluidos que fluyen por tubos, la transición del movimiento laminar al turbulento depende del diámetro del tubo y de la velocidad, densidad y viscosidad del fluido. Cuanto mayores son el diámetro, la velocidad y la densidad, y cuanto menor es la viscosidad, más probable es que el flujo sea turbulento



Los primeros experimentos cuidadosamente documentados del rozamiento en flujos de baja velocidad a través de tuberías fueron realizados independientemente en 1839 por el fisiólogo francés Jean Louis Marie Poiseuille, que estaba interesado por las características del flujo de la sangre, y en 1840 por el ingeniero hidráulico alemán Gotthilf Heinrich Ludwig Hagen. A velocidades bajas, las partículas del fluido siguen las líneas de corriente (flujo laminar), y los resultados experimentales coinciden con las predicciones analíticas. A velocidades más elevadas, surgen fluctuaciones en la velocidad del flujo, o remolinos (flujo turbulento), en una forma que ni siquiera en la actualidad se puede predecir completamente.

Los flujos turbulentos no se pueden evaluar exclusivamente a partir de las predicciones calculadas, y su análisis depende de una combinación de datos experimentales y modelos matemáticos; gran parte de la investigación moderna en mecánica de fluidos está dedicada a una mejor formulación de la turbulencia. Puede observarse la transición del flujo laminar al turbulento y la complejidad del flujo turbulento cuando el humo de un cigarrillo asciende en aire muy tranquilo. Al principio, sube con un movimiento laminar a lo largo de líneas de corriente, pero al cabo de cierta distancia se hace inestable y se forma un sistema de remolinos entrelazados.

2.1.2 Fluidos ideales

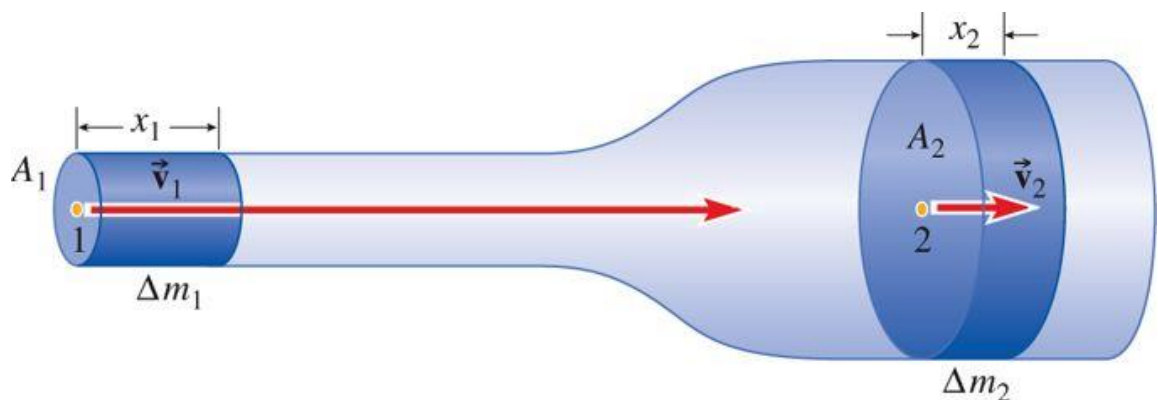
El movimiento de un fluido real es muy complejo. Para simplificar su descripción consideraremos el comportamiento de un fluido ideal cuyas características son las siguientes:

- Fluido no viscoso. Se desprecia la fricción interna entre las distintas partes del fluido
- Flujo estacionario. La velocidad del fluido en un punto es constante con el tiempo
- Fluido incompresible. La densidad del fluido permanece constante con el tiempo
- Flujo irrotacional. No presenta torbellinos, es decir, no hay momento angular del fluido respecto de cualquier punto.

2.1.3 Ecuación de continuidad

Empezamos por obtener la ecuación de continuidad, la cual relaciona la rapidez del flujo con el área transversal del fluido. Supongamos que un fluido incompresible fluye en una tubería cuya área transversal no es uniforme, en condiciones de flujo estacionario. En la , el fluido de la izquierda se mueve con una rapidez u_1 . Durante un tiempo Δt , el fluido recorre una distancia:

$$x_1 = u_1 \Delta t$$



Un fluido incompresible fluye horizontalmente a través de un tubo no uniforme.

Si A_1 es el área transversal de esta sección de tubería, entonces la masa del agua que pasa por el punto 1 en un tiempo Δt es:

$$\Delta m_1 = \rho V_1 = \rho A_1 x_1 = \rho A_1 u_1 \Delta t$$

Durante este intervalo de tiempo, la masa del fluido que pasa por el punto 2 es:

$$\Delta m_2 = \rho V_2 = \rho A_2 x_2 = \rho A_2 u_2 \Delta t$$

Pero, si el flujo es estacionario, la masa que pasa a través de una sección del tubo en un intervalo de tiempo Δt debe pasar a través de cualquier otra sección del tubo en el mismo intervalo de tiempo. Por lo tanto, o bien,

$$\Delta m_1 = \Delta m_2$$

o bien,

$$\rho A_1 u_1 \Delta t = \rho A_2 u_2 \Delta t \quad (9-10)$$

La cantidad ρAu es el *caudal másico* del fluido:

- **Caudal másico:**

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \rho Au \quad (\text{Unidad del SI: kg/s}) \quad (9-11)$$

Debido a que los intervalos de tiempo Δt son los mismos, la [ecuación_](#) indica que el caudal másico que pasa por cualquier par de puntos es igual. Ya que la densidad de un fluido incompresible es constante, el caudal volumétrico que pasa por cualquier par de puntos también debe ser el mismo:

- **Caudal volumétrico:**

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = Au \quad (\text{Unidad del SI: m}^3/\text{s}) \quad (9-12)$$

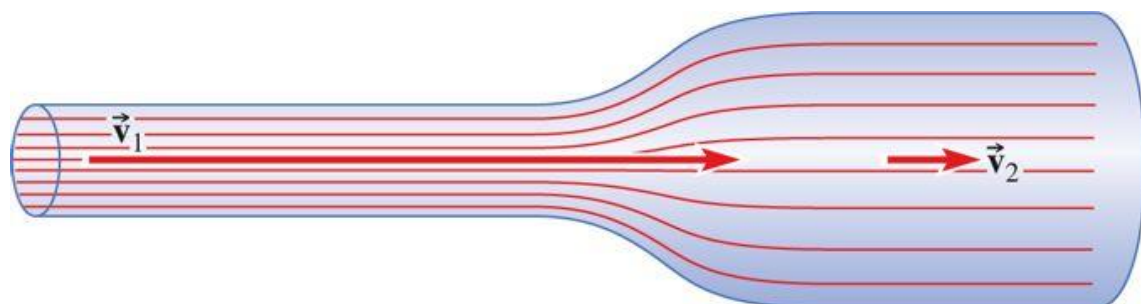
La **ecuación de continuidad** para un fluido incompresible corresponde a los caudales volumétricos al pasar por dos puntos diferentes:

- **Ecuación de continuidad para un fluido incompresible:**

$$A_1 u_1 = A_2 u_2 \quad (9-13)$$

El mismo volumen de fluido que entra al tubo en un intervalo de tiempo dado, sale del tubo en el mismo intervalo de tiempo. Donde el radio del tubo es más grande, la rapidez del fluido es pequeña; donde el radio es pequeño, la rapidez del fluido es grande. Un ejemplo que nos es familiar es lo que pasa cuando usted usa su dedo pulgar para bloquear parcialmente el extremo de una manguera y obtener un chorro de agua a mayor presión. El agua sale pasando de su pulgar, donde el área transversal es más pequeña, a una rapidez mayor que cuando se mueve en el resto de la manguera. En forma similar, el agua que pasa por un río aumenta su rapidez y forma rápidos cuando la ribera del río se estrecha o cuando es bloqueada parcialmente por piedras y guijarros.

Las líneas de corriente están más cerca unas de otras donde el fluido fluye con mayor rapidez y más alejadas donde éste fluye con lentitud (véase la [figura 9.20](#)). Por lo tanto, las líneas de corriente nos ayudan a visualizar el flujo de un fluido. La velocidad del fluido en cualquier punto es tangente a la línea de corriente que pasa por ese punto.



Líneas de corriente en un tubo cuya área transversal varía.

Consideremos una porción de fluido dentro de una tubería como se muestra en la figura, el instante inicial t y en el instante $t + \Delta t$.

En un intervalo de tiempo Δt la sección S_1 que limita a la porción de fluido en la tubería inferior se mueve hacia la derecha $\Delta x_1 = v_1 \Delta t$. La masa de fluido desplazada hacia la derecha es: $\Delta m_1 = \rho \cdot S_1 \Delta x_1 = \rho S_1 v_1 \Delta t$.

Análogamente, la sección S_2 que limita a la porción de fluido considerada en la tubería superior se mueve hacia la derecha $\Delta x_2 = v_2 \Delta t$ en el intervalo de tiempo Δt . La masa de fluido desplazada es $\Delta m_2 = \rho S_2 v_2 \Delta t$. Debido a que el flujo es estacionario la masa que

atraviesa la sección S_1 en el tiempo Δt , tiene que ser igual a la masa que atraviesa la sección S_2 en el mismo intervalo de tiempo. Luego

$$v_1 S_1 = v_2 S_2$$

Esta relación se denomina ecuación de continuidad.

En la figura, el radio del primer tramo de la tubería es el doble que la del segundo tramo, luego la velocidad del fluido en el segundo tramo es cuatro veces mayor que en el primero.

2.2 Teorema de Bernoulli



Daniel Bernoulli

Perteneciente a una célebre familia de científicos suizos, el matemático y físico Daniel Bernoulli realizó importantes aportaciones a la mecánica de fluidos.

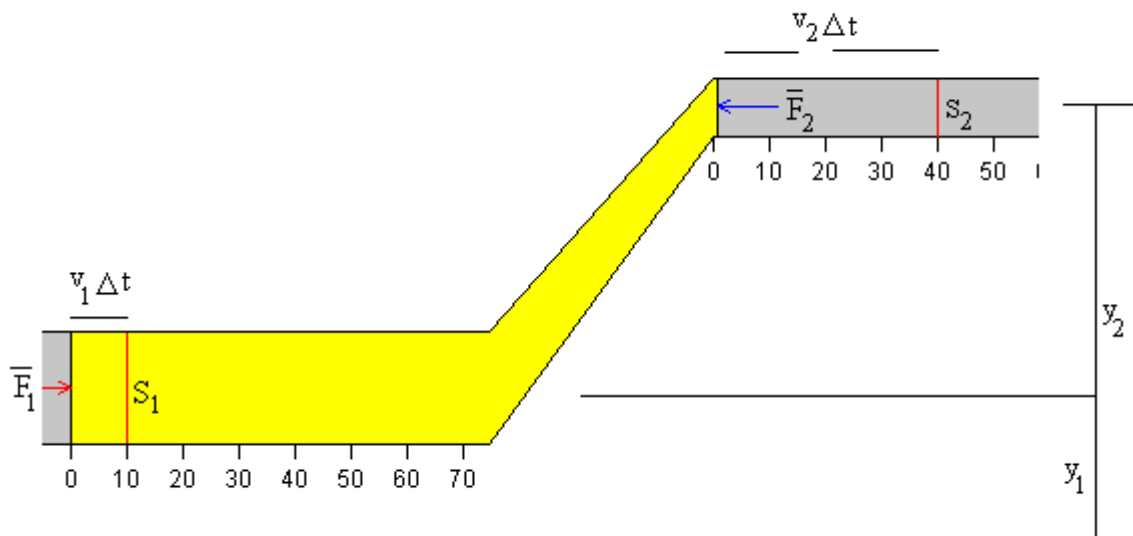
Estos flujos cumplen el llamado teorema de Bernoulli, enunciado por el matemático y científico suizo Daniel Bernoulli.

El teorema afirma que la energía mecánica total de un flujo incompresible y no viscoso (sin rozamiento) es constante a lo largo de una línea de corriente. Las líneas de corriente son líneas de flujo imaginarias que siempre son paralelas a la dirección del flujo en cada punto, y en el caso de flujo uniforme coinciden con la trayectoria de las partículas individuales de fluido.

El teorema de Bernoulli implica una relación entre los efectos de la presión, la velocidad y la gravedad, e indica que la velocidad aumenta cuando la presión disminuye. Este principio es importante para la medida de flujos, y también

Enunció el teorema de hidrodinámica que lleva su nombre, aplicable a flujos incompresibles y sin rozamiento. puede emplearse para predecir la fuerza de sustentación de un ala en vuelo.

Evaluemos los cambios energéticos que ocurren en la porción de fluido señalada en color amarillo, cuando se desplaza a lo largo de la tubería. En la figura, se señala la situación inicial y se compara la situación final después de un tiempo Δt . Durante dicho intervalo de tiempo, la cara posterior S_2 se ha desplazado $v_2 \Delta t$ y la cara anterior S_1 del elemento de fluido se ha desplazado $v_1 \Delta t$ hacia la derecha.



La **variación de energía cinética** es $E_k = \frac{1}{2} \Delta m v_2^2 - \frac{1}{2} \Delta m v_1^2 = \frac{1}{2} \rho \Delta V (v_2^2 - v_1^2)$

El resto del fluido ejerce fuerzas debidas a la presión sobre la porción de fluido considerado, sobre su cara anterior y sobre su cara posterior

$$F_1 = p_1 S_1 \text{ y } F_2 = p_2 S_2.$$

El **trabajo de las fuerzas exteriores** es $W = F_1 x_1 - F_2 x_2 = (p_1 - p_2) V$

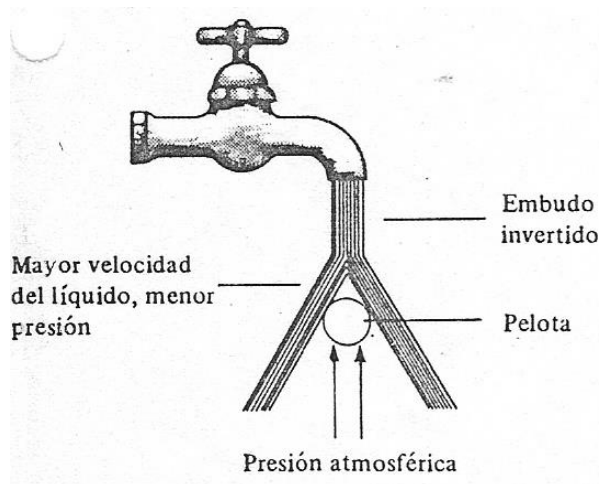
El teorema del trabajo-energía nos dice que el trabajo de las fuerzas exteriores que actúan sobre un sistema de partículas modifica la energía cinética y la energía potencial del sistema de partículas

$$W = E_k + E_p$$

Simplificando el término ΔV y reordenando los términos obtenemos la ecuación de Bernoulli

$$p_1 + \rho g y_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \rho g y_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

Aplicaciones del teorema de Bernoulli

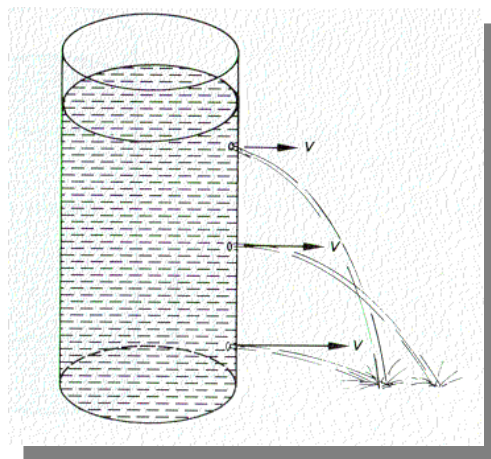


Coloque un embudo en posición invertida junto a un grifo de agua como se ve en la figura abra la llave de tal forma que salga un chorro regular de agua. Coloque una pelota de tenis de mesa hasta el fondo del embudo y suéltela, observara que quedara suspendida en la corriente de agua sin caer. Esto se debe a que al fluir el agua, y encontrarse con un obstáculo que es la pelota, aumenta su velocidad al pasar alrededor de ella, disminuyendo su presión. Como la pelota recibe la presión que la atmósfera ejerce sobre ella y esta es mayor que la presión del agua, no cae.

2.2.1 Principio de Torricelli



Evangelista Torricelli (1608-1647), matemático y físico italiano, conocido sobre todo por el invento del barómetro. Nació en Faenza y estudió en el Collegio di Sapienza en Roma. De 1641 a 1642 fue ayudante de Galileo. A la muerte de éste en 1642, Torricelli le sucedió como profesor de filosofía y matemáticas en la Academia Florentina. Descubrió y determinó el valor de la presión atmosférica y en 1643 inventó el barómetro. Fue autor de Trattato del moto (Tratado sobre el movimiento, c. 1640) y Opera geometrica (Obra geométrica, 1644). Una unidad de medida, el torr, utilizada en física para indicar la presión barométrica cuando se trabaja en condiciones cercanas al vacío, se denomina así en su honor.



Un depósito cilíndrico, de sección S_1 tiene un orificio muy pequeño en el fondo de sección S_2 mucho más pequeña que S_1 . Aplicamos el [teorema de Bernoulli](#)

$$p_1 + \rho g y_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \rho g y_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

suponiendo que la velocidad del fluido en la sección mayor S_1 es despreciable $v_1 \approx 0$ comparada con la velocidad del fluido v_2 en la sección menor S_2 .

De acuerdo con el teorema de Torricelli, la velocidad de salida de un líquido por un orificio practicado en su fondo es la misma que la que adquiere un cuerpo que cayese libremente en el vacío desde una altura h , siendo h la altura de la columna de fluido

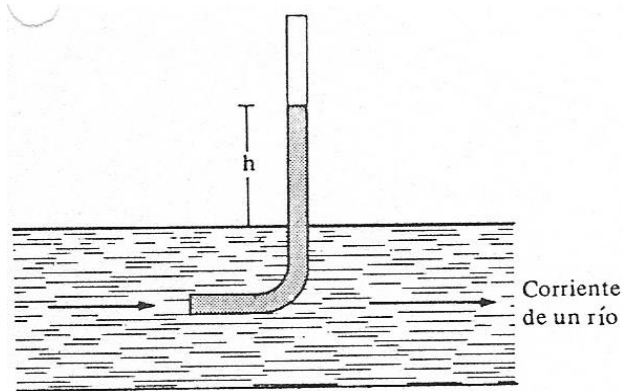
$$v = \sqrt{2gh}$$

A medida que el fluido sale por el orificio, la altura h de fluido en el depósito va disminuyendo. Si S es la sección del orificio, el gasto Sv , o volumen de fluido que sale por el orificio en la unidad de tiempo no es constante.

TEOREMA DE TORRICELLI

“La velocidad con la que sale un líquido por el orificio de un recipiente, es igual a la que adquiriría un cuerpo que se dejara caer libremente desde la superficie libre del líquido, hasta el nivel del orificio.”

TUBO PITOT



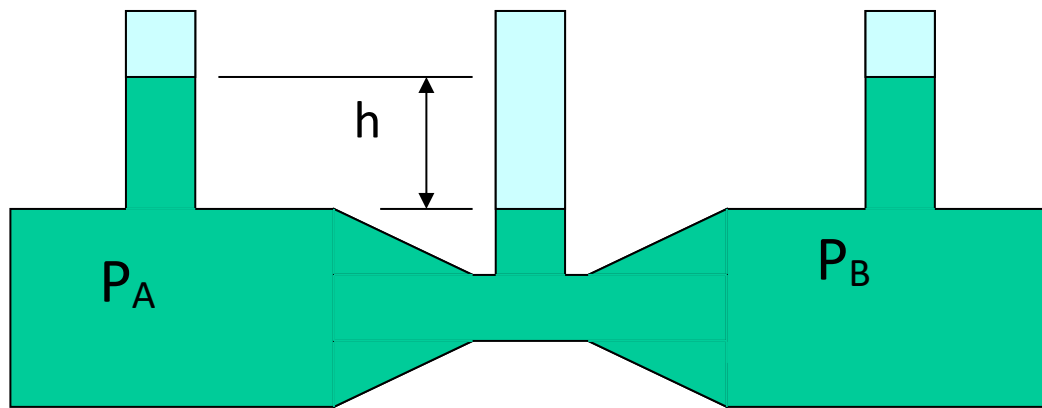
Una forma sencilla de medir la velocidad de la corriente de agua de un río, es usando el llamado tubo de Pitot. Figura. La forma del tubo es la de una L y se introduce en la corriente del agua. Por la presión de dicha corriente, el agua se eleva a una cierta altura sobre la superficie. Conociendo esta altura, la Velocidad de la corriente se puede calcular empleando la formula del teorema de Torricelli.

$$v = \sqrt{2gh}$$

2.2.2 Efecto Venturi

Efecto Venturi, fenómeno que se produce en una canalización horizontal y de sección variable por la que circula un fluido incompresible, sin viscosidad y si la circulación se lleva a cabo en régimen permanente. De acuerdo con el teorema de Bernoulli, la velocidad en la parte estrecha de la canalización tiene que ser mayor que en la ancha, y por estar ambas a la misma altura, la presión en la parte ancha es mayor que en la estrecha. Por tanto, cuando un fluido incrementa su velocidad sin variar de nivel, su presión disminuye. Aplicaciones de este fenómeno son la trompa de agua, que es un aparato utilizado en los laboratorios para hacer el vacío, los tubos de Venturi, que se emplean para medir caudales y crear depresiones locales, los pulverizadores y el mechero Bunsen.

Un líquido en el medidor Venturi pasa de A a B a través de una sección angosta. La presión PA es mayor que la presión en la sección angosta.



Medidor Venturi

Cuando el desnivel es cero, la tubería es horizontal. Tenemos entonces, el denominado tubo de Venturi, cuya aplicación práctica es la medida de la velocidad del fluido en una tubería. El manómetro mide la diferencia de presión entre las dos ramas de la tubería.

