

# MECANICA DE LOS FLUIDOS Y PRINCIPIOS FISICOS APLICADOS AL MEDIO ACUÁTICO

*Prof. Nicolás de Castro – Tec. Lucía Bentancor*

**Biomecánica:** es una disciplina científica que tiene por objeto el estudio de las estructuras de carácter mecánico que existen en los seres vivos, fundamentalmente del cuerpo humano. Esta área de conocimiento se apoya en diversas ciencias biomédicas, utilizando los conocimientos de la mecánica, la ingeniería, la anatomía, la fisiología y otras disciplinas para estudiar el comportamiento del cuerpo humano y resolver los problemas derivados de las diversas condiciones a las que puede verse sometido.

La Biomecánica deportiva es una ciencia que estudia el movimiento corporal aplicando las leyes físicas que lo rigen. Sus objetivos son mejorar el rendimiento deportivo y prevenir lesiones.

**Fluidos:** no tienen forma propia y se adaptan a cualquier recipiente y expuestos a cambios de temperatura y presión pueden transformarse de un estado a otro cambiando la densidad y viscosidad. Encontraremos dos tipos de fluidos: gases y líquidos. Propiedades de los fluidos: densidad, peso específico y viscosidad

**Densidad:** es la masa correspondiente a la unidad de volumen, es la relación (cociente) entre la masa (kg.) que tiene el cuerpo y su volumen ( $m^3$  o lt).  $Densidad = masa / volumen$ . También podemos definirla como la cantidad de materia que entra en un determinado volumen. Cuanto mas denso un objeto, mayor cantidad de moléculas entran por  $cm^3$ . Ejemplo, la densidad del agua es  $1 g/cm^3 (= 1 kg/dm^3)$ . La densidad aproximada del cuerpo humano es  $0,95 kg/dm^3$ . Debido a esta diferencia de densidades es que podemos flotar.

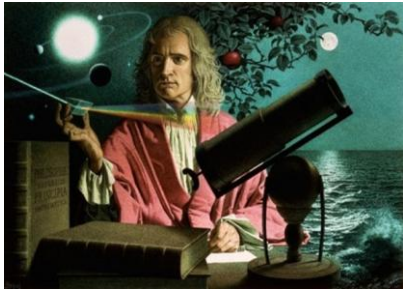
**Peso específico:** representa el cociente entre el peso y el peso del volumen que ocupa el agua. Por ejemplo, si un mineral pesa tres veces un volumen equivalente de agua, su peso específico es 3. La diferencia entre peso específico y densidad, es que la densidad es la misma en cualquier lugar del universo, en cambio el peso de un cuerpo depende del lugar donde esté. Por ejemplo, en la luna los objetos pesan menos y su peso específico es menor que en la tierra.

**Viscosidad:** en lo cotidiano se dice que algo es denso cuando es muy espeso, en física a esa propiedad se la llama viscosidad y solo se manifiesta en fluidos en movimiento.

## **Mecánica de los fluidos**

Es parte de la física que se ocupa de la acción de los fluidos en reposo – HIDROESTÁTICA (Pascal y Arquímedes) -, o en movimiento – HIDRODINÁMICA (Newton y Bernoulli) -, así como de las aplicaciones y mecanismos de ingeniería que utilizan fluidos.

# LEYES DE NEWTON



Isaac Newton (1642 - 1727) fue un físico, filósofo, teólogo, inventor, alquimista y matemático inglés. En 1687 publicó su obra "*Philosophiae naturalis principia matemática*", más conocidos como los *Principia*, donde describió la ley de la gravitación universal y estableció las bases de la mecánica clásica mediante las leyes que llevan su nombre. Se denomina Leyes de Newton o Leyes de movimiento a tres leyes concernientes al movimiento de los cuerpos. Entre

sus otros descubrimientos científicos destacan los trabajos sobre la naturaleza de la luz y la óptica (que se presentan principalmente en su obra *Opticks*) y el desarrollo del cálculo matemático.

## 1ª LEY DE NEWTON: INERCIA

*Un cuerpo permanecerá en un estado de reposo o de movimiento uniforme, a menos de que una fuerza externa actúe sobre él.*

La primera ley de Newton, conocida también como Ley de inercia, nos dice que si sobre un cuerpo no actúa ningún otro, este permanecerá indefinidamente moviéndose en línea recta con velocidad constante (incluido el estado de reposo, que equivale a velocidad cero).

## 2ª LEY DE NEWTON: ACELERACIÓN

*Siempre que una fuerza actúe sobre un cuerpo produce una aceleración en la dirección de la fuerza que es directamente proporcional a la fuerza pero inversamente proporcional a la masa.*

La Primera ley de Newton nos dice que para que un cuerpo altere su movimiento es necesario que exista *algo* que provoque dicho cambio. Ese *algo* es lo que conocemos como *fuerzas*. Estas son el resultado de la acción de unos cuerpos sobre otros.

La Segunda ley de Newton se encarga de cuantificar el concepto de fuerza. Nos dice que *la fuerza neta aplicada sobre un cuerpo es proporcional a la aceleración que adquiere dicho cuerpo.*

**Fuerza:** es toda causa capaz de modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo, o de producir una deformación.

**Aceleración:** se define como la relación entre la variación o cambio de velocidad de un móvil y el tiempo transcurrido en dicho cambio:  $a = \frac{v - v_0}{t}$

Donde "a" es la aceleración, "v" la velocidad final, "v<sub>0</sub>" la velocidad inicial y "t" el tiempo.

**Masa y Peso:** son conceptos diferentes aunque estrechamente relacionados.

- *La masa* es una propiedad de la materia, es constante para cada cuerpo
- *El peso* es la fuerza con que un cuerpo es atraído por la Tierra

*Masa* es la medida de cuánta materia hay en un objeto; el *peso* es una medida de qué tanta *fuerza* ejerce la gravedad sobre ese objeto. Su propia *masa* es la misma no importa si está en la tierra, en la luna, o flotando en el espacio--porque la cantidad de materia de que usted está hecho no cambia. Pero su *peso* depende de cuánta *fuerza* gravitatoria esté actuando sobre usted en ese momento; usted pesaría menos en la luna que en la tierra, y en el espacio interestelar, usted pesaría prácticamente nada.

### 3ª LEY DE NEWTON: ACCIÓN - REACCIÓN

*A toda acción corresponde una reacción en igual magnitud y dirección pero de sentido opuesto.*

Tal como comentamos en el principio de la Segunda ley de Newton las fuerzas son el resultado de la acción de unos cuerpos sobre otros.

La tercera ley, también conocida como Principio de acción y reacción nos dice que si un cuerpo A ejerce una acción sobre otro cuerpo B, éste realiza sobre