La ecuación de continuidad se escribe

$$v_1 S_1 = v_2 S_2$$

Que nos dice que la velocidad del fluido en el tramo de la tubería que tiene menor sección es mayor que la velocidad del fluido en el tramo que tiene mayor sección. Si $S_1 > S_2$, se concluye que $v_1 < v_2$.

La en la ecuación de Bernoulli con $y_1 = y_2$

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

Como la velocidad en el tramo de menor sección es mayor, la presión en dicho tramo es menor.

Si $v_1 < v_2$ se concluye que $p_1 > p_2$ El líquido manométrico desciende por el lado izquierdo y asciende por el derecho

Podemos obtener las velocidades v_1 y v_2 en cada tramo de la tubería a partir de la lectura de la diferencia de presión p_1-p_2 en el manómetro.

$$v_2 = S_1 \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho(S_1^2 - S_2^2)}}$$

3. TERMODINÁMICA

Rama de la física que alcanzó pleno desarrollo en el siglo XIX. En primer lugar aclaró los conceptos de calor y temperatura, proporcionando definiciones coherentes y demostrando cómo podían relacionarse éstas con los conceptos de trabajo y energía, que hasta entonces tenían un carácter puramente mecánico.

3.1 TERMODINAMICA SU IMPORTANCIA EN EL AREA BIOMÉDICA.

En la naturaleza todas las cosas tienden a cambiar, y estos cambios se aprecian mediante el movimiento: las plantas mueven sus hojas hacia la luz del sol, los animales emplean el movimiento para adquirir su alimento, el hombre mueve materiales para construir su vivienda, etc. También sabemos que cuando el hombre es débil inventa maquinas que ayudan a lograrlo. En la naturaleza se realizan diferentes trabajos todos ellos con profundas diferencias, pero siempre encontraremos que en forma espontánea o por la participación del hombre existe una capacidad para ejecutarlos llamada energía.

Esta energía determinada por la relación masa del objeto y la velocidad con la cual se mueve. Los cuerpos no siempre están en movimiento y se dice entonces que tienen energía potencia, si son capaces de realizar un trabajo, ya sea por razón de su posición, de su composición química o de su condición. Algunas sustancias poseen energía química, la cual es liberada por reacciones químicas. También en los alimentos es liberada energía química que contienen, mediante la digestión, para que los organismos vivos puedan moverse y transformarse.

El músculo activo metabólica los alimentos más rápido que si está en reposo y se libera más calor, por ello la actividad física eleva la temperatura corporal. En el ser humano la temperatura correcta es de 37 °C, aunque se considera que el intervalo de normalidad está entre 36,4 y 37,2 °C. Si la temperatura corporal es excesiva, la actividad celular se resiente, y las propias células pueden resultar dañadas; cuando es demasiado baja disminuye el ritmo de metabolización de los alimentos. La temperatura corporal se regula por medio de la tasa de irradiación de calor por la piel y por la evaporación del agua.

Otra forma de energía para ejecutar un trabajo es la energía calorífica, y la fuente más importante y natural es el Sol, el hombre ha descubierto que al hacer reaccionar ciertas sustancias químicas en el proceso de la combustión, se puede obtener calor. Como recibimos conjuntamente el calor y la luz del sol, se habla también de la energía solar, que es la radiación que llega a la tierra por ondas electromagnéticas de diferente longitud. Si la longitud de estas ondas es muy corta, se trata de rayos

X; si la longitud es larga se trata de rayos infrarrojos y sentiremos las ondas caloríficas y si la longitud es intermedia, tendremos los rayos de luz que producen la visión.

3.2 Calor

Una de las formas más importantes en que se presenta la energía es el calor, y su fuente principal la constituye el Sol. El calor fue la primera forma de energía que el hombre utilizó, le sirvió para calentarse, para cocinar y para defenderse de las fieras.

Todo cuerpo que posee calor es, por consiguiente, capaz de realizar un trabajo y transformarlo en otra forma de energía, en automóvil se quema combustible, y el calor obtenido produce el trabajo para desplazarlo; también se quema combustible en una central térmica en este caso para producir energía eléctrica, etc.: El hombre moderno sigue dependiendo de la energía calorífica.

El calor es energía en tránsito; siempre fluye de una zona de mayor temperatura a una zona de menor temperatura, con lo que eleva la temperatura de la segunda y reduce la de la primera, siempre que el volumen de los cuerpos se mantenga constante. La energía no fluye desde un objeto de temperatura baja a un objeto de temperatura alta si no se realiza trabajo.

Entre 1840 y 1849, el físico británico James Prescott Joule, en una serie de experimentos muy precisos, demostró de forma concluyente que el calor es una transferencia de energía y que puede causar los mismos cambios en un cuerpo que el trabajo.

El calor se define como la transferencia de energía térmica debido a una diferencia de temperatura.

3.2.1 TEMPERATURA

Hasta ahora nos han interesado únicamente las causas y los efectos del movimiento externo, un bloque en reposo sobre una mesa se encuentra en equilibrio traslacional y rotacional con respecto a sus alrededores. Las moléculas se encuentran unidas por medio de fuerzas elásticas, estas moléculas oscilan con respecto a su posición de equilibrio, tanto la energía potencial como la cinética están asociadas con el movimiento molecular, por lo tanto esta energía interna se relaciona con lo caliente y lo frío que está un cuerpo.

La energía térmica representa la energía interna total de un objeto: la suma de sus energías moleculares potencial y cinética.

Se dice que dos cuerpos se encuentran en equilibrio térmico si y solo si tienen la misma temperatura.

La sensación de calor o frío al tocar una sustancia depende de su temperatura, de la capacidad de la sustancia para conducir el calor y de otros factores. Aunque, si se procede con cuidado, es posible comparar las temperaturas relativas de dos sustancias mediante el tacto, es imposible evaluar la magnitud absoluta de las temperaturas a partir de reacciones subjetivas.

La temperatura depende de la energía cinética media (o promedio) de las moléculas de una sustancia; según la teoría cinética la energía puede corresponder a movimientos rotacionales, vibracionales y trasnacionales de las partículas de una sustancia. La temperatura, sin embargo, sólo depende del movimiento de traslación de las moléculas. En teoría, las moléculas de una sustancia no presentarían actividad traslacional alguna a la temperatura denominada cero absoluto.

3.2.2 ESCALAS DE TEMPERATURA

En la actualidad se emplean diferentes escalas de temperatura; entre ellas están la escala Celsius también conocida como escala centígrada, la escala Fahrenheit, la escala Kelvin, la escala Rankine o la escala termodinámica internacional. En la escala Celsius, el punto de congelación del agua equivale a 0°C , y su punto de ebullición a 100°C . Esta escala se utiliza en todo el mundo, en particular en el trabajo científico.

La escala Fahrenheit se emplea en los países anglosajones para medidas no científicas y en ella el punto de congelación del agua se define como 32°F y su punto de ebullición como 212°F . En la escala Kelvin, la escala termodinámica de temperaturas más empleada, el cero se define como el cero absoluto de temperatura, es decir, $-273,15^{\circ}\text{C}$. La magnitud de su unidad, llamada kelvin y simbolizada por K, se define como igual a un grado Celsius. Otra escala que emplea el cero absoluto como punto más bajo es la escala Rankine, en la que cada grado de temperatura equivale a un grado en la escala Fahrenheit.

En la escala Rankine, el punto de congelación del agua equivale a 492°R , y su punto de ebullición a 672°R .

En 1933, científicos de treinta y una naciones adoptaron una nueva escala internacional de temperaturas, con puntos fijos de temperatura adicionales basados en la escala Kelvin y en principios termodinámicos. La escala internacional emplea como patrón un termómetro de resistencia de platino (cable de platino) para temperaturas

entre -190 °C y 660 °C. Desde los 660 °C hasta el punto de fusión del oro (1.063 °C) se emplea un termopar patrón.

En 1954, un acuerdo internacional adoptó el punto triple del agua —es decir, el punto en que las tres fases del agua (vapor, líquido y sólido) están en equilibrio— como referencia para la temperatura de 273,16 K. El punto triple puede determinarse con mayor precisión que el punto de congelación, por lo que supone un punto fijo más satisfactorio para la escala termodinámica. En criogenia, o investigación de bajas temperaturas, se han obtenido temperaturas de tan sólo 0,00001 K mediante la desmagnetización de sustancias paramagnéticas. En las explosiones nucleares se han alcanzado momentáneamente temperaturas evaluadas en más de 100 millones de kelvin.

Se llama punto de congelación a la temperatura a la cual el agua y el hielo coexisten en equilibrio térmico bajo una presión de 1 atmósfera

Se llama punto de ebullición a la temperatura a la cual el agua y el vapor coexisten en equilibrio bajo una presión de 1 atmósfera.

Expresiones matemáticas para conversiones de temperaturas

$$1. - \quad t_C = \frac{5}{9} (t_F - 32)$$

$$2. \quad t_F = \frac{9}{5} t_C + 32$$

$$3. \quad T_K = t_C + 273$$

$$4. \quad T_R = t_F + 460$$

EJERCICIO SOBRE ESCALAS TERMOMETRICAS

Demuestra analíticamente que $-40^{\circ}\text{F} = -40^{\circ}\text{C}$.

	CENTIGRADA °C	FAHRENHAIT °F	RANKINE °R	KELVIN O ABSOLUTA °K
Ebullición del agua	100	212	672	373
Congelación del agua	0	32	492	273
Cero	-273	-460	0	



3.3 UNIDADES DE CALOR

En las ciencias físicas, la cantidad de calor se expresa en las mismas unidades que la energía y el trabajo, es decir **en julios**.

3.3.1 CALOR ESPECÍFICO

La cantidad de calor necesaria para aumentar en un grado la temperatura de una unidad de masa de una sustancia se conoce como calor específico. Si el calentamiento se produce manteniendo constante el volumen de la sustancia o su presión, se habla de calor específico a volumen constante o a presión constante. En todas las sustancias, el primero siempre es menor o igual que el segundo. El calor específico del agua a 15 °C es de 4.185,5 julios por kilogramo y grado Celsius.

En el caso del agua y de otras sustancias prácticamente incompresibles, no es necesario distinguir entre los calores específicos a volumen constante y presión constante ya que son aproximadamente iguales. Generalmente, los dos calores específicos de una sustancia dependen de la temperatura.

3.3.2 CALORIA

Definida como la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 1 gramo de agua a 1 atmósfera de presión desde 15 hasta 16 °C. Esta unidad se denomina a veces caloría pequeña o caloría gramo.

3.3.3 KILOCALORIA

Definida como la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 1 Kilogramo de agua a 1 atmósfera de presión desde 15 hasta 16 °C. Esta unidad se denomina caloría grande, o kilocaloría, que equivale a 1.000 calorías y se emplea en nutrición.

3.3.4 B.T.U.

Unidad térmica británica (BTU) es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una libra patrón (lb.) de agua en un grado Fahrenheit.

$$1 \text{ BTU} = 252 \text{ cal} = 0.252 \text{ Kcal.}$$

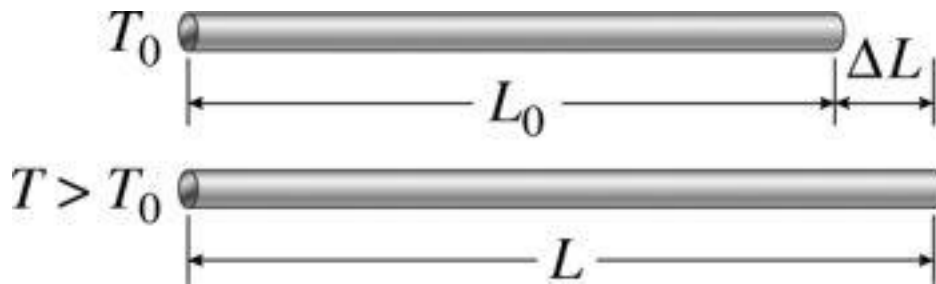
3.4 DILATACIÓN

La mayoría de los objetos se expanden al aumentar su temperatura. Desde mucho tiempo antes que se conociera la causa de la expansión térmica, el fenómeno se usó para fines prácticos. Por ejemplo, el tonelero (fabricante de barriles) calentaba aros de hierro al rojo vivo para hacer que se expandieran antes de embonarlos alrededor de las duelas de madera de un barril. Los aros de hierro se contraían al enfriarse, unían así apretadamente las duelas para hacer un barril a prueba de fugas



3.4.1 DILATACION LINEAL

Para un sólido en forma de barra, el coeficiente de dilatación lineal (cambio porcentual de longitud para un determinado aumento de la temperatura). Por ejemplo, el coeficiente de dilatación lineal del acero es de $12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Esto significa que una barra de acero se dilata en 12 millonésimas partes por cada kelvin (1 kelvin, o 1 K, es igual a 1 grado Celsius, o 1 °C). Si se calienta un grado una barra de acero de 1 m, se dilatará 0,012 mm. Esto puede parecer muy poco, pero el efecto es proporcional, con lo que una viga de acero de 10 m calentada 20 grados se dilata 2,4 mm.



Dilatación lineal $\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$ $L = L_0 + \alpha L_0 \Delta T$

ΔL = Incremento de longitud (longitud final menos longitud inicial) (metros)

α = Coeficiente de dilatación lineal (valor en tablas) $^{\circ}\text{C}^{-1}$

L_0 = Longitud inicial (metro)

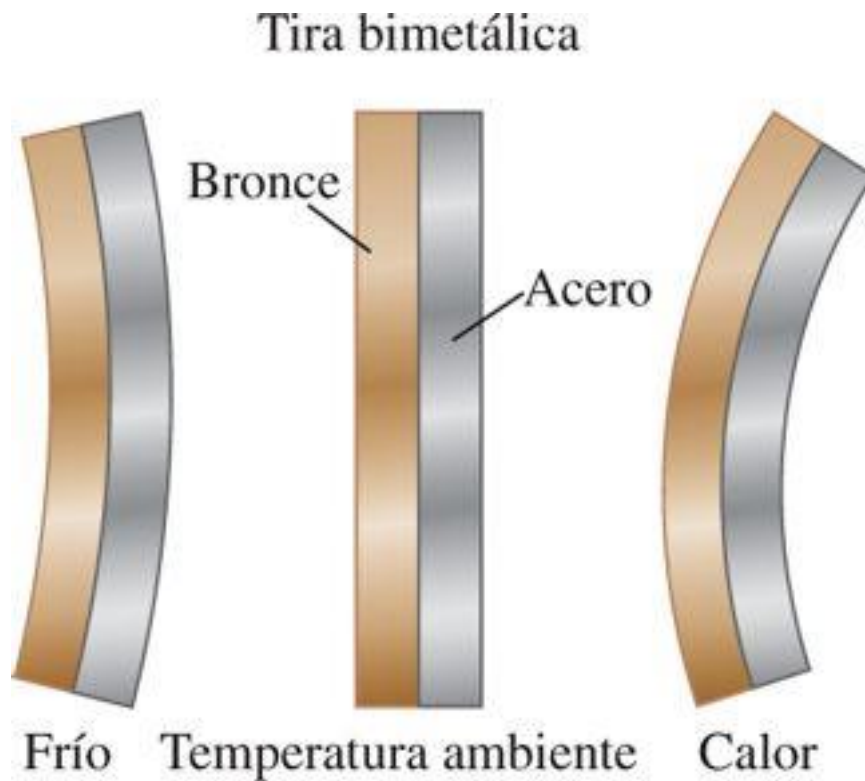
ΔT = Incremento de temperatura (temperatura final menos temperatura inicial) (grados)

L = Longitud final (metros)

3.4.2 DILATACION SUPERFICIAL

Cuando dos tiras de lámina de diferentes metales se juntan y se calientan, una de ellas se expande más que la otra (a menos que ambas tengan el mismo coeficiente de expansión). Esta expansión diferencial puede tener uso práctico: las tiras unidas se doblan y forman una curva, permiten que una de las láminas se expanda más que la otra.

La tira bimetalética está hecha para unir un material de menor coeficiente de expansión, como el acero, con otro cuyo coeficiente de expansión es más alto, como el bronce. Las expansiones o contracciones desiguales de los dos materiales fuerzan a la tira bimetalética a curvarse. En la el bronce se expande más que el acero cuando la tira bimetalética se calienta. Al enfriarse la tira, el bronce se contrae más que el acero.



Una tira bimetalética se curva cuando cambia su temperatura; el bronce se expande y se contrae más que el acero, con el mismo cambio de temperatura.

La tira bimetalica se usa en muchos termostatos de pared. Al encorvarse, la tira bimetalica cierra o abre un interruptor eléctrico en el termostato y enciende o apaga el horno o el aire acondicionado. También en los termómetros baratos para estufa se usa una tira bimetalica enrollada para formar un resorte en espiral; las espiras del resorte se aprietan más o se desenrollan con los cambios de temperatura.

Expansión del área

Tal como usted podría sospechar, cada una de las dimensiones de un objeto se expande cuando aumenta la temperatura de dicho objeto. Por ejemplo, un tubo se expande no solamente en su longitud, sino también en su radio. Una sustancia isotrópica se expande uniformemente en todas direcciones, originando cambios en el área y en el volumen que no provocan ninguna transformación en la forma del objeto.

También se puede hablar de coeficiente de dilatación superficial de un sólido, cuando dos de sus dimensiones son mucho mayores que la tercera, y de coeficiente de dilatación cúbica, cuando no hay una dimensión que predomine sobre las demás.

Dilatación Superficial

$$\Delta A = \gamma A_0 \Delta T \qquad A = A_0 + \gamma A_0 \Delta T \qquad \gamma = 2\alpha$$

ΔA = Incremento de área (área final menos área inicial) (metros ²)

γ = Coeficiente de dilatación superficial (valor en tablas) °C ⁻¹

A_0 = Área inicial (metros²)

ΔT = Incremento de temperatura (temperatura final menos temperatura inicial) (grados)

A = Área final (metros ²)

3.4.3. DILATACIÓN VOLUMÉTRICA

El cambio fraccional en el volumen de un sólido o de un líquido también es proporcional al cambio de temperatura, en tanto que el cambio de temperatura no sea demasiado grande:

El coeficiente de expansión volumétrica, β , es el cambio fraccional en volumen por unidad de cambio de temperatura. Para los sólidos el coeficiente de expansión volumétrica es el coeficiente de expansión lineal multiplicado por tres (como se muestra en el

El factor de tres surge debido a que el objeto se expande en el espacio tridimensional. Para los líquidos, el coeficiente de expansión volumétrica es el único que aparece en las tablas. Ya que los líquidos no necesariamente conservan la misma forma al expandirse, la cantidad que se define únicamente es el cambio en el volumen. Una cavidad en un sólido se expande exactamente como si estuviera llena: el interior de un recipiente de acero para gasolina se expande cuando su temperatura aumenta, de igual manera que si fuera un bloque de acero sólido. La pared de acero de la lata *no* se expande hacia adentro para hacer la cavidad más pequeña.

En un termómetro de vidrio común de alcohol o de mercurio, lo que se expande cuando la temperatura se eleva no es solamente el líquido. La lectura del termómetro se determina por la diferencia en la expansión de volumen del líquido y la del interior del vidrio. En la calibración de un termómetro preciso se debe tomar en cuenta la expansión del vidrio.

Para los líquidos, el coeficiente de dilatación cúbica (cambio porcentual de volumen para un determinado aumento de la temperatura)

Los termómetros comunes utilizan la dilatación de un líquido —por ejemplo, mercurio o alcohol— en un tubo muy fino (capilar) calibrado para medir el cambio de temperatura. La dilatación térmica de los gases es muy grande en comparación con la de sólidos y líquidos. y sigue la llamada ley de Charles y Gay-Lussac.

Esta ley afirma que, a presión constante, el volumen de un gas ideal (un ente teórico que se aproxima al comportamiento de los gases reales) es proporcional a su temperatura absoluta. Otra forma de expresarla es que por cada aumento de temperatura de 1 °C, el volumen de un gas aumenta en una cantidad

aproximadamente igual a $1/273$ de su volumen a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por tanto, si se calienta de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $273\text{ }^{\circ}\text{C}$, duplicaría su volumen.

Dilatación Volumétrica

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T \quad V = V_0 + \beta V_0 \Delta T \quad \beta = 3\alpha$$

ΔV = Incremento de volumen (volumen final menos volumen inicial) (metros^3)

β = Coeficiente de dilatación volumétrica (valor en tablas) $^{\circ}\text{C}^{-1}$

V_0 = Volumen inicial (metros^3)

ΔT = Incremento de temperatura (temperatura final menos temperatura inicial) (grados)

V = Volumen final (metros^3)



Instituto Politécnico Nacional
"La Técnica al Servicio de la Patria"

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

CENTRO DE ESTUDIOS CIENTIFICOS Y TECNOLOGICOS 15
"DIÓDORO ANTÚNEZ E"

UNIDAD DE APRENDIZAJE FISICA II



LECTURAS PERIODO B
FISICA II



PROFESOR
FIDEL BONILLA MORA

AÑO 2021

3. TERMODINÁMICA

Rama de la física que alcanzó pleno desarrollo en el siglo XIX . En primer lugar aclaró los conceptos de calor y temperatura, proporcionando definiciones coherentes y demostrando cómo podían relacionarse éstas con los conceptos de trabajo y energía, que hasta entonces tenían un carácter puramente mecánico.

3.1 TERMODINAMICA SU IMPORTANCIA EN EL AREA BIOMÉDICA.

En la naturaleza todas las cosas tienden a cambiar, y estos cambios se aprecian mediante el movimiento: las plantas mueven sus hojas hacia la luz del sol, los animales emplean el movimiento para adquirir su alimento, el hombre mueve materiales para construir su vivienda, etc. También sabemos que cuando el hombre es débil inventa maquinas que ayudan a lograrlo. En la naturaleza se realizan diferentes trabajos todos ellos con profundas diferencias, pero siempre encontraremos que en forma espontánea o por la participación del hombre existe una capacidad para ejecutarlos llamada energía.

Esta energía determinada por la relación masa del objeto y la velocidad con la cual se mueve. Los cuerpos no siempre están en movimiento y se dice entonces que tienen energía potencia, si son capaces de realizar un trabajo, ya sea por razón de su posición, de su composición química o de su condición. Algunas sustancias poseen energía química, la cual es liberada por reacciones químicas. También en los alimentos es liberada energía química que contienen, mediante la digestión, para que los organismos vivos puedan moverse y transformarse.

El músculo activo metabólica los alimentos más rápido que si está en reposo y se libera más calor, por ello la actividad física eleva la temperatura corporal. En el ser humano la temperatura correcta es de 37 °C, aunque se considera que el intervalo de normalidad está entre 36,4 y 37,2 °C. Si la temperatura corporal es excesiva, la actividad celular se resiente, y las propias células pueden resultar dañadas; cuando es demasiado baja disminuye el ritmo de metabolización de los alimentos. La temperatura corporal se regula por medio de la tasa de irradiación de calor por la piel y por la evaporación del agua.

Otra forma de energía para ejecutar un trabajo es la energía calorífica, y la fuente más importante y natural es el Sol, el hombre ha descubierto que al hacer reaccionar ciertas sustancias químicas en el proceso de la combustión, se puede obtener calor. Como recibimos conjuntamente el calor y la luz del sol, se habla también de la energía solar, que es la radiación que llega a la tierra por ondas electromagnéticas de diferente longitud. Si la longitud de estas ondas es muy corta, se trata de rayos X; si la longitud es larga se trata de rayos infrarrojos

y sentiremos las ondas caloríficas y si la longitud es intermedia, tendremos los rayos de luz que producen la visión.

3.2 Calor

Una de las formas más importantes en que se presenta la energía es el calor, y su fuente principal la constituye el Sol. El calor fue la primera forma de energía que el hombre utilizó, le sirvió para calentarse, para cocinar y para defenderse de las fieras.

Todo cuerpo que posee calor es, por consiguiente, capaz de realizar un trabajo y transformarlo en otra forma de energía, en automóvil se quema combustible, y el calor obtenido produce el trabajo para desplazarlo; también se quema combustible en una central térmica en este caso para producir energía eléctrica, etc.: El hombre moderno sigue dependiendo de la energía calorífica.

El calor es energía en tránsito; siempre fluye de una zona de mayor temperatura a una zona de menor temperatura, con lo que eleva la temperatura de la segunda y reduce la de la primera, siempre que el volumen de los cuerpos se mantenga constante. La energía no fluye desde un objeto de temperatura baja a un objeto de temperatura alta si no se realiza trabajo.

Entre 1840 y 1849, el físico británico James Prescott Joule, en una serie de experimentos muy precisos, demostró de forma concluyente que el calor es una transferencia de energía y que puede causar los mismos cambios en un cuerpo que el trabajo.

El calor se define como la transferencia de energía térmica debido a una diferencia de temperatura.

3.2.1 TEMPERATURA

Hasta ahora nos han interesado únicamente las causas y los efectos del movimiento externo, un bloque en reposo sobre una mesa se encuentra en equilibrio traslacional y rotacional con respecto a sus alrededores. Las moléculas se encuentran unidas por medio de fuerzas elásticas, estas moléculas oscilan con respecto a su

posición de equilibrio, tanto la energía potencial como la cinética están asociadas con el movimiento molecular, por lo tanto esta energía interna se relaciona con lo caliente y lo frío que está un cuerpo.

La energía térmica representa la energía interna total de un objeto: la suma de sus energías moleculares potencial y cinética.

Se dice que dos cuerpos se encuentran en equilibrio térmico si y solo si tienen la misma temperatura.

La sensación de calor o frío al tocar una sustancia depende de su temperatura, de la capacidad de la sustancia para conducir el calor y de otros factores. Aunque, si se procede con cuidado, es posible comparar las temperaturas relativas de dos sustancias mediante el tacto, es imposible evaluar la magnitud absoluta de las temperaturas a partir de reacciones subjetivas.

La temperatura depende de la energía cinética media (o promedio) de las moléculas de una sustancia; según la teoría cinética la energía puede corresponder a movimientos rotacionales, vibracionales y trasnacionales de las partículas de una sustancia. La temperatura, sin embargo, sólo depende del movimiento de traslación de las moléculas. En teoría, las moléculas de una sustancia no presentarían actividad traslacional alguna a la temperatura denominada cero absoluto.

3.3 UNIDADES DE CALOR

En las ciencias físicas, la cantidad de calor se expresa en las mismas unidades que la energía y el trabajo, es decir **en julios**.

3.3.1 CALOR ESPECÍFICO

La cantidad de calor necesaria para aumentar en un grado la temperatura de una unidad de masa de una sustancia se conoce como calor específico. Si el calentamiento se produce manteniendo constante el volumen de la sustancia o su presión, se habla de calor específico a volumen constante o a presión constante. En todas

las sustancias, el primero siempre es menor o igual que el segundo. El calor específico del agua a 15 °C es de 4.185,5 julios por kilogramo y grado Celsius.

En el caso del agua y de otras sustancias prácticamente incompresibles, no es necesario distinguir entre los calores específicos a volumen constante y presión constante ya que son aproximadamente iguales. Generalmente, los dos calores específicos de una sustancia dependen de la temperatura.

3.3.2 CALORIA

Definida como la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 1 gramo de agua a 1 atmósfera de presión desde 15 hasta 16 °C. Esta unidad se denomina a veces caloría pequeña o caloría gramo.

3.3.3 KILOCALORIA

Definida como la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 1 Kilogramo de agua a 1 atmósfera de presión desde 15 hasta 16 °C. Esta unidad se denomina caloría grande, o kilocaloría, que equivale a 1.000 calorías y se emplea en nutrición.

3.3.4 B.T.U.

Unidad térmica británica (BTU) es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una libra patrón (lb.) de agua en un grado Fahrenheit.

$$1 \text{ BTU} = 252 \text{ cal} = 0.252 \text{ Kcal.}$$

3.6 CAPACIDAD CALORIFICA

La capacidad calorífica, se mide normalmente en términos de energía térmica (calor) desarrollada cuando una cantidad dada del combustible se quema bajo condiciones estándar o patrón. Las capacidades caloríficas de los combustibles sólidos y líquidos se miden en julios por kilogramo o metro cúbico.

Se define como la proporción entre la cantidad suministrada de calor (Q) y el incremento de temperatura Δt :

$$\text{Capacidad calorífica} = \frac{Q}{\Delta t}$$

Unidades mas comunes:

cal / ° C , kcal / ° C , Btu / °F , en el S.I. Joule / K.

3.6.1 CALOR LATENTE

Se denomina fase de una sustancia a su estado, que puede ser sólido, líquido gaseoso. Los cambios de fase en sustancias puras tienen lugar a temperaturas y presiones definidas el paso de sólido a gas se denomina sublimación, de sólido a líquido fusión, y de líquido a vapor vaporización. Si la presión es constante, estos procesos tienen lugar a una temperatura constante.

La cantidad de calor necesaria para producir un cambio de fase se llama calor latente; existen **calores latentes de sublimación, fusión y vaporización**

Si se hierve agua en un recipiente abierto a la presión de 1 atmósfera, la temperatura no aumenta por encima de los 100 °C por mucho calor que se suministre.

El calor que se absorbe sin cambiar la temperatura del agua es el calor latente; no se pierde, sino que se emplea en transformar el agua en vapor y se almacena como energía en el vapor.

Cuando el vapor se condensa para formar agua, esta energía vuelve a liberarse. Del mismo modo, si se calienta una mezcla de hielo y agua, su temperatura no cambia hasta que se funde todo el hielo.

El calor latente absorbido se emplea para vencer las fuerzas que mantienen unidas las partículas de hielo, y se almacena como energía en el agua. Para fundir 1 kg de hielo se necesitan 19.000 julios, y para convertir 1 kg de agua en vapor a 100 °C, hacen falta 129.000 julios.

Relaciones matemáticas que se aplican al cálculo del calor

$$Q = m c_e \Delta T$$

$$\begin{array}{ccc} Q & = & - Q \\ \text{Calor ganado} & = & \text{calor perdido} \\ \text{(Cuerpo frío)} & & \text{(Cuerpo caliente)} \end{array}$$

3.7 PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA

Cuando un sistema se pone en contacto con otro más frío que él, tiene lugar un proceso de igualación de las temperaturas de ambos. Para explicar este fenómeno, los científicos del siglo XVIII conjeturaron que una sustancia que estaba presente en mayor cantidad en el cuerpo de mayor temperatura fluía hacia el cuerpo de menor temperatura. Según se creía, esta sustancia hipotética llamada *calórico* era un fluido capaz de atravesar los medios materiales.

El primer principio es una ley de conservación de la energía. Afirma que, como la energía no puede crearse ni destruirse —dejando a un lado las posteriores ramificaciones de la equivalencia entre masa y energía la cantidad de energía transferida a un sistema en forma de calor más la cantidad de energía transferida en forma de trabajo sobre el sistema debe ser igual al aumento de la energía interna del sistema. El calor y el trabajo son mecanismos por los que los sistemas intercambian energía entre sí.

3.7.1 Equivalente Mecánico del Calor

En 1830 James Prescott Joule confirma lo, establecido por Rumford y además establece que el calor, como energía, se conserva al cambiar de forma después de varios experimentos en el cual trato de encontrar la equivalencia que había entre las diferentes formas de energía, logrando con estos una constante J (joules) es igual a 4.2; dando como resultado que 4.2 joules de trabajo producían una caloría a la cual llama “Equivalente mecánico del calor.

$$1 \text{ caloría} = 4.186 \text{ Joules.}$$

$$1 \text{ Joule} = 0.238 \text{ calorías}$$

$$1 \text{ Kcal.} = 4.186 \times 10^3 \text{ Joules}$$

$$1 \text{ Btu} = 778 \text{ lb pie} = 10564 \text{ Joules}$$

3.7.1.1 Aspecto matemático de la primera ley de la termodinámica.

Con el descubrimiento del equivalente mecánico del calor realizado por Joule, ha sido posible establecer claramente la ley de la conservación de la energía. Esta ley de la termodinámica en cualquier proceso termodinámico, el calor neto absorbido por el sistema, es igual a la suma del equivalente térmico del trabajo realizado por el y el cambio de energía interna.

Matemáticamente se expresa:

$$\Delta Q = \Delta W + \Delta U$$

ΔQ = Variación del calor que entra o sale del sistema medida en cal, o Joule.

ΔU = Variación de la energía interna del sistema expresada en cal, o Joule.

ΔW = Trabajo realizado por el sistema o trabajo realizado sobre este expresado en calorías o joule.

1. **Ejemplo :** En cierto proceso, un sistema absorbe **400 cal de calor** y al mismo tiempo efectúa un **trabajo de 80** j. Sobre sus alrededores. ¿Cuál es el aumento de la energía interna del sistema

Datos:

$$\Delta Q = 400 \text{ cal.}$$

$$\Delta W = 80 \text{ Joule}$$

Procedimiento

$$\Delta U = \Delta Q - \Delta W$$

$$= 400 \text{ cal.} - 19.1 \text{ cal.}$$

$$\Delta U = 380.9 \text{ cal.}$$

Convertir 80 Joule a calorías

$$80 \text{ J } (1 \text{ cal.} / 4.186 \text{ J}) = 19.1 \text{ Calorías}$$

2. Ejemplo: Un sistema formado por un gas, encerrado dentro de un cilindro que contiene un embolo, se le suministran **200 cal**. Y se realiza un **trabajo de 300 joules**. ¿Cuál es la variación de la energía interna del sistema expresada en joules. ?

Datos:

$$\Delta Q = 200 \text{ cal.}$$

$$\Delta W = 300 \text{ Joule}$$

Procedimiento

$$\Delta U = \Delta Q - \Delta W$$

$$= 840 \text{ J} - 300 \text{ J.}$$

$$\Delta U = 540 \text{ Joule.}$$

Convertir 200 calorías a Joule

$$200 \text{ calorías } (4.21 \text{ J} / 1 \text{ cal. }) = 840 \text{ Joule}$$

Nota : El calor tiene signo positivo pues entra al sistema y el trabajo también, ya que lo realiza el mismo, el valor positivo de ΔU indica que se incremento la energía interna del sistema.

3. ¿Cuál será la variación de la energía interna en un sistema que recibe **50 calorías**, y además se le aplica un **trabajo de 100J**

Datos:

$$\Delta Q = 50 \text{ cal.}$$

$$\Delta W = - 100 \text{ Joule}$$

Procedimiento

$$\Delta U = \Delta Q - \Delta W$$

$$= 210 \text{ J} - (- 100) \text{ J.}$$

$$\Delta U = 310 \text{ Joule.}$$

Convertir 50 calorías a Joule

$$50 \text{ calorías } (4.21 \text{ J} / 1 \text{ cal. }) = 210 \text{ Joule}$$

Nota: El signo del trabajo es negativo, toda vez que se realizo sobre el sistema

PROBLEMAS SOBRE LA PRIMERA LEY DE LA TERMODINAMICA

4. En un proceso termodinámico se suministran 2000 calorías de calor a un sistema, y se permite que este realice un trabajo externo de 3350 J. ¿cuál es el incremento de energía térmica durante el proceso?.
5. Un sistema varia su energía interna en 300 J al efectuarse un trabajo de – 700 J. Determinar la cantidad de calor que se transfiere en el proceso señalando si es cedido o absorbido por el sistema.

3.7.2 TRANSFERENCIA DE CALOR

Los procesos físicos por los que se produce la transferencia de calor son **la conducción y la radiación**. **Un tercer proceso**, que también implica el movimiento de materia, **se denomina convección**.

La conducción requiere contacto físico entre los cuerpos o las partes de un cuerpo que intercambian calor, pero en la radiación no hace falta que los cuerpos estén en contacto ni que haya materia entre ellos.

La convección se produce a través del movimiento de un líquido o un gas en contacto con un cuerpo de temperatura diferente.

3.7.3 Stefan, Josef (1835-1893)

Físico austriaco que consiguió relacionar la radiación con la temperatura absoluta. Nació en Saint Peter, cerca de Flagenfurt. Científico brillante, llegó a ser profesor de física en Viena en 1863. Stefan mostró interés por muchos campos de la física, como el electromagnetismo, la interferencia óptica y la capilaridad, pero es famoso ante todo por su labor en el estudio de la teoría cinética de los gases. Desarrolló un termómetro para medir la conducción del calor, y trabajó en la difusión de los líquidos y en la relación entre la tensión superficial y la evaporación.

Su experimento más conocido se describió en 1879. Mediante el análisis de medidas con un hilo de platino incandescente (medidas que había realizado John Tyndall), demostró que la proporción de radiación de energía de un cuerpo caliente es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura absoluta. Todo cuerpo emite energía radiante en forma continua a cualquier temperatura; a bajas temperaturas, la emisión es muy pequeña con una longitud de onda larga a medida que la temperatura se eleva, la emisión crece en forma considerada en relación con la cuarta potencia de la temperatura absoluta, y su longitud de onda se va haciendo cada vez mas corta. Una parte de la energía radiante, al incidir sobre la superficie de los cuerpos, es absorbida y otra es reflejada.

La cantidad de energía radiante es igual a :

$$R = \frac{P}{A} = e \sigma T^4$$

La ley de Stefan-Boltzman se define como la energía emitida por la unidad de área entré la unidad de tiempo; es decir, potencia por unidad de área P / A ; lo cual es directamente proporcional al poder emisivo (e), del cuerpo radiante y a la cuarta potencia de la temperatura absoluta T^4 .

Una magnitud adimensional es e

y tiene valores de 1 a Q, para un cuerpo negro

y si el valor de $e = 1$ para superficies lisas y de color blanco, y su valor se aproxima a cero.

Los cuerpos de color oscuro y de superficie áspera son buenos emisores de energía radiante y también tienen la capacidad de absorber esta energía; en cambio los cuerpos de colores claros y superficies lisas, su valor se acerca a cero. δ es una constante universal de proporcionalidad

3.8 PROCESOS TERMODINÁMICOS

Se dice que un sistema está en equilibrio termodinámico si no hay una fuerza resultante que actúe sobre el sistema, y si la temperatura de este es la misma de sus alrededores. Bajo esta condición el sistema absorbe o libera energía, ya sea en forma de calor o trabajo, se alcanzará un nuevo estado de equilibrio de tal modo que la energía se conserva, obteniendo con este un proceso termodinámico general.

La transferencia de calor se considera positiva para entrada de calor y negativa para salida de calor. El calor neto que absorbe el sistema se representa por ΔQ . El trabajo W puede realizarse por $\dot{Y}$ / O sobre el sistema. La salida del trabajo se considera positivo, y la entrada negativo, donde:

$$\Delta Q = \text{Calor Neto}$$

$$\Delta Q = \text{Trabajo Neto.}$$

3.8.1 Energía Interna

La energía interna de un sistema se define como la suma de la energía cinética y potencial de las moléculas individuales que lo constituyen. En general cuanto mayor sea la temperatura de un sistema, mayor será su energía interna.

3.8.2 Procesos adiabáticos.

Supongamos que hay un sistema completamente aislado de sus alrededores, de modo que no puede haber un intercambio de energía térmica (Q); cualquier proceso que ocurra en un entorno totalmente cerrado, como en una cámara aislada, se denomina proceso adiabático y en esos casos se dice que el sistema está rodeado por paredes adiabáticas.

Un proceso adiabático es aquel en el que no hay intercambio de energía térmica ΔQ entre un sistema y sus alrededores.

Aplicando la primera ley a un proceso en el cual $\Delta Q = 0$ obtenemos

$$\Delta W = - \Delta U$$

La cual nos muestra que, en todo proceso adiabático, el trabajo se realiza a expensas de la energía interna, generalmente, la disminución de energía térmica resultante va acompañada de un descenso en la temperatura.

Si el proceso se invierte, entonces el trabajo se realizara sobre el sistema (- ΔW)

Y habrá un incremento en la energía interna (ΔU), de modo que:

$$- \Delta W = + \Delta U$$

en este caso la temperatura se elevara.

3.8.3 Procesos isocoricos.

Otro caso especial para la primera ley se presenta cuando no se realiza trabajo ni sobre el sistema. A este proceso se le conoce como proceso isocorico, tambien recibe el nombre de proceso isovolumetrico.

“ Un proceso isocorico es aquel en el que el volumen del sistema permanece constante”

Aplicando la primera ley a un proceso en el cual $\Delta W = 0$ obtenemos

$$\Delta Q = \Delta U$$

En un proceso isocorico toda la energía térmica absorbida por un sistema incrementa su energía interna. En este caso generalmente hay un incremento en la temperatura del sistema. Un proceso isocorico ocurre cuando se calienta agua en un recipiente a volumen fijo. ; a medida que se suministra calor, el aumento en la energía interna da por resultado una elevación en la temperatura del agua hasta que esta empieza a hervir.

3.8.4 Proceso Isobarico.

Un sistema termodinámico a presión constante. El agua que hierve en un recipiente abierto a la atmósfera es un ejemplo de proceso isobárico.

Cuando un sistema termodinámico experimenta un proceso isobárico, pasando del estado definido por las variables p y V_1 , al estado definido por p y V_2 , el trabajo que se realiza viene dado por:

$$W = p(V_2 - V_1).$$

El trabajo realizado por el sistema es positivo cuando el incremento de volumen es positivo; se efectúa trabajo sobre el sistema termodinámico si el incremento de volumen es negativo.

El calor producido o absorbido cuando un sistema termodinámico experimenta un proceso isobárico es igual a la variación de entalpía del proceso.

3.8.4 Proceso Isotérmico.

Un gas se puede comprimir en un cilindro en forma tan lenta que prácticamente permanece en equilibrio térmico con sus alrededores. La presión aumenta a medida que el volumen disminuye, pero la temperatura es prácticamente constante.

“ Un proceso isotérmico es aquel en el que la temperatura del sistema permanece constante.”

Si no hay cambio de fase, una temperatura constante indica que no hay cambio en la energía interna del sistema.

Aplicando la primera ley a un proceso en el cual **$\Delta U = 0$** obtenemos

$$\Delta Q = \Delta W$$

Por lo tanto, en un proceso isotérmico toda la energía absorbida por un sistema se convierte en trabajo de salida.

3.9 Segunda ley de la termodinámica.

Cuando se frota las manos, el trabajo de rozamiento que se realiza tendrá como consecuencia un incremento en la energía interna, ocasionando que la temperatura se eleve, cuando se deja de frotar las manos se regresa al estado inicial, de acuerdo con la primera ley de la termodinámica la energía interna se ha transformado en calor con una eficiencia del 100%

Matemáticamente se expresa:

$$\Delta W = \Delta Q$$

ΔQ = Variación del calor medida en cal, o Joule.

ΔW = Trabajo realizado expresado en calorías o joule.

Ahora vamos a considerar el proceso inverso, es decir transformar la energía térmica en trabajo mecánico con una eficiencia de 100%; es decir capturar todo el calor transferido al aire y regresarlo a las manos ocasionando con esto que ellas se froten con la misma continuidad, ha simple vista la conversión de energía térmica en trabajo mecánico es un proceso con perdidas, por tanto es imposible obtener mas trabajo de un sistema que el calor que se pone en el mismo, ya que no es posible la conversión del 100% de energía térmica en trabajo útil, originándose así la segunda ley de la termodinámica que se define:

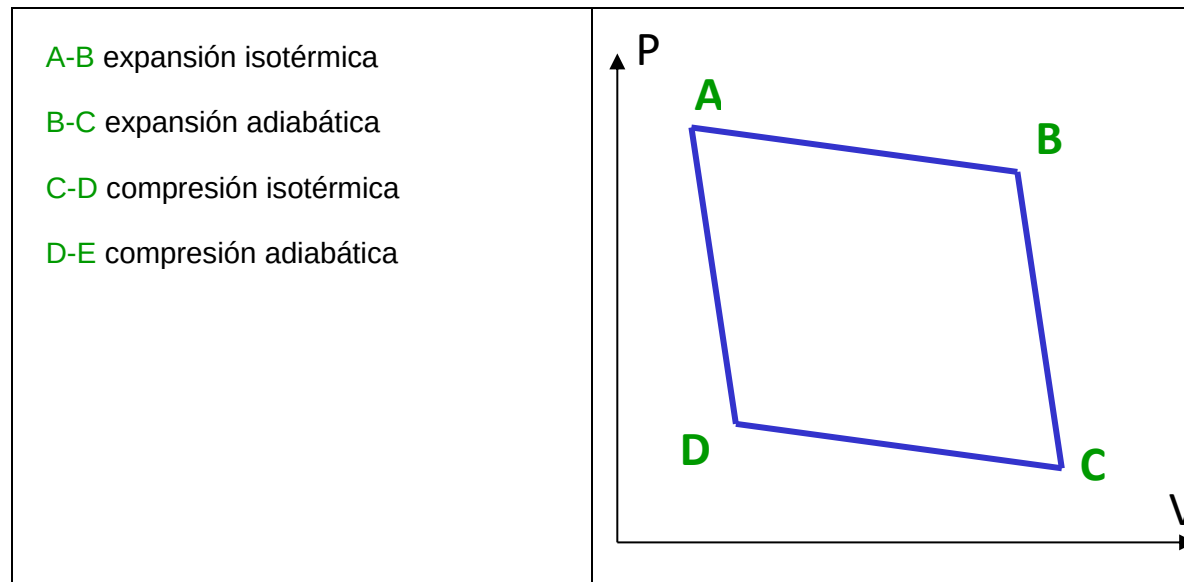
“Es imposible construir una maquina que operando continuamente, no produce otro efecto que extraer calor de una fuente y efectuar una cantidad equivalente de trabajo.”

3.10 Entropía

Medida del desorden de un sistema. Cuando la energía se transforma libremente de una forma a otra. La dirección de la transformación es hacia un estado de mayor desorden y por tanto de mayor entropía.

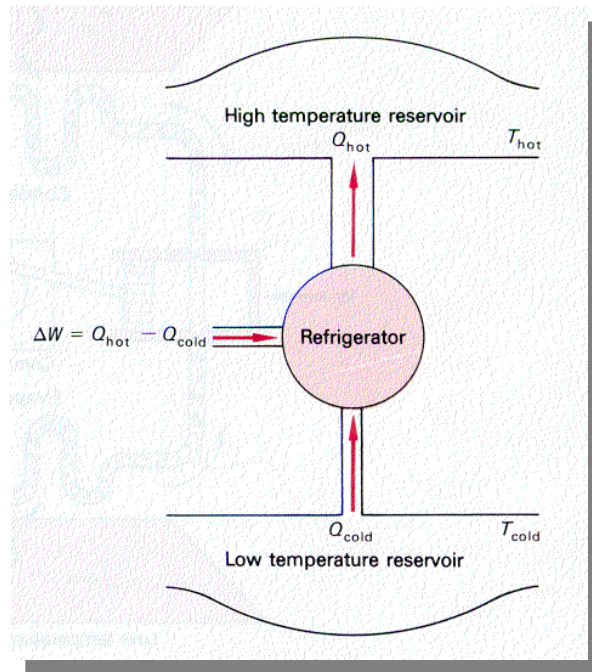
3.10.1 Ciclo de carnot

La máquina de Carnot tiene la máxima eficiencia posible tratándose de una máquina que absorbe calor de una fuente a alta temperatura, realiza trabajo externo y deposita calor en un recipiente a baja temperatura.



3.10.2 Ciclo Otto.

3.10.3 Ciclo de refrigeración.



3.11 Maquina térmica

Se llama maquina térmica a un dispositivo que convierte la energía térmica en trabajo.

Existen tres clases.

1. Maquina de vapor
2. Motores de combustión interna
3. Motores de reacción.

Durante la operación de una de estas maquinas ocurren tres procesos.

1. Se suministra una cantidad de calor Q_1 a la maquina desde un recipiente a alta temperatura T_1 .
2. La maquina efectúa un trabajo mecánico W producido por una parte de l calor de entrada.
3. Cierta cantidad de calor Q_2 , se libera al recipiente a baja temperatura T_2 .

Trabajo de salida = Calor de entrada – Calor de salida.

$$W = Q_1 - Q_2$$

3.11.1 Eficiencia

De acuerdo con la segunda ley de la termodinámica es imposible construir una máquina térmica que transforme en trabajo todo el calor que se le suministra, esta limitación da lugar a la eficiencia de las máquinas:

Y se define como la relación entre el trabajo mecánico que produce y la cantidad de calor que le suministra.

Matemáticamente se expresa:

$$\eta = \frac{W}{Q_1}$$
$$\text{si } W = Q_1 - Q_2$$
$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

η = Eficiencia

W = Trabajo neto producido por la máquina en calorías, o Joules.

Q_1 = Calor suministrado a la máquina por el combustible en calorías o Joule.

$W = Q_1 - Q_2$

Q_1 = Calor que se le suministra.

Q_2 = Calor que no se aprovecha.

4.1 CLASIFICACION DE LAS ONDAS.

4.1.1 Movimiento ondulatorio

Proceso por el que se propaga energía de un lugar a otro sin transferencia de materia, mediante ondas mecánicas o electromagnéticas. En cualquier punto de la trayectoria de propagación se produce un desplazamiento periódico, u oscilación, alrededor de una posición de equilibrio. Puede ser una oscilación de moléculas de aire, como en el caso del sonido que viaja por la atmósfera, de moléculas de agua (como en las olas que se forman en la superficie del mar) o de porciones de una cuerda o un resorte. En todos estos casos, las partículas oscilan en torno a su posición de equilibrio y sólo la energía avanza de forma continua.

Estas ondas se denominan mecánicas porque la energía se transmite a través de un medio material, sin ningún movimiento global del propio medio. Las únicas ondas que no requieren un medio material para su propagación son las ondas electromagnéticas; en ese caso las oscilaciones corresponden a variaciones en la intensidad de campos magnéticos y eléctricos.

4.1.2. TIPOS DE ONDAS

Las ondas se clasifican según la dirección de los desplazamientos de las partículas en relación a la dirección del movimiento de la propia onda.

Si la vibración es paralela a la dirección de propagación de la onda, la onda se denomina longitudinal. Una onda longitudinal siempre es mecánica y se debe a las sucesivas compresiones (estados de máxima densidad y presión) y enrarecimientos (estados de mínima densidad y presión) del medio. ***Las ondas sonoras*** son un ejemplo típico de esta forma de movimiento ondulatorio.

Otro tipo de onda es la onda transversal, en la que las vibraciones son perpendiculares a la dirección de propagación de la onda. Las ondas transversales pueden ser mecánicas, como las ondas que se propagan a lo largo de una cuerda tensa cuando se produce una perturbación en uno de sus extremos, o electromagnéticas, como la luz, los rayos X o las ondas de radio. En esos casos, las direcciones de los campos eléctrico y magnético son perpendiculares a la dirección de propagación. Algunos movimientos ondulatorios mecánicos, como las olas superficiales de los líquidos, son combinaciones de movimientos longitudinales y transversales, con lo que las partículas de líquido se mueven de forma circular.

En una onda transversal, la longitud de onda es la distancia entre dos crestas o valles sucesivos.

En una onda longitudinal, corresponde a la distancia entre dos compresiones o entre dos enrarecimientos sucesivos.

La frecuencia de una onda es el número de vibraciones por segundo.

La velocidad de propagación de la onda es igual a su longitud de onda multiplicada por su frecuencia. En el caso de una onda mecánica, su amplitud es el máximo desplazamiento de las partículas que vibran. En una onda electromagnética, su amplitud es la intensidad máxima del campo eléctrico o del campo magnético.

4.1.3 COMPORTAMIENTO DE LAS ONDAS

La velocidad de una onda en la materia depende de la elasticidad y densidad del medio, en una onda transversal a lo largo de una cuerda tensa, por ejemplo, la velocidad depende de la tensión de la cuerda y de su densidad lineal o masa por unidad de longitud. La velocidad puede duplicarse cuadruplicando la tensión, o reducirse a la mitad cuadruplicando la densidad lineal. La velocidad de las ondas electromagnéticas en el vacío (entre ellas la luz) es constante y su valor es de aproximadamente 300.000 km/s. Al atravesar un medio material esta velocidad varía sin superar nunca su valor en el vacío.

Cuando dos ondas se encuentran en un punto, el desplazamiento resultante en ese punto es la suma de los desplazamientos individuales producidos por cada una de las ondas. Si los desplazamientos van en el mismo sentido, ambas ondas se refuerzan; si van en sentido opuesto, se debilitan mutuamente. Este fenómeno se conoce como interferencia.

Cuando dos ondas de igual amplitud, longitud de onda y velocidad avanzan en sentido opuesto a través de un medio se forman ondas estacionarias. Por ejemplo, si se ata a una pared el extremo de una cuerda y se agita el otro extremo hacia arriba y hacia abajo, las ondas se reflejan en la pared y vuelven en sentido inverso.

Si suponemos que la reflexión es perfectamente eficiente, la onda reflejada estará media longitud de onda retrasada con respecto a la onda inicial. Se producirá interferencia entre ambas ondas y el desplazamiento resultante en cualquier punto y momento será la suma de los desplazamientos correspondientes a la onda incidente y la onda reflejada.

En los puntos en los que una cresta de la onda incidente coincide con un valle de la reflejada, no existe movimiento; estos puntos se denominan nodos. A mitad de camino entre dos nodos, las dos ondas están en fase, es decir, las crestas coinciden con crestas y los valles con valles; en esos puntos, la amplitud de la onda resultante es dos veces mayor que la de la onda incidente; por tanto, la cuerda queda dividida por los nodos en secciones de

una longitud de onda. Entre los nodos (que no avanzan a través de la cuerda), la cuerda vibra transversalmente.

Las ondas estacionarias aparecen también en las cuerdas de los instrumentos musicales. Por ejemplo, una cuerda de violín vibra como un todo (con nodos en los extremos), por mitades (con un nodo adicional en el centro), por tercios... Todas estas vibraciones se producen de forma simultánea; la vibración de la cuerda como un todo produce el tono fundamental y las restantes vibraciones generan los diferentes armónicos.

En mecánica cuántica la estructura del átomo se explica por analogía con un sistema de ondas estacionarias. Gran parte de los avances de la física moderna se basan en elaboraciones de la teoría de las ondas y el movimiento ondulatorio.

4.2 CARACTERISTICAS DEL SONIDO.

El oído humano distingue de un sonido las siguientes características:

- **Intensidad**
- **Tono**
- **Timbre**

4.2.1 Intensidad

Es la energía sonora transportada por las ondas sonoras que pasan a través de la unidad de área normal a la dirección de propagación en la unidad de tiempo y puede calcularse por medio de la expresión matemática:

$$I = 2\pi^2 \rho A^2 f^2 v \quad \text{vatios / m}^2$$

En el medio a través del cual se propagan las ondas sonoras la intensidad es proporcional a la de intensidad del medio (ρ), al cuadrado de la frecuencia (f) y de la amplitud (a); Sin embargo esta amplitud no permanece constante, pues a medida que la onda se aleja de la fuente sonora, la amplitud varía inversamente con la distancia a la fuente sonora, si la amplitud de vibración de la fuente es mayor, entonces el enlace determina prácticamente el nivel de sonoridad. El oído distingue fácilmente entre dos sonidos cual es más intenso o más sonoro, algunos sonidos pueden causarle molestias y aun sensación de dolor cuando son de gran intensidad, y para el hombre promedio de intensidad audible se considera de 10^{-12} wats / m².

La respuesta del oído es casi logarítmica y no lineal el oído percibe sonidos dentro de una gama de intensidades bastante amplia. la intensidad máxima en la que existe sensación dolorosa es de 1 w / m^2 .

Si se toma como referencia la intensidad sonora de 10^{-12} w / m^2 . que representaremos por I_0 y siendo I la intensidad de otro sonido ,la ley de Weber y Fecher.

$$S = K \log I / I_0$$

I / I_0 = nivel de intensidad.

4.2.4 LEY DE WEBER Y FECHER

Establece que la magnitud de la sensación auditiva es proporcional al logaritmo de la intensidad.

La unidad de nivel de intensidad recibe el nombre de belio (bel), debido a que resulta ser una unidad muy grande ya que aumenta de un belio corresponde a una intensidad diez veces mayor, sé utiliza en la practica el decibelio (db), por lo tanto el nivel máximo audible en el ser humano normal es de 120 (db. así podemos definir que el termino

medio, dentro del cual el oído puede percibir sonidos hasta menos de 120 (db), donde no se produce, sensación de dolor.

4.2.5 TONO

La propiedad del sonido por medio del cual a cada sonido se le asigna un lugar en la escala musical

La característica del tono de los sonidos está ligada a la frecuencia de vibración así a medida que la frecuencia es más elevada el tono es más alto a frecuencias bajas corresponden tonos bajos, sin embargo el aumento de frecuencias no es lo único que origina un aumento en el tono, ya que por medio de un oscilador se produce un sonido de alta frecuencia advierte que aumenta el tono al aumentar la intensidad, sin embargo para un sonido de baja frecuencia el tono disminuye si se aumenta la intensidad.

4.2.6 TIMBRE

El timbre es la propiedad del sonido e virtud de la cual el oído humano puede determinar el objeto que lo produce.

Como podemos observar que el timbre está ligado a la intensidad y al tono de los sonidos esta técnica se llama “el audiograma humano “ que también sirve para identificar a las personas

4.2.7 VELOCIDAD DEL SONIDO

La velocidad del sonido con la cual se propaga el sonido dependerá de las características del medio a través de la cual se transmite.

La velocidad del sonido es siempre la misma variando solo con la temperatura como regla general es mayor en los sólidos que en los líquidos y en estos mayor que en los gases.

4.2.8 Refracción, reflexión e interferencias

El sonido avanza en línea recta cuando se desplaza en un medio de densidad uniforme. Sin embargo, igual que la luz, el sonido está sometido a la refracción, es decir, la desviación de las ondas de sonido de su trayectoria original. En las regiones polares, por ejemplo, donde el aire situado cerca del suelo es más frío que el de las capas más altas, una onda de sonido ascendente que entra en la región más caliente, donde el sonido avanza a más velocidad, se desvía hacia abajo por la refracción. La excelente recepción del sonido a favor del viento y la mala recepción en contra del viento también se deben a la refracción.

El sonido también se ve afectado por la reflexión, y cumple la ley fundamental de que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión. Un eco es el resultado de la reflexión del sonido. El sonar se basa en la reflexión de los sonidos propagados en agua.

El sonido también experimenta difracción e interferencia. Si el sonido de una única fuente llega a un oyente por dos trayectorias diferentes por ejemplo, una directa y otra reflejada, los dos sonidos pueden reforzarse; sin embargo, si no están en fase pueden interferir de forma que el sonido resultante sea menos intenso que el sonido directo sin reflexión. Las trayectorias de interferencia son distintas para sonidos de diferentes frecuencias, con lo que la interferencia produce distorsión en sonidos complejos. Dos sonidos de distintas frecuencias pueden combinarse para producir un tercer sonido cuya frecuencia es igual a la suma o diferencia de las dos frecuencias originales.

4.4 AUDIOGRAMA HUMANO.

4.4.1 ULTRASONIDO

Las ondas sonoras que tienen frecuencias por encima del intervalo audible se les llama ultrasonidos.(mayor de 2000 Hz).

4.4.2 INFRASONIDO.

Las ondas sonoras que tienen frecuencias por debajo del intervalo audible se les llama infrasonidos. (menos de 20 Hz).

4.4.3 APLICACIONES EN LA MEDICINA. (Ultrasonido)

Técnica diagnóstica en la que un sonido de frecuencia muy alta es dirigido hacia el organismo; también se conoce como ecografía. Las interfases tisulares reflejan el sonido, y el patrón de reflexión del sonido resultante es digitalizado para producir una imagen móvil en una pantalla o una fotografía.

El sonido es producido por un cristal que oscila muy deprisa, con una frecuencia superior a 1 MHz, lo que es inaudible para el oído humano. El cristal vibra entre un millón y quinientas veces por segundo. Se utiliza un transductor para transmitir el sonido y recibir los ecos. Debe estar en contacto íntimo con la piel, sobre la que se extiende una sustancia gelatinosa para mejorar la acústica.

El aire, hueso y otros tejidos calcificados absorben casi todo el haz de ultrasonidos, por lo que esta técnica no es útil para determinar el estado de los huesos o pulmones. Sin embargo, los fluidos conducen bien los ultrasonidos, por lo que es una técnica muy empleada en el diagnóstico de quistes (que están llenos de líquido), para explorar estructuras que contienen líquido, como la vejiga, o el hígado y las vías biliares, y para visualizar el feto en el saco amniótico.

Los ultrasonidos se utilizan para explorar el sistema arterial, el corazón, el páncreas, la cavidad peritoneal, el tracto urinario, los ovarios, el sistema venoso y la médula espinal. Su aplicación más conocida es la exploración del feto durante el embarazo. Cuando se utilizan para explorar el corazón, se denomina ecocardiografía.

La ecocardiografía se emplea en el estudio de cardiopatías congénitas, enfermedades de las arterias coronarias, tumores del corazón y, de forma especial, para las alteraciones de las válvulas cardíacas. ***Los ultrasonidos son también útiles para guiar intervenciones quirúrgicas***, por ejemplo durante la amniocentesis o para introducir una aguja de biopsia en una región determinada.

El ultrasonido Doppler se emplea para medir el flujo de un líquido corporal, por ejemplo, el flujo sanguíneo.

4.5 EFECTO DOPPLER

La frecuencia de una onda que comúnmente es igual a la de la fuente, se puede cambiar al moverse la fuente el observador o ambos, cuando un observador se dirige hacia la fuente sonora entran a su oído mas fuerte por segundo y la frecuencia se reduce. Este fenómeno se llama Efecto Doppler y es valido para todas las ondas sonoras.

4.5.1 Consideraciones de Efecto Doppler.

Cuando vamos en un automóvil y pasamos por otro, cuya bocina esta sonando, podemos notar una reducción pronunciada en la frecuencia del sonido. Antes de pasar el auto, la frecuencia era superior a la normal, después se hizo inferior a la normal, de ahí viene la respectiva reducción de frecuencia en el instante de pasar. Si ambos autos estuvieran en reposo, la frecuencia del sonido será;

$$f = \frac{\text{velocidad de onda } v}{\text{longitud de onda } \lambda} = \text{---} \quad (1)$$

4.5.2 Primer caso

Cuando el observador se dirige hacia la fuente sonora con una velocidad (v^1) por lo tanto la velocidad aparente de la onda será:

$$f^1 = \frac{v + v^1}{\lambda} \quad (2)$$

$$\lambda$$

a.- Si el observador se acerca

$$\frac{f^1}{f} = \frac{v + v^1}{\lambda} \quad (3)$$

b.- Si el observador se aleja

$$\frac{f^1}{f} = \frac{v - v^1}{\lambda} \quad (4)$$

4.5.3 Segundo caso.

El observador esta en reposo y la fuente sonora se mueve con una velocidad (v^1) consideremos que la fuente que se mueve envía una compresión y después de un tiempo $1/f$ mas tarde envía la siguiente por lo que la distancia entre las compresiones será:

$$v(1/f) - v^1(1/f) \quad (5)$$

Debido a que la fuente se ha acercado una distancia $v^1(1/f)$ durante el tiempo $1/f$ transcurriendo entre la emisión de dos compresiones sucesivas. Por lo que la frecuencia aparente f^1 estará dada por:

$$f^1 = \frac{v}{v - v^1} f$$

$$\frac{f}{f_0} = \frac{1}{1 \pm \frac{v}{c}} \quad (6)$$

En la ecuación (6) el signo positivo del denominador del segundo miembros usa cuando la fuente se aleja del observador el signo menos cuando la fuente se acerca al observador.

DEFINICION E IMPORTANCIA DE LA ELECTROSTÁTICA

Estudia los fenómenos físicos originados por la existencia de cargas eléctricas y por la interacción de las mismas. *Cuando una carga eléctrica se encuentra estacionaria, o estática, produce fuerzas eléctricas sobre las otras cargas situadas en su misma región del espacio; cuando está en movimiento, produce además efectos magnéticos. Los efectos eléctricos y magnéticos dependen de la posición y movimiento relativos de las partículas con carga. En lo que respecta a los efectos eléctricos, estas partículas pueden ser neutras, positivas o negativas*

Una manifestación habitual de la **electrostática** es la fuerza de atracción o repulsión entre dos cuerpos estacionarios que, de acuerdo con el principio de acción y reacción, ejercen la misma fuerza eléctrica uno sobre otro. La carga eléctrica de cada cuerpo puede medirse en culombios.

5.1.1. CUERPOS NEUTROS Y ELÉCTRICAMENTE CARGADOS

Un átomo eléctricamente neutro tiene el mismo número de protones que de electrones. Todo cuerpo material contiene gran número de átomos y su carga global es nula salvo si ha perdido o captado electrones, en cuyo caso posee carga neta positiva o negativa, respectivamente. Sin embargo, un cuerpo, aunque eléctricamente neutro, puede tener cargas eléctricas positivas en ciertas zonas y cargas positivas en otras. En todo proceso, físico o químico, la carga total de un sistema de partículas se conserva. Es lo que se conoce como principio de conservación de la carga.

5.2 CARGA ELECTRICA

La unidad de carga eléctrica en el Sistema Internacional de unidades es el **culombio, C**. Existen en la naturaleza dos tipos de cargas eléctricas que por convenio se miden unas con números positivos y las otras con números negativos. Todas las partículas eléctricamente cargadas llevan una carga igual en valor absoluto a una cantidad llamada carga elemental, **e**. El protón posee una carga +e y el electrón lleva una carga -e. Esta carga elemental equivale a $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

5.2.1 Electrón

Tipo de partícula elemental de carga negativa que forma parte de la familia de los leptones y que, junto con los protones y los neutrones, forma los átomos y las moléculas. Los electrones están presentes en todos los átomos y cuando son arrancados del átomo se llaman electrones libres. Los electrones intervienen en una gran variedad de fenómenos físicos y químicos. **Se dice que un objeto está cargado eléctricamente si sus átomos tienen un exceso de electrones (posee carga negativa) o un déficit de los mismos (posee carga positiva).**

En 1906, el físico estadounidense Robert Andrews Millikan, mediante su experimento de “la gota de aceite”, determinó la carga del electrón: **$1,602 \times 10^{-19}$ culombios**; su **masa en reposo es $9,109 \times 10^{-31}$ kg**. La carga del electrón es la unidad básica de electricidad y se considera la carga elemental en el sentido de que todos los cuerpos cargados lo están con un múltiplo entero de dicha carga. El electrón y el protón poseen la misma carga, pero, convencionalmente, la carga del protón se considera positiva y la del electrón negativa.

5.2.2 Protón

Partícula nuclear con carga positiva igual en magnitud a la carga negativa del electrón; junto con el neutrón, está presente en todos los núcleos atómicos. Al protón y al neutrón se les denomina también nucleones. El núcleo del átomo de hidrógeno está formado por un único protón. **La masa de un protón es de $1,6726 \times 10^{-27}$ kg**, aproximadamente **1.836 veces la del electrón**.

Los protones son parte esencial de la materia ordinaria, y son estables a lo largo de periodos de miles de millones, incluso billones, de años. No obstante, interesa saber si los protones acaban desintegrándose, en una escala temporal de 10^{33} años o más.

5.2.2 METODOS DE ELECTRIZACION

Pueden utilizarse tres métodos para cargar eléctricamente un objeto:

- ⚡ **Fricción** con otro objeto de distinto material (como por ejemplo, ámbar y piel) seguido por separación.
- ⚡ **Contacto** con otro cuerpo cargado
- ⚡ **Inducción**.

5.2.3 LEY DE INTERACCION ENTRE CARGAS ELECTRICAS

Las cargas eléctricas del mismo tipo interaccionan repeliéndose y las cargas de distinto tipo interaccionan atrayéndose. La magnitud de esta interacción viene dada por la ley de Coulomb.

5.2.4 PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN ENTRE CARGAS ELECTRICAS

En todo proceso, físico o químico, **la carga total de un sistema de partículas se conserva**. Es lo que se conoce como principio de conservación de la carga.

5.2.5 CONDUCTORES Y AISLADORES

Un trozo de materia esta compuesto de muchos átomos dispuestos de una manera peculiar de acuerdo al material, algunos materiales, principalmente los metales, tienen un gran numero de electrones libres, que pueden moverse a través del material, estos materiales tienen la habilidad de transferir carga eléctrica de uno a otro.

Un conductor es un material a través del cual se transfiere fácilmente la carga eléctrica.

Los materiales que son malos conductores de la carga eléctrica como el vidrio, el paño de seda, la ebonita, el plástico, la baquelita, sé le conoce como aislantes.

Un aislante es un material que se resiste al flujo de la carga eléctrica.

Un semiconductor es un material con capacidad intermedia para transportar cargas eléctricas.

5.3 LEY DE COULOMB

Charles Agustín Coulomb

Físico francés que nació en Angoulême, Charente, en el año de 1736 un 14 de junio; murió en París el 23 de agosto de 1806. Coulomb fue en su juventud ingeniero militar y sirvió por un tiempo en las Indias Orientales. Durante la revolución Francesa trabajó en Blois. En 1777 inventó la balanza de torsión descubriendo con ella la ley que actualmente lleva su nombre.

5.3.1 Descripción del experimento de Coulomb.

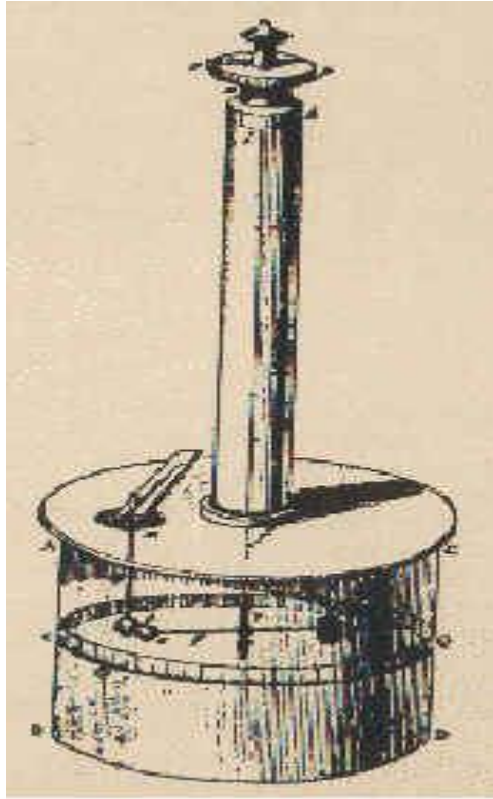


FIGURA 1

Sobre un cilindro de vidrio A B C D (figura 1) de 12 pulgadas de diámetro, que cubre por completo el vaso mencionado en primer lugar. Este disco está perforado ostentando dos agujeros de 20 líneas de diámetro; uno de ellos en el medio, en **f**, sobre el cual está colocado un tubo de vidrio de 24 pulgadas de alto, que está conectado con el orificio **f** mediante el cemento ordinariamente usado en aparatos eléctricos. En el extremo superior del tubo **h** está colocado un micrómetro de torsión que se ve en detalle en la figura 2.

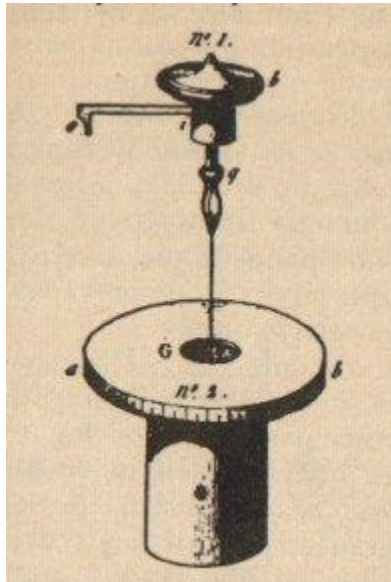


FIGURA 2

La parte superior No. 1 lleva la cabeza **b**, el índice **io** y la grapa **q**. Esta pieza se ajusta en el orificio G de la pieza No. 2 esta última formada por un círculo **ab** dividido en su borde en 360 grados, y por un tubo de cobre **P** que ajusta en el tubo H, No. 3, conectado al extremo superior del tubo de vidrio, o columna **fh** de la figura 1. La grapa **q** tiene la misma forma que el extremo de un compás donde va la tiza.

En este cañuto, cerrado con el anillo **q**, se fija el extremo de un hilo muy delgado de plata; el otro extremo de éste está sujeto en P, en una grapa formada por un cilindro **Po**, hecho de cobre o de hierro, cuyo diámetro no es mayor de una línea, y cuya parte superior está hendida formando una grapa que se cierra por medio de la pieza deslizable **P**. Este pequeño cilindro está alargado en C, atravesado por un orificio en el que puede ser insertada la aguja **ag**.

El peso de este pequeño cilindro debe de ser lo suficientemente elevado como para mantener tenso el alambre de plata, sin romperlo. La aguja que se muestra en la figura 1, en **ag**, suspendida horizontalmente cerca del punto medio del vaso grande que la contiene, está formada por un hilo de seda empapado en cera de España y que termina, desde **q** hasta **a** en 18 líneas de extensión, por una barra cilíndrica de goma laca.

En el extremo **a** de esta aguja se ha colocado una pequeña, bola de médula de saúco de dos o tres líneas de diámetro. En **g** hay una pequeña pieza vertical de papel empapado en aguarrás, que sirve como contrapeso para la esferita **a** y que amortigua las oscilaciones.

Hemos dicho que la cubierta A C estaba perforada por un segundo orificio en **m**. En él se halla introducido un pequeño cilindro **m P t** cuya parte inferior **P t** está hecha de goma

laca; en *t* hay otra bola de médula de saúco; alrededor del vaso, a la altura de la aguja, se ha descrito un círculo *zQ* dividido en 360 grados; para mayor sencillez he usado una tira de papel dividida en 360 grados, que se pega alrededor del vaso a la altura de la aguja.

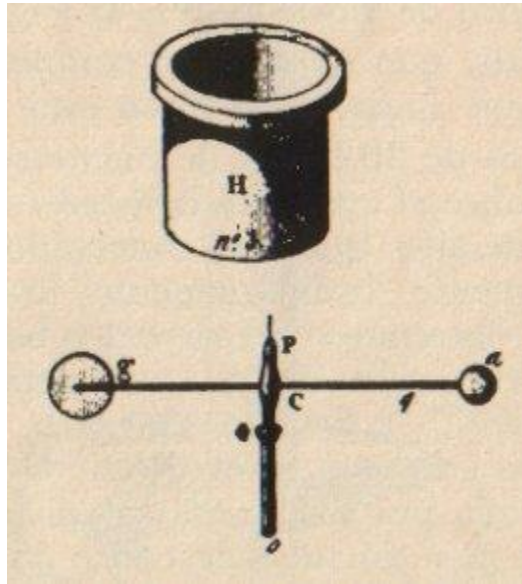


FIGURA 3

Para poner este instrumento en uso, coloqué la cubierta de tal manera que el orificio *m* prácticamente correspondiese a la primera división del círculo *zoQ* trazado en el vaso. Coloqué el índice *oi* del micrómetro; luego giré a éste en el tubo vertical *fh* hasta que, mirando por el alambre suspendido y la esfera *t*, encontráramos la primera división *o* del círculo *zoQ*. La balanza está entonces en condiciones de ser usada para todas nuestras operaciones. Como ejemplo, procederemos a dar el método que hemos usado para determinar la ley fundamental, de acuerdo con la cual los cuerpos electrizados se repelen entre sí.

Experimento

Electrificamos un pequeño conductor (figura 4) que es simplemente un alfiler de cabeza grande, que se ha aislado introduciendo su extremo en la punta de una barrita de cera de España. Introducimos este alfiler



FIGURA 4

a través del agujero **m** y tocamos la esferita **t** que está en contacto con **a**. Al tocarlas con el alfiler, ambas se cargan de electricidad de la misma clase y se repelen recíprocamente a una distancia que es medida mirando por el alambre suspendido, y el centro de la esferita **a**, a la correspondiente división del círculo **zoQ**. Luego, girando el índice del micrómetro en el sentido **pno**, torcemos el alambre y ejercemos una fuerza proporcional al ángulo de torsión que tiende a acercar la esferita **a** a la **t**. Comparando estas fuerzas de torsión con las correspondientes distancias de las esferitas, hallamos la ley de repulsión..

5.3.2 Enunciado

La ley de Coulomb

Mediante esta balanza de torsión, Coulomb encontró que la fuerza de atracción o repulsión entre dos cargas puntuales (cuerpos cargados cuyas dimensiones son despreciables comparadas con la distancia r que las separa) es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.

5.3.3 Modelo matemático.

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2}$$

5.3.4 Unidades.

F = Fuerza de atracción o repulsión (N)

q_1, q_2 = Cargas electricas positivas o negativas. (C)

R_r = Distancia de separación en (metros.)

K = Constante de proporcionalidad

El valor de la constante de proporcionalidad depende de las unidades en las que se exprese F , q , q' y r . En el Sistema Internacional de Unidades de Medida vale $9 \times 10^{-9} \text{ Nm}^2/\text{C}^2$.

5.3.5 Permitividad del medio

La ecuación de la ley de Coulomb es válida únicamente cuando las cargas se encuentran en el vacío; o en forma bastante aproximada si se encuentran en el aire, si entre las cargas existe una sustancia o medio aislante, se observará que la fuerza eléctrica de interacción entre estas sufrirá una disminución que puede ser mayor o menor dependiendo del medio.

La relación que existe entre la fuerza eléctrica de dos cargas en el vacío y la fuerza eléctrica de estas mismas cargas sumergidas en algún medio o sustancia aislante, recibe el nombre de permitividad relativa o coeficiente dieléctrico (ϵ_r), de dicho medio o sustancia

$$\epsilon_r = F / F^1$$

ϵ_r = Permitividad del medio sin dimensiones.

F = Fuerza eléctrica entre cargas en el vacío, en newton o dinas

F^1 = Fuerza eléctrica entre las mismas cargas colocadas en el medio, en newton o dinas.

5.4 Campo eléctrico

Los campos eléctricos atraen partículas, o las repelen. La fuerza se realiza sin tocar las partículas y se llama **fuerza electrostática**. Esta fuerza depende del campo eléctrico y de la carga de la partícula.

5.4.1 Campo de fuerzas

5.4.2 Intensidad de campo eléctrico

Al descubrir los campos eléctricos y las fuerzas electroestáticas se convino que el **campo eléctrico E** este definido **$E = \text{Fuerza} / \text{carga de la partícula}$** , lo que hace que su unidad sea **N / C**

En los campos eléctricos se puede usar el principio de superposición, que dice que la suma de las cargas es igual a la suma vectorial de ellas.

5.4.3 Líneas de fuerza eléctrica

Para visualizar **campos eléctricos** se utilizan las **líneas del campo eléctrico**. Estas tienen unas características y son la forma de representar los campos eléctricos. La relación entre las líneas y el campo eléctrico es esta:

1. **E** es siempre tangente a las líneas del campo eléctrico.
2. La densidad de las línea es proporcional a la cantidad del campo eléctrico en una región.

Las características de las líneas y su relación con las cargas de los cuerpos son estas:

1. Las líneas van de la carga positiva, o del infinito, a la carga negativa, o al infinito.
2. El numera de líneas que llegan a la carga positiva y a la negativa indicaran la cantidad de carga de los cuerpos.
3. Las líneas no se cruzaran NUNCA.

5.4.4 Enunciado

5.4.5 Modelo matemático

$$E = F_c / Q$$

5.4.6 Unidades

5.4 CAMPO ELECTRICO

5.4.1 CAMPO DE FUERZAS

Las fuerzas eléctricas, como las gravitacionales, actúan entre cuerpos que no están en contacto entre sí y entre aquellos que sí lo están. Una manera conceptual de describir esas fuerzas implica el concepto de campo de fuerzas.

Si colocamos una carga de prueba en el espacio cercano a una varilla cargada eléctricamente, sobre dicha carga actuara una fuerza electrostática, de una manera conceptual hablamos de un campo eléctrico.

Se dice que existe un campo eléctrico en una región de espacio donde se manifiestan las fuerzas de atracción o de repulsión.

5.4.2 INTENSIDAD DE CAMPO ELECTRICO

Teniendo en cuenta que la fuerza por unidad de masa constituye una definición cuantitativa de un campo gravitatorio, la intensidad de un campo eléctrico se puede considerar mediante el concepto de fuerza por unidad de carga. La intensidad del campo eléctrico **E** en un punto se puede definir en términos de la fuerza **F** que experimenta una carga de prueba **q₀** colocada precisamente en ese punto. La magnitud de la intensidad de campo esta dada por la siguiente relación:

$$E = \frac{F}{q}$$

donde:

F = Fuerza eléctrica en Newton

q = carga eléctrica en Coulomb.

La dirección de la intensidad del campo eléctrico **E** en un punto en el espacio es la misma que la dirección en la cual una carga positiva se movería si se colocara en ese punto.

Un campo eléctrico tiene tanto magnitud como dirección. La magnitud del campo en cualquier punto es la fuerza por unidad de carga.

Alrededor de un cuerpo cargado existe un campo eléctrico, haya o no una segunda carga localizada en el campo. Si una carga se coloca en el campo, experimentara una fuerza **F** dada por:

$$F = q E$$

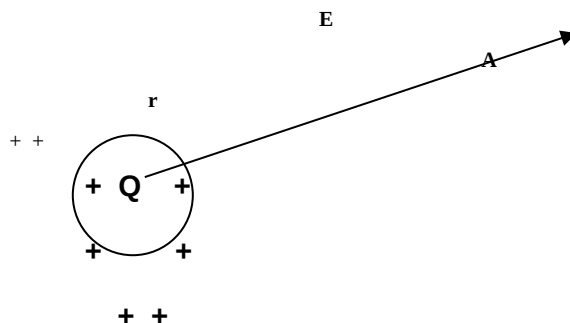
E = intensidad del campo

q = Magnitud de la carga colocada en el campo

Si **q** es positiva, **E** y **F** tendrán la misma dirección, si **q** es negativa. La fuerza estará en dirección opuesta al campo **E**.

5.4.2.1 CALCULO DE LA INTENSIDAD DE CAMPO ELECTRICO.

Para Calcular la intensidad de campo eléctrico de una carga situada en un punto colocado a una distancia **r** de una carga eléctrica como se muestra en la figura.



$$E = \frac{k Q}{r^2}$$

donde :

E = Intensidad del campo eléctrico N / C

r = distancia donde se encuentra el punto considerado en m ts.

Q = Carga generadora del campo eléctrico en Coulomb

K = constante de proporcionalidad, $9 \times 10^9 N \times m^2 / C^2$

Cuando existen mas de una carga contribuyendo al campo electrico como lo muestra la figura (2),el campo resultante sera la suma vectorial de las contribuciones de cada carga

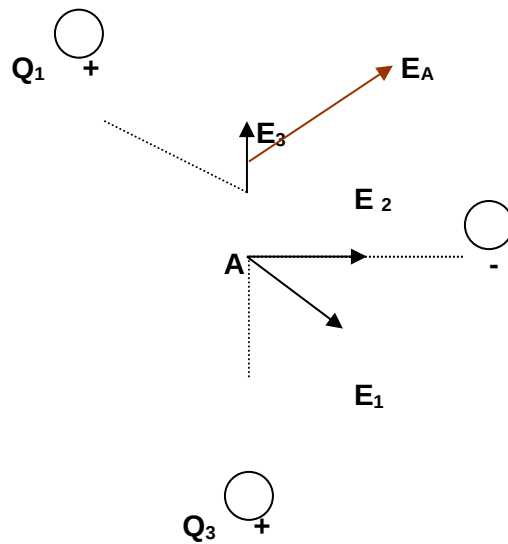


Figura 2

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots \text{ Suma vectorial}$$

$$E = \sum \frac{KQ}{r^2}$$

5.4.3 LINEAS DE FUERZA ELECTRICA

La manera más útil de describir un campo eléctrico es por medio de líneas de fuerza eléctricas. En sus primeras investigaciones sobre el electromagnetismo, Michel Faraday, desarrollo un ingenioso sistema para visualizar los campos eléctricos, generados por cargas eléctricas tanto positivas como negativas. El método consiste en representar tanto la intensidad como la dirección de un campo eléctrico por medio de líneas imaginarias a las que llamo ***líneas de campo eléctrico***.

Las líneas de campo eléctrico son líneas imaginarias trazadas de tal manera que su dirección en cualquier punto es la misma que la dirección del campo eléctrico en ese punto.

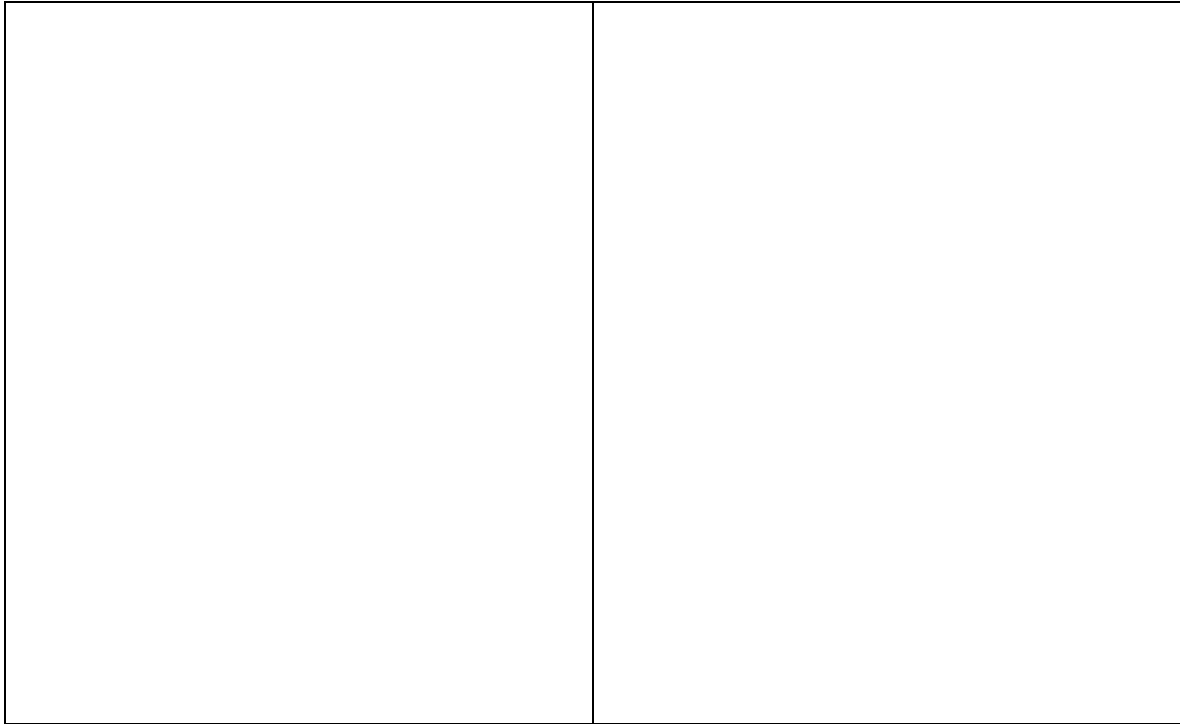
Deben tomarse en cuenta dos reglas cuando se construyan líneas de l campo eléctrico.

1. La dirección de la línea de campo en cualquier punto es la misma que la dirección en la cual una carga positiva se movería si estuviera colocada en ese punto.
2. La separación entre las líneas del campo debe ser tal que estén más cercanas cuando el campo es fuerte y más alejadas cuando el campo es débil.

Siguiendo estas reglas el alumno construirá en el espacio en blanco las líneas correspondientes:

1. Para dos cargas positivas separadas entre si.
2. para dos cargas de diferente signo separadas entre si

--	--



5.4.3.1 LEY DE GAUSS

Él numero total de líneas de fuerza eléctricas que cruzan cualquier superficie cerrada en una dirección hacia fuera es numéricamente igual a la carga total neta contenida dentro de esa superficie.

$$N = \sum e_0 E_n A = \sum q$$

5.4.3.2 DENSIDAD DE CARGA.

La mayoría de conductores cargados tienen grandes cantidades de carga sobre ellos, no resulta práctico considerar las cargas en forma individual, generalmente se habla de la densidad de carga:

definida como la carga por unidad de área de la superficie.

$$d = \frac{q}{A}$$

$$q = d \cdot A$$



Instituto Politécnico Nacional
"La Técnica al Servicio de la Patria"

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

CENTRO DE ESTUDIOS CIENTIFICOS Y
TECNOLOGICOS 15
"DIÓDORO ANTÚNEZ E"

UNIDAD DE APRENDIZAJE FISICA II



TEMA
LECTURAS
PERIODO C



PROFESOR
FIDEL BONILLA MORA

AÑO 2021

5.3 Campo eléctrico

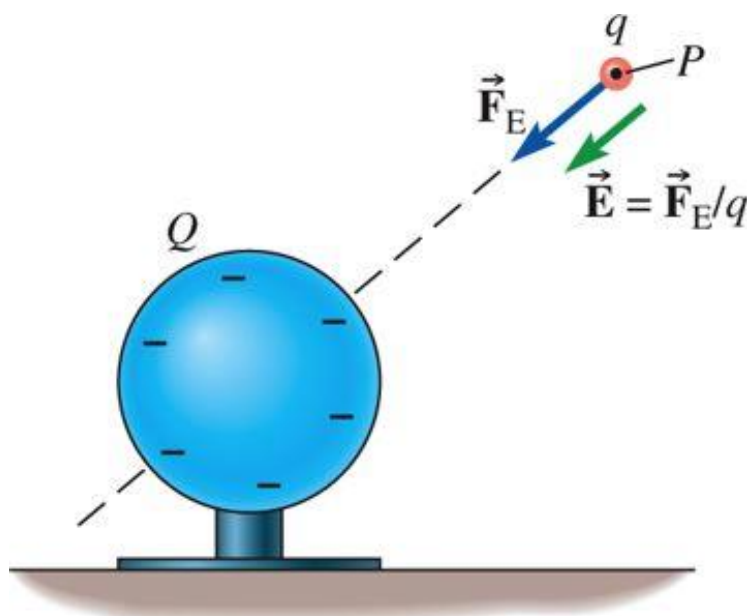
Recuerde que el campo gravitacional en un punto se define como la fuerza gravitacional por unidad de masa sobre un objeto colocado en ese punto. Si la fuerza gravitacional ejercida por la Tierra sobre una manzana de masa m es $\vec{F}_g$, entonces el campo gravitacional de la Tierra $\vec{g}$ en el lugar donde está la manzana está dado por

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}_g}{m}$$

Las direcciones de $\vec{F}_g$ y $\vec{g}$ son iguales porque m es positiva. El campo gravitacional que encontramos con más frecuencia es el que se debe a la Tierra, pero el campo gravitacional podría deberse a cualquier cuerpo astronómico, o a más de un solo cuerpo. Por ejemplo, una astronauta puede estar preocupada por el campo gravitacional debido al Sol, la Tierra y la Luna combinados en el lugar donde está su nave. Puesto que las fuerzas gravitacionales se suman como vectores —como todas las fuerzas— el campo gravitacional en el lugar donde se ubica la aeronave es el vector suma de los campos gravitacionales por separado debidos al Sol, la Tierra y la Luna.

En forma similar, si una carga puntual q está en la cercanía de otras cargas, experimenta una fuerza eléctrica $\vec{F}_E$. El **campo eléctrico** —(símbolo $\vec{E}$ en cualquier punto se define como la fuerza eléctrica por unidad de carga en ese punto

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_E}{q}$$



El campo eléctrico $\vec{E}$ que existe en un punto P debido a un objeto cargado con una carga Q es igual a la fuerza eléctrica $\vec{F}_E$ que experimenta una pequeña carga de prueba q colocada en ese punto dividida entre q .

Las unidades del SI

para el campo eléctrico son N/C.

los campos eléctricos atraen partículas, o las repelen. La fuerza se realiza sin tocar las partículas y se llama **fuerza electrostática**. Esta fuerza depende del campo eléctrico y de la carga de la partícula.

Campo de fuerzas

5.4.1 Intensidad de campo eléctrico

Al descubrir los campos eléctricos y las fuerzas electroestáticas se convino que el **campo eléctrico E** este definido **$E = \text{Fuerza} / \text{carga de la partícula}$** , lo que hace que su unidad sea **N / C**

En los campos eléctricos se puede usar el principio de superposición, que dice que la suma de las cargas es igual a la suma vectorial de ellas.

5.4.2 Líneas de fuerza eléctrica

Para visualizar **campos eléctricos** se utilizan las **líneas del campo eléctrico**. Estas tienen unas características y son la forma de representar los campos eléctricos. La relación entre las líneas y el campo eléctrico es esta:

1. **E** es siempre tangente a las líneas del campo eléctrico.
2. La densidad de las línea es proporcional a la cantidad del campo eléctrico en una región.

Las características de las líneas y su relación con las cargas de los cuerpos son estas:

1. Las líneas van de la carga positiva, o del infinito, a la carga negativa, o al infinito.
2. Él numera de líneas que llegan a la carga positiva y a la negativa indicaran la cantidad de carga de los cuerpos.
3. Las líneas no se cruzaran NUNCA.

5.4 CAMPO ELECTRICO

Un campo eléctrico es un campo de fuerza creado por la atracción y repulsión de cargas eléctricas.

5.4.1 CAMPO DE FUERZAS

Las fuerzas eléctricas, como las gravitacionales, actúan entre cuerpos que no están en contacto entre sí y entre aquellos que sí lo están. Una manera conceptual de describir esas fuerzas implica el concepto de campo de fuerzas.

Si colocamos una carga de prueba en el espacio cercano a una varilla cargada eléctricamente, sobre dicha carga actuara una fuerza electrostática, de una manera conceptual hablamos de un campo eléctrico.

Se dice que existe un campo eléctrico en una región de espacio donde se manifiestan las fuerzas de atracción o de repulsión.

5.4.2 INTENSIDAD DE CAMPO ELECTRICO

Teniendo en cuenta que la fuerza por unidad de masa constituye una definición cuantitativa de un campo gravitatorio, la intensidad de un campo eléctrico se puede considerar mediante el concepto de fuerza por unidad de carga. La intensidad del campo eléctrico E en un punto se puede definir en términos de la fuerza F que experimenta una carga de prueba q_0 colocada precisamente en ese punto. La magnitud de la intensidad de campo esta dada por la siguiente relación:

$$E = \frac{F}{q}$$

donde:

F = Fuerza eléctrica en Newton

q = carga eléctrica en Coulomb.

La dirección de la intensidad del campo eléctrico E en un punto en el espacio es la misma que la dirección en la cual una carga positiva se movería si se colocara en ese punto.

Un campo eléctrico tiene tanto magnitud como dirección. La magnitud del campo en cualquier punto es la fuerza por unidad de carga.

Alrededor de un cuerpo cargado existe un campo eléctrico, haya o no una segunda carga localizada en el campo. Si una carga se coloca en el campo, experimentara una fuerza F dada por:

$$F = q E$$

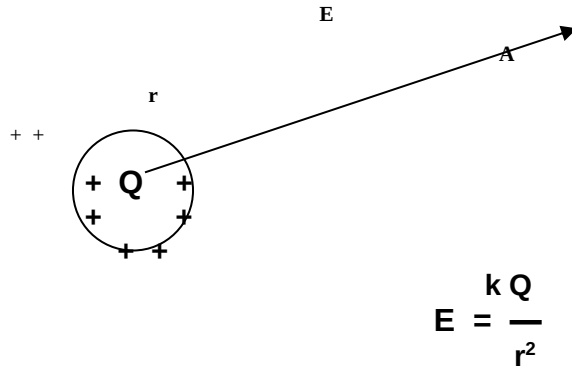
E = intensidad del campo

q = Magnitud de la carga colocada en el campo

Si q es positiva, E y F tendrán la misma dirección, si q es negativa. La fuerza estará en dirección opuesta al campo E .

5.4.2.1 CALCULO DE LA INTENSIDAD DE CAMPO ELECTRICO.

Para Calcular la intensidad de campo eléctrico de una carga situada en un punto colocado a una distancia r de una carga eléctrica como se muestra en la figura.



donde :

E = Intensidad del campo eléctrico N / C

r = distancia donde se encuentra el punto considerado en m ts.

Q = Carga generadora del campo eléctrico en Coulomb

K = constante de proporcionalidad, $9 \times 10^9 N \times m^2 / C^2$

Cuando existen mas de una carga contribuyendo al campo electrico como lo muestra la figura (2),el campo resultante sera la suma vectorial de las contribuciones de cada carga

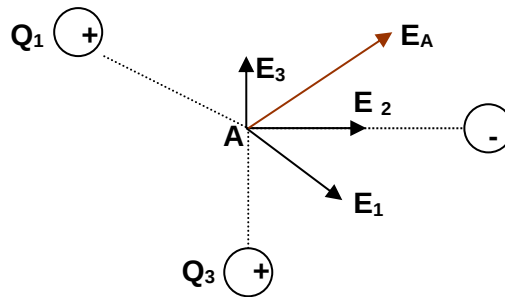


Figura 2

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots \text{ Suma vectorial}$$

$$E = \sum \frac{KQ}{r^2}$$

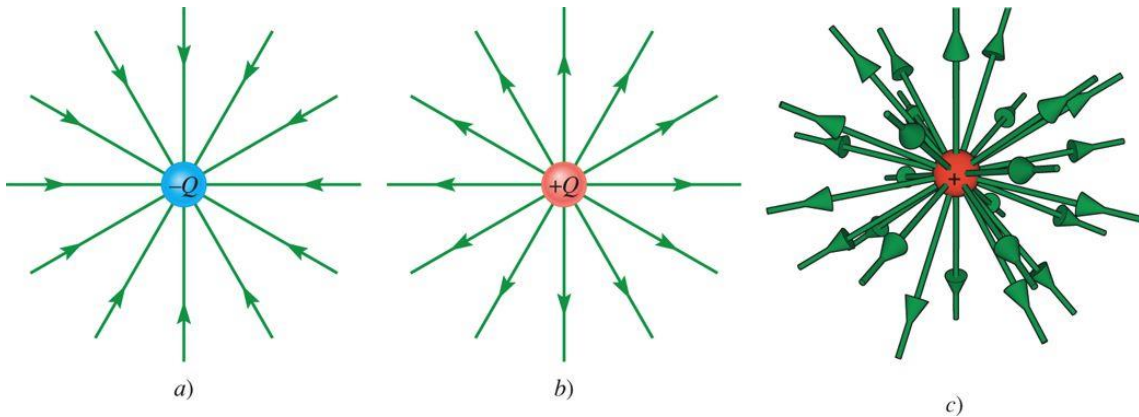
5.4.3 LINEAS DE FUERZA ELECTRICA

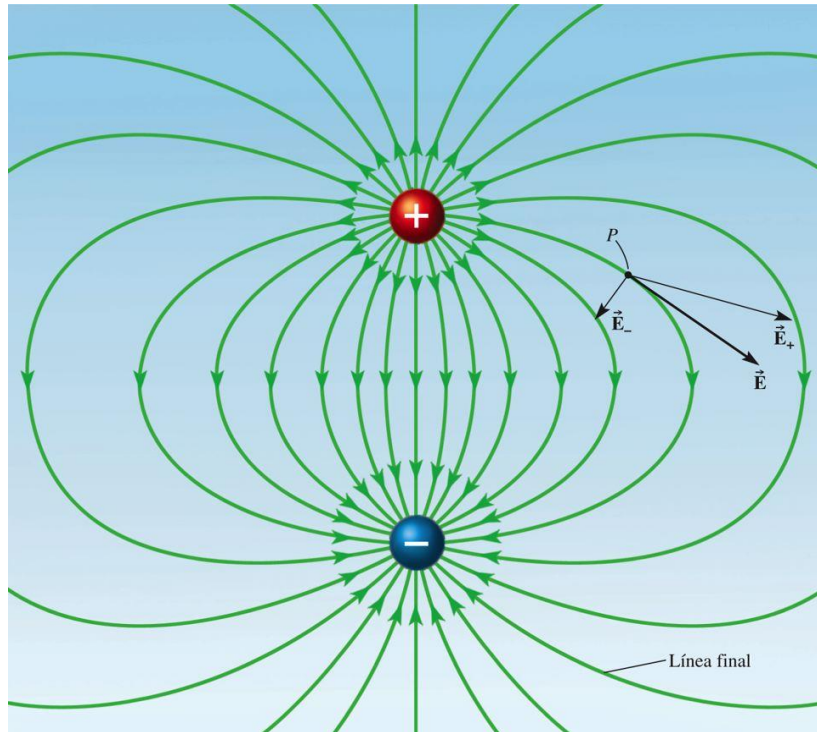
La manera más útil de describir un campo eléctrico es por medio de líneas de fuerza eléctricas. En sus primeras investigaciones sobre el electromagnetismo, Michel Faraday, desarrollo un ingenioso sistema para visualizar los campos eléctricos, generados por cargas eléctricas tanto positivas como negativas. El método consiste en representar tanto la intensidad como la dirección de un campo eléctrico por medio de líneas imaginarias a las que llamo **líneas de campo eléctrico**.

Las líneas de campo eléctrico son líneas imaginarias trazadas de tal manera que su dirección en cualquier punto es la misma que la dirección del campo eléctrico en ese punto.

Deben tomarse en cuenta dos reglas cuando se construyan líneas de l campo eléctrico.

1. La dirección de la línea de campo en cualquier punto es la misma que la dirección en la cual una carga positiva se movería si estuviera colocada en ese punto.
2. La separación entre las líneas del campo debe ser tal que estén más cercanas cuando el campo es fuerte y más alejadas cuando el campo es débil.





Líneas de campo eléctrico para un dipolo. El vector de campo eléctrico $\vec{E}$ en un punto P es tangente a la línea de campo que pasa a través de ese punto y es la suma de los campos ($\vec{E}_-$ y $\vec{E}_+$) generados por cada una de las dos cargas puntuales.

5.4.3.1 LEY DE GAUSS

El número total de líneas de fuerza eléctricas que cruzan cualquier superficie cerrada en una dirección hacia fuera es numéricamente igual a la carga total neta contenida dentro de esa superficie.

$$N = \sum e_0 E_n A = \sum q$$

5.4.3.2 DENSIDAD DE CARGA.

La mayoría de conductores cargados tienen grandes cantidades de carga sobre ellos, no resulta práctico considerar las cargas en forma individual, generalmente se habla de la densidad de carga:

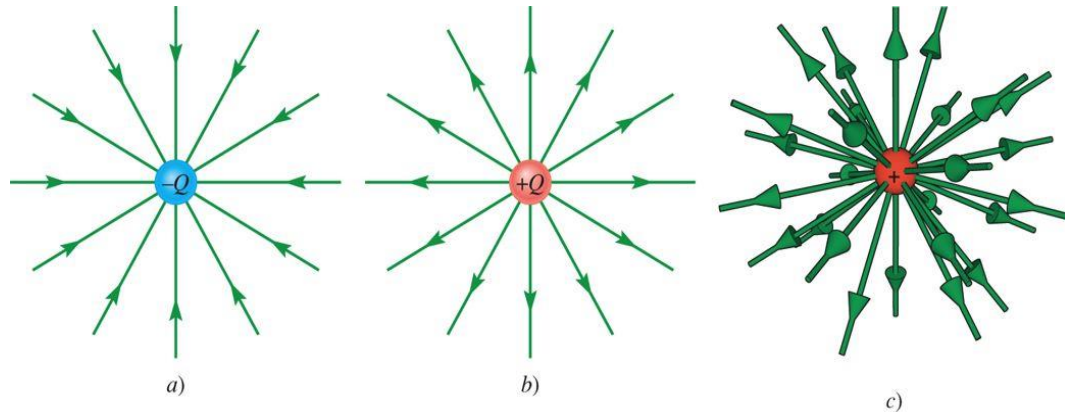
definida como la carga por unidad de área de la superficie.

$$d = \frac{q}{A}$$

$$q = d A$$

Líneas de campo para una carga puntual

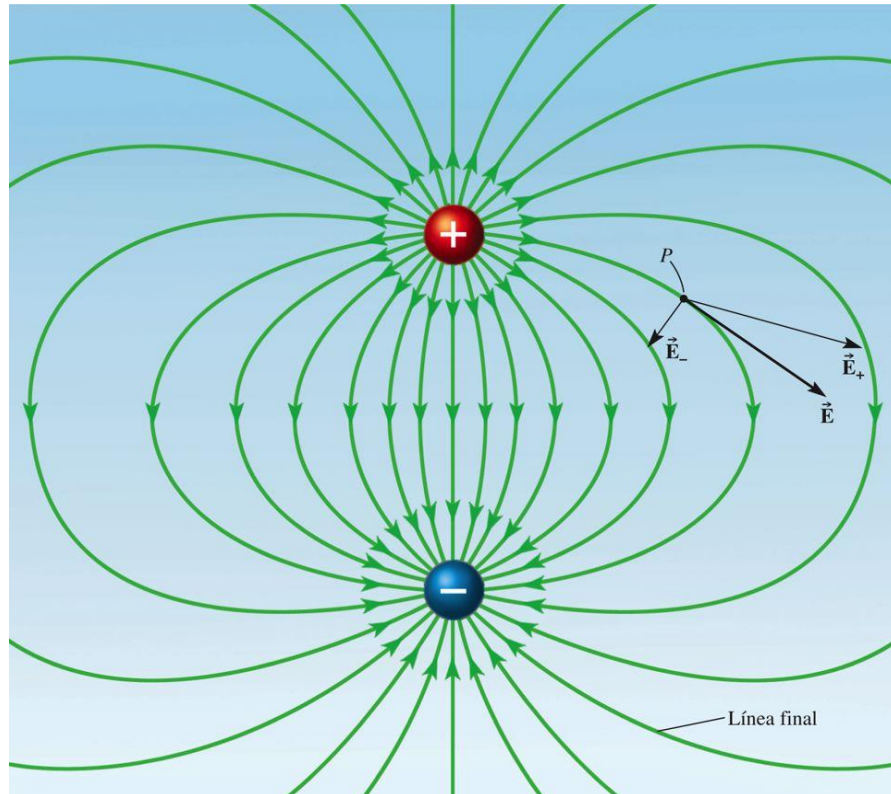
La [figura](#) muestra diagramas de las líneas de campo debidas a cargas puntuales individuales. Las líneas de campo señalan que la dirección del campo es radial (se alejan de la carga positiva o se acercan a una carga negativa). Las líneas están muy juntas cerca de la carga puntual, donde el campo es fuerte, y se van dispersando a medida que se alejan de la carga puntual, demostrando que la fuerza del campo disminuye con la distancia. En estos diagramas no se muestra ninguna otra carga cercana, por lo cual las líneas se prolongan hacia el infinito como si la carga puntual fuera lo único que hay en el universo. Si el campo de visión se amplificara de modo que aparecieran otras cargas, las líneas que empiezan en la carga puntual positiva terminarían en cargas negativas lejanas, y aquellas que terminan en la carga negativa empezarían en cargas positivas lejanas.



Líneas de campo eléctrico debidas a cargas puntuales aisladas. a) Campo de una carga puntual negativa; b) campo de una carga puntual positiva. Estos diagramas muestran solamente las líneas de campo que están en un plano bidimensional. c) Ilustración tridimensional de las líneas de campo eléctricas debidas a una carga positiva.

Campo eléctrico generado por un dipolo

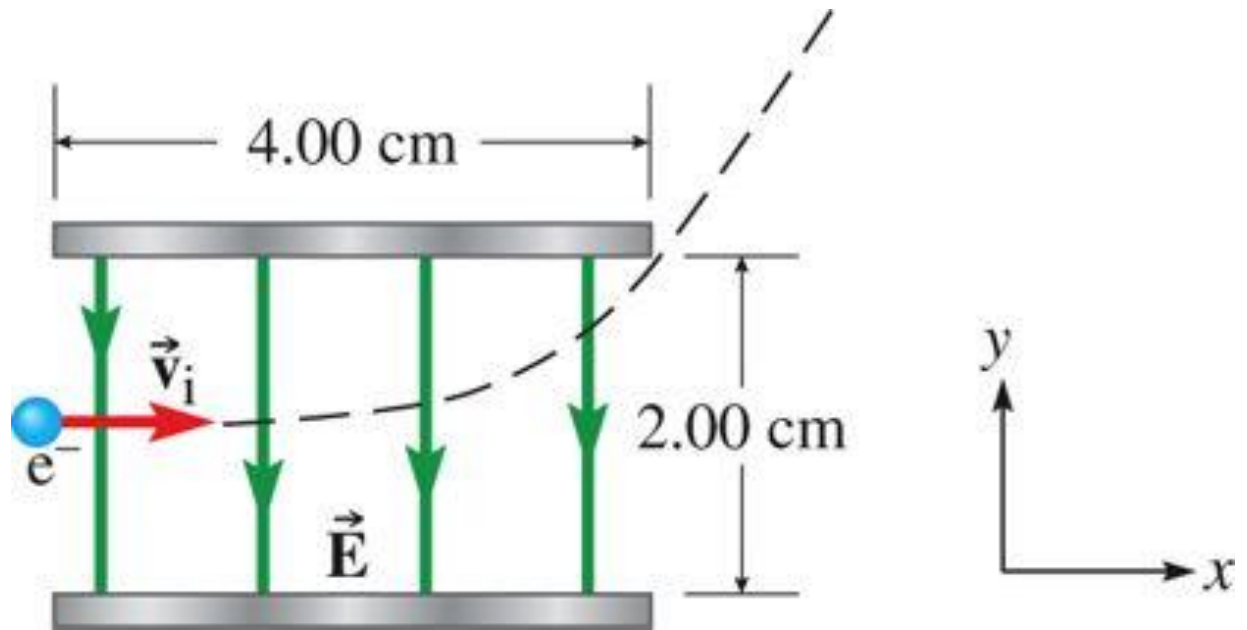
Un par de cargas puntuales que tienen cargas iguales y opuestas, y que están cercanas una de otra, forman lo que se llama un **dipolo** (literalmente *dos polos*). Calcular el campo eléctrico generado por el dipolo en varios puntos usando la ley de Coulomb sería extremadamente tedioso, pero trazando algunas líneas de campo podemos tener de inmediato una idea aproximada del campo eléctrico.



Líneas de campo eléctrico para un dipolo. El vector de campo eléctrico $\vec{E}$ en un punto P es tangente a la línea de campo que pasa a través de ese punto y es la suma de los campos ($\vec{E}_-$ y $\vec{E}_+$) generados por cada una de las dos cargas puntuales.

Desviación de un electrón proyectado en un campo uniforme $\vec{E}$

Un electrón es proyectado horizontalmente en un campo eléctrico uniforme dirigido verticalmente hacia abajo entre dos placas paralelas. Las placas están separadas 2.00 cm y tienen una longitud de 4.00 cm. La rapidez inicial del electrón es $v_i = 8.00 \times 10^6$ m/s. Cuando entra en la región que está entre las placas, el electrón se encuentra a la mitad del camino entre las dos placas; al salir, el electrón casi roza la placa superior. ¿Cuál es la magnitud del campo eléctrico?



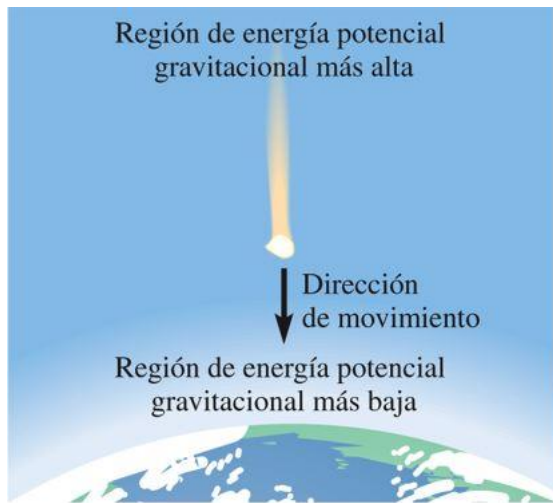
Un electrón desviado por un campo eléctrico.

ENERGÍA POTENCIAL ELÉCTRICA

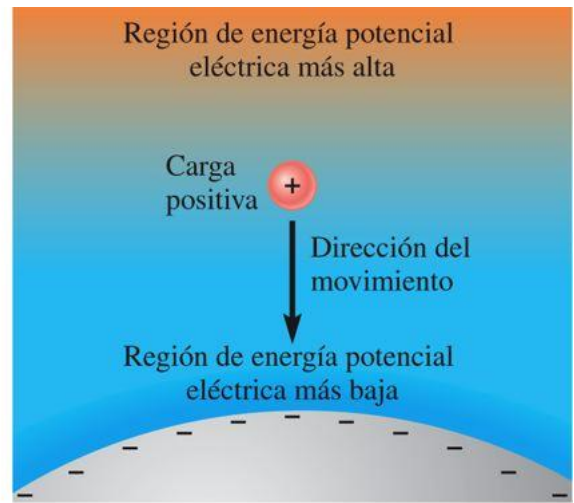
La **energía potencial eléctrica** es la energía almacenada en un campo *eléctrico*. El *cambio* que se registra en la energía potencial, ya sea gravitacional o eléctrica, cuando los objetos están en movimiento es de la misma magnitud que el trabajo realizado por el campo, pero tiene el signo contrario:

$$\Delta U_{\text{GRAV}} = - W_{\text{GRAV}}$$

El signo menos indica que cuando el campo realiza un trabajo positivo W_{campo} sobre un objeto, la energía del *objeto* se incrementa en una cantidad W_{campo} . Esa cantidad de energía se *toma* de la energía potencial almacenada. El campo recurre a su “cuenta bancaria de energía potencial” y cede energía al objeto, por lo cual la energía potencial disminuye cuando la fuerza realiza un trabajo positivo.



a)



b)

a) Cuando un objeto se mueve a través de un campo gravitacional, la energía potencial gravitacional cambia.

b) Cuando una partícula cargada se mueve a través de un campo *eléctrico*, la energía potencial *eléctrica* cambia.

La **energía potencial** es energía almacenada en un campo.

Algunas de las múltiples semejanzas entre la energía potencial gravitacional y la energía potencial eléctrica son:

- En ambos casos, la energía potencial depende solamente de las *posiciones* de varios objetos, no de la *trayectoria* que éstos hayan recorrido para llegar a esas posiciones.
- Solamente los *cambios* de la energía potencial son significativos para la física, por lo cual podemos elegir libremente *cualquier* punto que nos parezca conveniente para asignarle una energía potencial cero. En una situación dada, la energía potencial depende de dónde se elija el punto en el que $U = 0$, pero los *cambios* de la energía potencial *no* se ven afectados por esta elección.
- En el caso de dos partículas puntuales, generalmente elegimos $U = 0$ cuando las partículas están infinitamente separadas.
- Tanto la fuerza gravitacional como la fuerza eléctrica que una partícula puntual ejerce sobre otra son inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia que hay entre ellas ($F \propto 1/r^2$). En consecuencia, las energías potenciales gravitacional y eléctrica tienen *la misma dependencia con respecto a la distancia* ($U \propto 1/r$, con $U = 0$ a $r = \infty$).
- La fuerza gravitacional y la energía potencial gravitacional para un par de partículas puntuales son proporcionales al producto de las masas de las partículas:

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

$$U_g = -\frac{Gm_1m_2}{r} \quad (U_g = 0 \text{ en } r = \infty)$$

La fuerza eléctrica y la energía potencial eléctrica de un par de partículas puntuales son proporcionales al producto de las *cargas* de dichas partículas:

$$F = \frac{k |q_1| |q_2|}{r^2}$$

Energía potencial eléctrica de un par de cargas puntuales separadas por una distancia r .

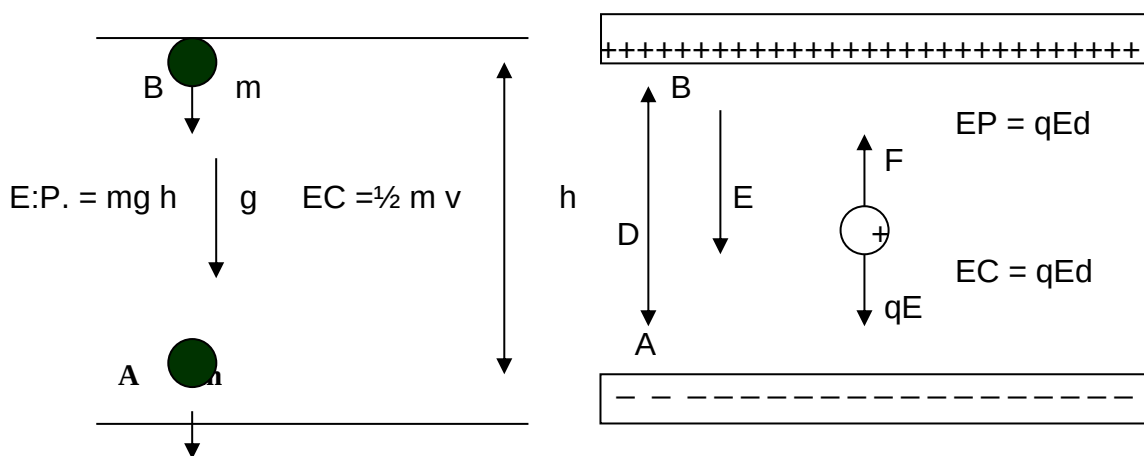
$$U_E = \frac{kq_1q_2}{r} \quad (U_E = 0 \text{ en } r = \infty)$$

El signo negativo que la gravedad siempre es una fuerza de atracción: si dos partículas se aproximan entre sí (r disminuye), la gravedad realiza un trabajo positivo y ΔU es negativo (una parte de la energía potencial

gravitacional se convierte en otras formas de energía). Si las dos partículas se separan, la energía potencial gravitacional aumenta.

el producto $q_1 q_2$ es positivo. La fuerza eléctrica entre dos cargas semejantes es de *repulsión*; la energía potencial se *incrementa* a medida que las cargas se aproximan más.

Analogía entre el campo gravitacional y campo eléctrico



Una masa m se eleva en contra del campo gravitacional g lo que da por resultado una energía potencial en el punto B. Cuando se suelta la masa, esta energía se transformara totalmente en energía cinética al ir cayendo al punto A.

Una carga positiva q se dezplaza en contra de un campo electrico constante E a traves de una distancia d . En el punto B la energia potencial sera qEd con respecto al punto A. Cuando se suelte la carga ganara una cantidad equivalente de energia cinetica.

Siempre que una carga positiva se mueva en contra del campo electrico, la energia potencial aumenta; siempre que una carga negativa se mueva en contra del campo electrico, la energia potencial disminuye.

5.1.1 Cálculo de la energía potencial

$$EP = \frac{K Q q}{r}$$

EP = Energía potencial en Julios

K = Constante de proporcionalidad

Q = Carga eléctrica generadora del campo en (C)

q = Carga eléctrica positiva puede tener cualquier valor en (C)

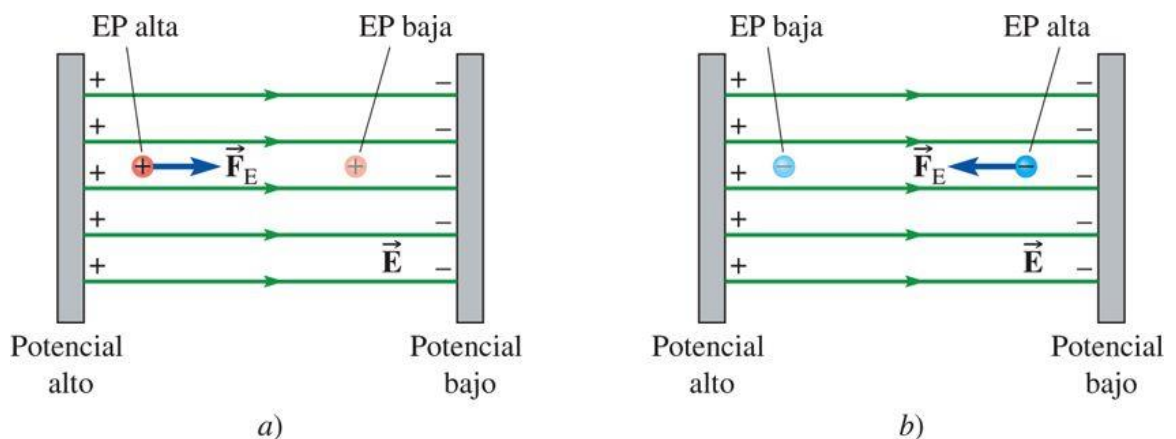
r = distancia entre la carga positiva y la carga generadora en (mts)

Definición:

La energía potencial de un sistema es igual al trabajo realizado contra las fuerzas eléctricas para llevar la carga + q desde el infinito hasta el punto considerado.

5.5 POTENCIAL ELÉCTRICO

Imaginemos que una serie de cargas puntuales están fijas en sus sitios y que otra carga q puede moverse. El movimiento de q puede provocar cambios en la energía potencial eléctrica, dado que las distancias entre ella y las cargas fijas pueden cambiar. De la misma manera que el campo eléctrico se define como la fuerza eléctrica por unidad de carga, el **potencial eléctrico** V se define como la energía potencial eléctrica *por unidad de carga*



La *fuerza* eléctrica sobre una carga actúa siempre en la dirección de la energía potencial eléctrica más baja. El *campo* eléctrico tiene siempre la dirección del *potencial* más bajo.

En electricidad se pueden resolver muchos problemas prácticos si se consideran los cambios que experimenta una carga en movimiento en términos de energía. Si se requiere una cierta cantidad de trabajo para mover una carga en contra de ciertas fuerzas eléctricas, la carga tendrá un potencial o posibilidad de aportar una cantidad equivalente de energía cuando sea liberada.

Si se conoce la intensidad del campo eléctrico en cierto punto dentro del mismo, es posible producir la fuerza sobre una carga situada en ese punto, por lo que es conveniente asignar otra propiedad al espacio que rodea a una carga, y que nos permite calcular la energía potencial debida a otra carga situada en cualquier punto, esta propiedad del espacio se llama potencial eléctrico y se define:

El potencial eléctrico en un punto situado a una distancia r de una carga generadora es igual al trabajo por unidad de carga realizado contra las fuerzas eléctricas para transportar una carga positiva $+q$ desde el infinito hasta dicho punto.

5.5.2.1 Magnitud del potencial eléctrico.

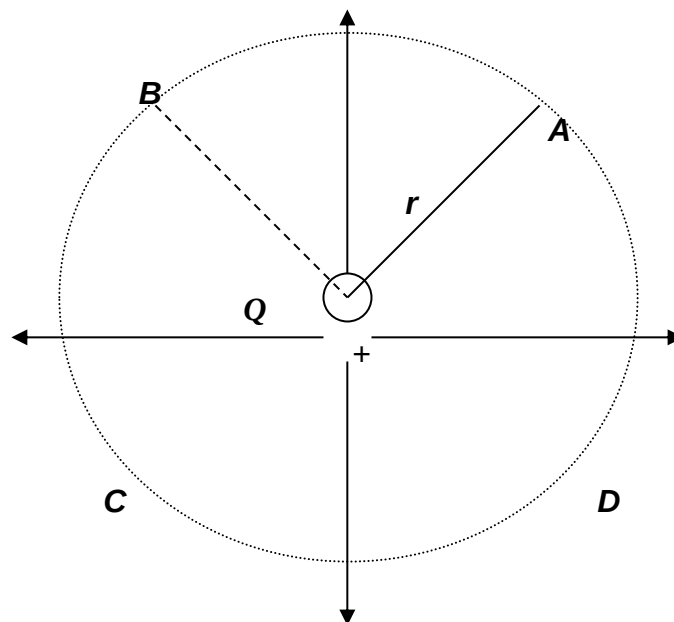


Figura 2

5.5.2.2 Cálculo del potencial eléctrico a una distancia r de una carga $+Q$

$$V_A = \frac{k \cdot Q}{r}$$

V_A = Potencial eléctrico en el punto A en Voltios (V)

k = Constante de proporcionalidad

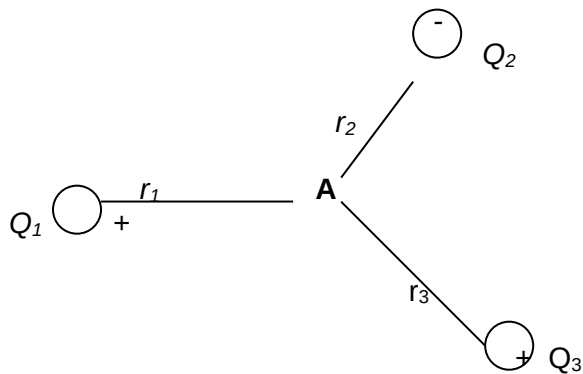
Q = Carga generadora del campo en C

r = Distancia del punto a la carga generadora. En mts.

Características:

- El potencial debido a una carga **positiva** es **positiva**.
- El potencial debido a una carga **negativa** es **negativa**.
- El potencial en los puntos A, B, C de la figura 2 tienen el mismo valor

5.5.2.3 Potencial eléctrico producido por varias cargas en un punto A considerado.



$$V_A = V_1 + V_2 + V_3$$

El potencial eléctrico total producido por dos o más cargas eléctricas en un punto considerado es igual a la suma algebraica de cada uno de los potenciales que corresponde a cada carga.

Los potenciales no tienen dirección en el espacio: se suman como cualquier otro escalar. Los potenciales pueden ser positivos y negativos y por eso se deben sumar con sus respectivos signos algebraicos.

5.5.3 SUPERFICIES EQUIPOTENCIALES

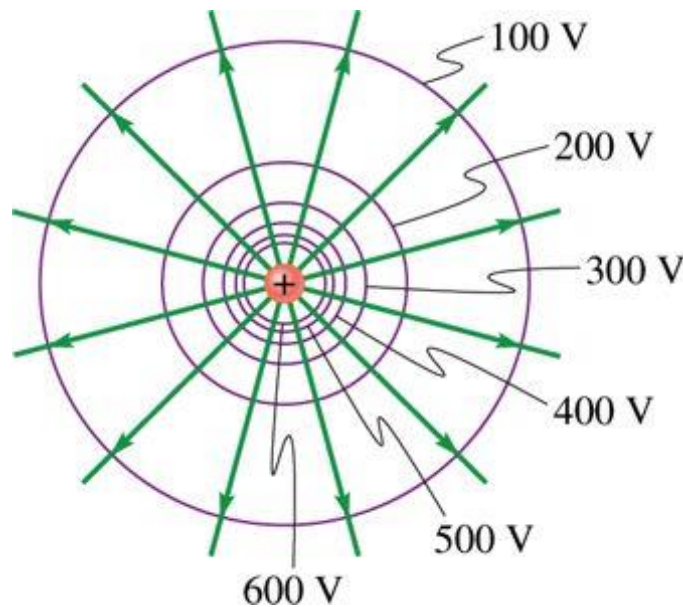
Una **superficie equipotencial** tiene el mismo potencial en todos los puntos de la superficie. En virtud de que la diferencia de potencial entre dos puntos cualesquiera colocados en una superficie equipotencial es igual a cero, el campo no realiza trabajo alguno cuando una carga se mueve de uno a otro punto de dicha superficie.

Cuando todos los puntos de una superficie se encuentra al mismo potencial la superficie se llama equipotencial. Las superficies mas comunes son: las planas y las esféricas.

5.5.3.1 Características de las superficies equipotenciales.

- ✧ Son líneas de flujo eléctrico normales a la superficie.
- ✧ La densidad de superficial de carga es constante.
- ✧ La intensidad de campo eléctrico es constante.
- ✧ Si una carga eléctrica se desplaza sobre una superficie equipotencial no se efectúa trabajo.
- ✧ El movimiento de una carga es perpendicular a las líneas de flujo eléctrico.

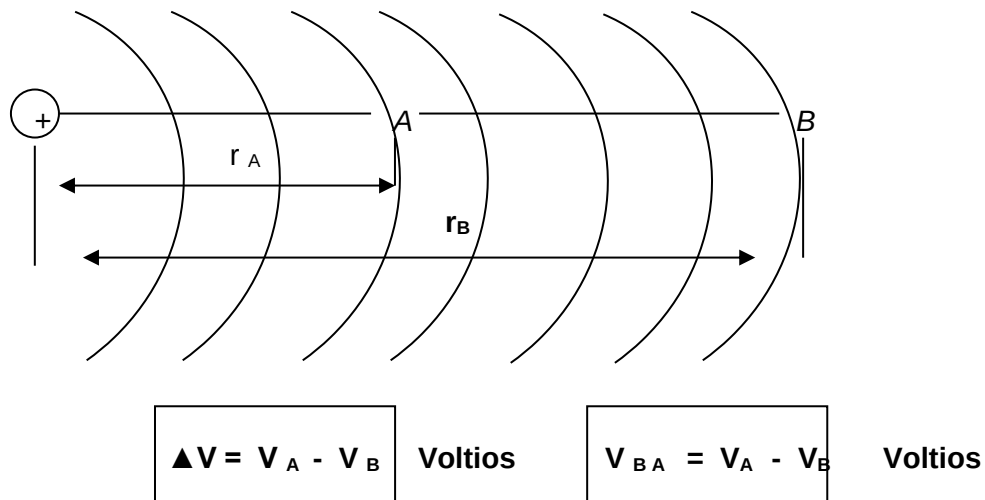
Las superficies equipotenciales más sencillas son las correspondientes a una sola carga puntual. El potencial debido a una carga puntual depende únicamente de la distancia de la carga, de manera que las superficies equipotenciales son esferas que tienen a dicha carga en su centro . Existe un número infinito de superficies equipotenciales; por eso se acostumbra dibujar unas cuantas superficies igualmente espaciadas en términos de potencial.



Superficies equipotenciales cerca de una carga puntual positiva. Los círculos representan la intersección de las superficies esféricas con el plano de la página. El potencial disminuye a medida que nos alejamos de una carga positiva. Las líneas de campo eléctrico son perpendiculares a las superficies esféricas y apuntan hacia las regiones de menor potencial. El espaciamiento entre las superficies equipotenciales se incrementa al aumentar la distancia, porque el campo eléctrico se va debilitando

5.5.4 DIFERENCIA DE POTENCIAL

Si se consideran dos puntos **A**; **B** dentro de un campo eléctrico situados a diferentes distancias de la carga generadora, como se muestra en la figura.



Definición:

La diferencia de potencial entre dos puntos que se encuentra dentro de un campo eléctrico es el trabajo que se requiere para pasar la carga de prueba desde el punto B al punto A en contra del campo eléctrico.

La diferencia de potencial es una magnitud escalar y su signo depende del de la carga generadora del campo y de la diferencia de los recíprocos de las distancias consideradas.

Cuando una carga puntual q se mueve del punto A al punto B, se desplaza a través de una *diferencia de potencial*.

$$\Delta V = V_f - V_i = V_B - V_A$$

La diferencia de potencial es el cambio registrado en la energía potencial eléctrica por unidad de carga:

$$\Delta U_E = q\Delta V$$

La fuerza eléctrica que actúa sobre una carga siempre se dirige hacia regiones de menor energía potencial eléctrica, de la misma manera que la fuerza gravitacional sobre un objeto se dirige hacia las regiones donde la energía potencial gravitacional es más baja (es decir, hacia abajo). **En el caso de una carga positiva, la expresión energía potencial más baja significa menor potencial, pero en el caso de una carga negativa, una energía potencial más baja significa un potencial *más alto*.** Esto no nos debe sorprender porque la fuerza sobre una carga negativa tiene una dirección opuesta a la de $\vec{E}$, mientras que la fuerza sobre una carga positiva está en la dirección de $\vec{E}$. En virtud de que el campo eléctrico apunta hacia la región de energía potencial más baja en el caso de cargas positivas, $\vec{E}$ apunta en la dirección en la que V decrece.

5.7 CORRIENTE ELECTRICA

5.7.1 FLUJO DE CARGA

Cuando se colocan los extremos de un conductor térmico entre dos cuerpos de temperaturas diferentes, fluye energía térmica del que tiene mayor temperatura hacia el que tiene menor temperatura. La energía térmica fluye a través del conductor cuando existe una diferencia de temperatura entre sus extremos. Si los dos extremos alcanzan la misma temperatura cesa el flujo de energía. De manera similar si un conductor eléctrico une dos cuerpos de potencial eléctrico diferente, fluye la carga eléctrica del que tiene mayor potencial hacia el que tiene menor potencial. Por lo que la carga fluye de l potencial mas alto, hacia el que tiene mas bajo. Bajo estas condiciones la carga fluye cuando existe una diferencia de potencial, entré los extremos del conductor. Este flujo de carga persiste hasta que los dos cuerpos alcanzan un potencial común, por lo tanto si no existe una diferencia de potencial, no fluirá la carga.

Con el fin de lograr un flujo sostenido de carga en un conductor, debe contarse con algo para que se mantenga una diferencia de potencial, mientras la carga fluye de uno de los extremos hacia el otro.

5.7.1.1 FUENTES DE FUERZA ELECTROMOTRIZ

Para producir un flujo de corriente en cualquier circuito eléctrico es necesaria una fuente de fuerza electromotriz. Las fuentes disponibles son las siguientes:

- ⚙ **Máquinas electrostáticas**, que se basan en el principio de inducir cargas eléctricas por medios mecánicos;
- ⚙ **Máquinas electromagnéticas**, (Generador de corriente) en las que se genera corriente desplazando mecánicamente un conductor a través de un campo o campos magnéticos;
- ⚙ **Células voltaicas**, que producen una fuerza electromotriz a través de una acción electroquímica;
- ⚙ Dispositivos que producen una fuerza electromotriz a través de la acción del calor;
- ⚙ Dispositivos que generan una fuerza electromotriz por la acción de la luz;
- ⚙ Dispositivos que producen una fuerza electromotriz a partir de una presión física, como los cristales piezoeléctricos

5.7.2 CONCEPTO

La corriente eléctrica es sencillamente el flujo de carga eléctrica, en los conductores sólidos, esta constituido por los electrones que fluyen por el circuito, mientras que en los fluidos, el flujo de carga eléctrica puede estar formado por iones así como electrones.

5.7.3 UNIDADES

El flujo de carga, o intensidad de corriente, que recorre un cable conductor se mide por el número de culombios que pasan en un segundo por una sección determinada del cable. Un culombio por segundo equivale a 1 amperio, unidad de intensidad de corriente eléctrica llamada así en honor al físico francés André Marie Ampère.

5.7.4 MODELO MATEMÁTICO

$$I = \frac{Q}{t}$$

Donde:

Q = Carga eléctrica en Coulomb.

t = Unidad de tiempo Segundos

I = Intensidad de corriente en Amperios

5.7.5 TIPOS DE CORRIENTE ELECTRICA

Si dos cuerpos de carga igual y opuesta se conectan por medio de un conductor metálico, por ejemplo un cable, las cargas se neutralizan mutuamente. Esta neutralización se lleva a cabo mediante un flujo de electrones a través del conductor, desde el cuerpo cargado negativamente al cargado positivamente, se considera por convención que la corriente fluye en sentido opuesto, es decir, de la carga positiva a la negativa. En cualquier sistema continuo de conductores, los electrones fluyen desde el punto de menor potencial hasta el punto de mayor potencial. Un sistema de esa clase se denomina circuito eléctrico.

⚡ La corriente que circula por un circuito se denomina **corriente continua (c.c.)** si fluye siempre en el mismo sentido

⚡ **corriente alterna (c.a.)** si fluye alternativamente en uno u otro sentido.

La popularidad de la corriente alterna (c.a) surge del hecho de que la energía eléctrica en esa forma se puede transmitir a grandes distancias, con fáciles ampliaciones de voltaje, lo que da por resultado menores pérdidas por calor en los alambres.

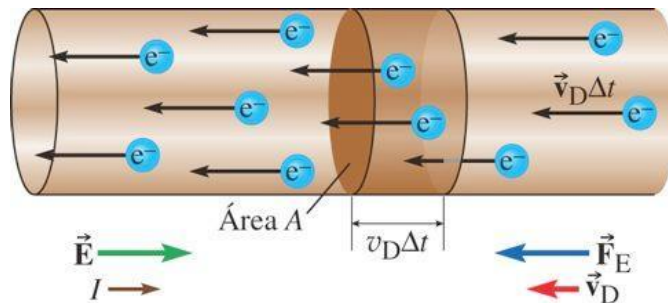
Por convenio se toma como sentido positivo para la corriente el opuesto al movimiento de los electrones.

5.7.6 DENSIDAD DE CORRIENTE

La densidad de corriente se define como la corriente por unidad de superficie

Se considera como un vector dirigido en el sentido convencional de la corriente, se representa por

$$(J). \quad J = \frac{I}{A} = \frac{\text{Amper}}{M^2}$$



Para averiguar cuánta corriente depende de la velocidad de arrastre usamos un modelo simplificado, en el cual todos los electrones se mueven con una velocidad constante $\vec{v}_D$. El número de electrones de conducción por unidad de volumen (n) es una característica de cada metal en particular. Supongamos que hemos calculado la corriente hallando cuánta carga se mueve a través del área sombreada en un tiempo Δt . Durante ese tiempo, cada electrón se mueve una distancia $v_D \Delta t$ hacia la izquierda. De esta manera, cada electrón de conducción en un volumen $A v_D \Delta t$ se mueve a través del área sombreada. El número de electrones que hay en este volumen es $N = n A v_D \Delta t$; la magnitud de la carga es

$$\Delta Q = Ne = ne A v_D \Delta t$$

Diagrama simplificado de los electrones de conducción que se mueven con una velocidad uniforme $\vec{v}_D$. En un tiempo Δt , cada electrón se mueve una distancia $v_D \Delta t$. Las flechas vectoriales negras muestran el desplazamiento de cada electrón durante Δt . Todos los electrones de conducción dentro de una distancia $v_D \Delta t$ pasan a través del área transversal sombreada en un tiempo Δt . Por lo tanto, la magnitud de la corriente en el alambre es

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = ne A v_D$$

5.8 RELACION ENTRE RESISTENCIA ELECTRICA DIFERENCIA DE POTENCIAL Y CORRIENTE ELECTRICA

5.8.1 CIRCUITO ELECTRICO

Para mantener el flujo de una corriente eléctrica continua está determinado por tres magnitudes relacionadas entre sí.

- ⊛ La primera es la diferencia de potencial en el circuito, que en ocasiones se denomina fuerza electromotriz (fem), tensión o voltaje.
- ⊛ La segunda es la intensidad de corriente.
- ⊛ La tercera magnitud es la resistencia del circuito. Normalmente, todas las sustancias, tanto conductores como aislantes, ofrecen cierta oposición al flujo de una corriente eléctrica.

Un circuito eléctrico consiste en cierto número de ramas unidas entre sí, de modo que al menos una de ellas cierre la trayectoria que se le proporciona a la corriente.

El circuito más sencillo consta de una fuente electromotriz, unida a una sola resistencia externa como se muestra en la figura.

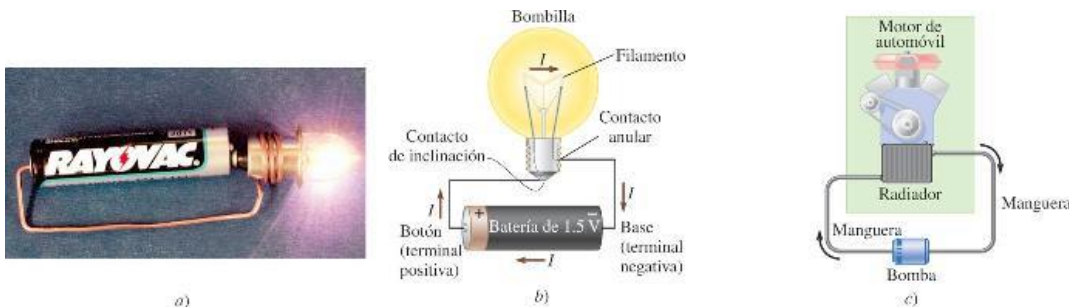
Uso del flujo del agua como una analogía de lo que sucede en un circuito eléctrico.



En la figura, imagine que el flujo del agua representa la corriente eléctrica (el flujo de carga) en un circuito. La gente actúa como una bomba, tomando agua desde el lugar donde su energía potencial es la más baja y realizando el trabajo necesario para transportarla hacia arriba hasta el lugar donde su energía potencial es más alta. Después, el agua que corre hacia abajo encuentra resistencia para fluir (la compuerta de desagüe) a lo largo de su camino. Una batería (o alguna otra fuente de fem) desempeña un papel parecido al de las personas que transportan el agua en cubetas. Piense en la corriente como en el movimiento de la carga positiva; una batería toma carga positiva desde el lugar donde su *potencial eléctrico* es mínimo (terminal negativa de la batería) y realiza el trabajo necesario para moverla hasta el lugar donde el potencial eléctrico es máximo (la terminal positiva). Luego la carga fluye a través de algún dispositivo que ofrece resistencia al flujo de la corriente —tal vez una bombilla o un reproductor de CD— antes de regresar a la terminal negativa de la batería.

Para que las corrientes continúen fluyendo, se requiere un circuito completo. Es decir, debe haber una trayectoria de conducción continua de una terminal de la fem a uno o más dispositivos

- Conexión de una batería a una bombilla. La bombilla solamente enciende cuando la corriente fluye a través de su filamento.
- Para conservar el flujo de corriente, debe existir un circuito completo. Observe el uso de las flechas para indicar la dirección del flujo de corriente en los alambres, la bombilla y la batería.
- Un circuito análogo que presenta el flujo de agua en lugar del flujo de cargas.



5.8.2 RESISTENCIA ELECTRICA

La resistencia (R) **se define como la oposición a que fluya la carga eléctrica**, aunque la mayoría de los metales son buenos conductores de la electricidad, todos ofrecen cierta oposición a que el flujo de carga eléctrica pase a través de ellos. Esta resistencia eléctrica es fija para un gran numero de materiales específicos, dé tamaño, forma y temperatura conocida, es independiente de la (fem) aplicada y de la corriente que para a través de ellos.

Esta resistencia limita la corriente. La unidad empleada para cuantificar la resistencia es el ohmio (ω), llamada así en honor al físico alemán Georg Simon Ohm, que la descubrió en 1827,

5.8.2.1 RESISTIVIDAD

Al igual que la capacitancia es independiente del voltaje y de la cantidad de carga, la resistencia de un conductor es independiente de la corriente y del voltaje. Tanto la capacitancia como la resistencia son propiedades inherentes a un conductor. La resistencia de un alambre de área de sección transversal uniforme, se determina por los cuatro factores siguientes:

- ✿ Tipo de material
- ✿ Longitud
- ✿ Área de la sección transversal
- ✿ Temperatura.

Por lo que la resistencia en función de los cuatro factores anteriores se define:

La resistencia de un conductor a una temperatura dada es directamente proporcional a su longitud, e inversamente proporcional al área de su sección transversal y depende del material del cual esta hecha.

5.8.2.2 MODELO MATEMATICO

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

Donde:

R = Resistencia ohms

p = Resistividad del material ohm- metro

l = Longitud en metros

A = Área en m²

La resistividad depende de la temperatura

La resistividad no depende del tamaño o de la forma del material: depende de la temperatura. Dos factores determinan principalmente la resistividad de un metal: el número de electrones de conducción por unidad de volumen y la razón de las colisiones entre un electrón y un ion. El segundo de estos factores es sensible a los cambios de temperatura. A una temperatura más elevada, la energía interna es mayor; los iones vibran con amplitudes mayores. Como resultado de esto los electrones chocan con más frecuencia contra los iones. Cuando tienen menos tiempo para acelerarse entre una y otra colisión, los iones adquieren una rapidez de arrastre menor y, por lo tanto, la corriente es más pequeña para un campo eléctrico determinando. Por consiguiente, al elevarse la temperatura de un metal, su resistividad aumenta. El filamento metálico en una bombilla incandescente encendida alcanza una temperatura cercana a 3000 K; su resistencia es significativamente mayor que a la temperatura ambiente.

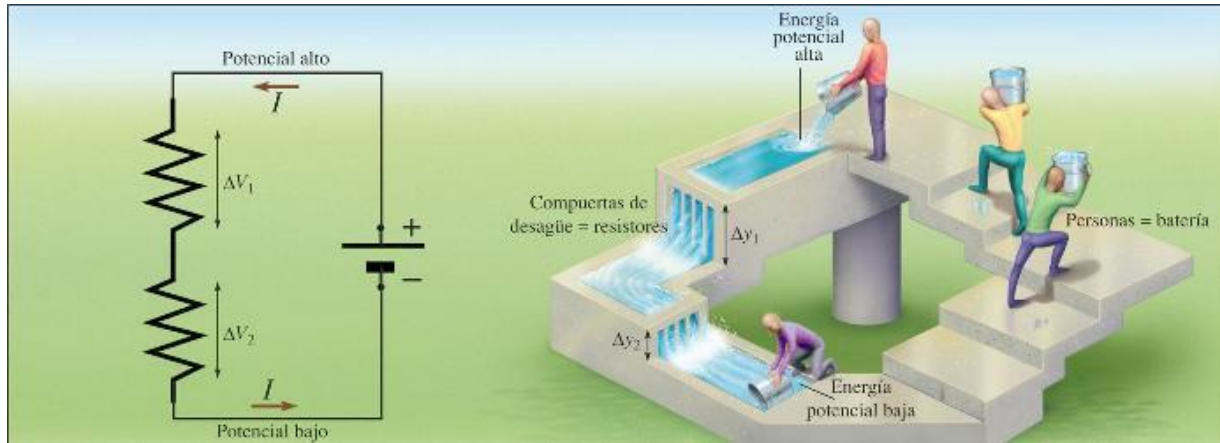
Para muchos materiales, la relación entre resistividad y temperatura es lineal en un rango bastante amplio de temperaturas (aproximadamente 500°C):

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

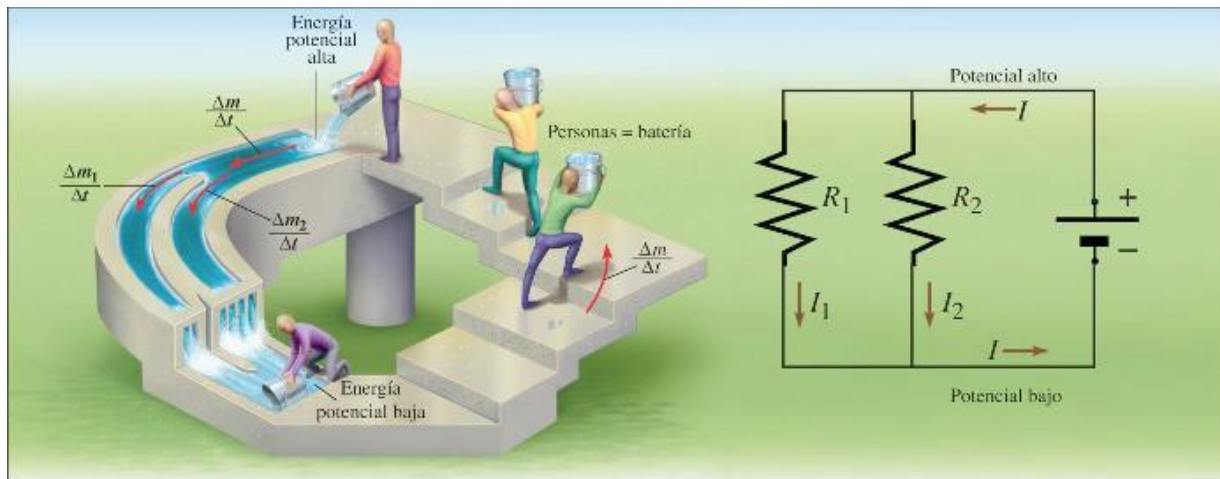
Resistividades y coeficientes de temperatura a 20°C

	$\rho (\Omega \cdot m)$	$\alpha (^\circ C^{-1})$		$\rho (\Omega \cdot m)$	$\alpha (^\circ C^{-1})$
Conductores			Semiconductores (puros)		
Plata	1.59×10^{-8}	3.8×10^{-3}	Carbono	3.5×10^{-5}	-0.5×10^{-3}
Cobre	1.67×10^{-8}	4.05×10^{-3}	Germanio	0.6	-50×10^{-3}
Oro	2.35×10^{-8}	3.4×10^{-3}	Silicio	2300	-70×10^{-3}
Aluminio	2.65×10^{-8}	3.9×10^{-3}	Aislantes		
Tungsteno	5.40×10^{-8}	4.50×10^{-3}			
Hierro	9.71×10^{-8}	5.0×10^{-3}	Vidrio	$10^{10}-10^{14}$	
Plomo	21×10^{-8}	3.9×10^{-3}	Lucita	$> 10^{13}$	
Platino	10.6×10^{-8}	3.64×10^{-3}	Cuarzo (fundido)	$> 10^{16}$	
Manganita	44×10^{-8}	0.002×10^{-3}	Caucho (rígido)	$10^{13}-10^{16}$	
Constantan	49×10^{-8}	0.002×10^{-3}	Teflón	$> 10^{13}$	
Mercurio	96×10^{-8}	0.89×10^{-3}	Madera	10^8-10^{11}	
Nicromo	108×10^{-8}	0.4×10^{-3}			

CIRCUITOS EN SERIE Y EN PARALELO



Cuando uno o más dispositivos eléctricos están conectados de modo que la *misma corriente* fluye a través de cada uno de ellos, se dice que los dispositivos están conectados en **serie**. De la misma manera que el agua fluye con el mismo caudal a través de cada una de las dos compuertas de desagüe, la misma corriente fluye a través de los dos resistores en serie. Así como $\Delta y_1 + \Delta y_2 = \Delta y$, la diferencia de potencial ΔV a través de un par de dispositivos en serie es la suma de las dos diferencias de potencial.



Cuando uno o más aparatos eléctricos están conectados de manera que la *diferencia de potencial a través de ellos es la misma*, se dice que los aparatos están conectados en **paralelo**. Una parte del agua fluye a través de una de las ramas y otra parte fluye a través de la otra rama. El caudal másico antes de que se dividan los canales acuíferos y después de que vuelven a unirse es igual a la suma de los caudales en las dos ramas. El cambio de elevación Δy para las dos ramas es igual, ya que ambas empiezan y terminan a las mismas alturas. Para dos resistores en paralelo, las corrientes se *suman*; las diferencias de potencial son *iguales*.

5.8.2.3 AGRUPAMIENTO DE RESISTORES

Los resistores al igual que los condensadores se agrupan entre si, los mas comunes son:
En serie, paralelo y mixto.

5.8.2.4 En serie

- ★ La corriente es igual en cualquier parte del circuito en serie
- ★ El voltaje a través de cierto número de resistores en serie es igual a la suma de los voltajes correspondientes a cada resistor.
- ★ La resistencia equivalente de cierto numero de resistores en serie es igual a la suma de los valores de cada una de las resistencias.

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

$$R_e = R_1 + R_2 + R_3$$

$$I_t = I_1 = I_2 = I_3$$

5.8.2.5 En paralelo

- ★ La corriente total en un circuito en paralelo es igual a la suma de las corrientes en los ramales individuales.
- ★ Las diferencias de potencial a través de todos los ramales del circuito son iguales.
- ★ La resistencia equivalente es igual a la suma de los recíprocos de cada una de las resistencias.

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3$$

$$R_e =$$

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3$$

5.8.3 LEY DE OHM

La ley de Ohm, llamada así en honor al físico alemán Georg Simon Ohm, que la descubrió en 1827, permite relacionar la intensidad con la fuerza electromotriz.

Se expresa mediante la ecuación:

$$V = I \times R$$

Donde

$V =$ Es la fuerza electromotriz en voltios,

$I =$ Es la intensidad en amperios

$R =$ Es la resistencia en ohmios.

Se define como: En todo circuito eléctrico la intensidad de corriente es directamente proporcional a la diferencia de potencial e inversamente a la resistencia total de los elementos del circuito.

A partir de esta ecuación puede calcularse cualquiera de las tres magnitudes en un circuito dado si se conocen las otras dos.

5.8.3.1 Cuando una corriente eléctrica fluye por un cable pueden observarse dos efectos importantes:

- ⊛ La temperatura del cable aumenta.
- ⊛ Un imán o brújula colocada cerca del cable se desvía, apuntando en dirección perpendicular al cable.

Al circular la corriente, los electrones que la componen colisionan con los átomos del conductor y ceden energía, que aparece en forma de calor.

5.8.3.2 La cantidad de energía eléctrica

Desprendida en un circuito eléctrico se mide **en julios**. **La potencia** consumida se mide en vatios; 1 vatio equivale a 1 julio por segundo. **La potencia P** consumida por un circuito determinado puede calcularse a partir de la expresión:

$$P = V \times I$$

o la que se obtiene al aplicar a ésta la ley de Ohm:

$$P = I^2 \times R$$

También se consume potencia en la producción de trabajo mecánico, en la emisión de radiación electromagnética como luz u ondas de radio y en la descomposición química.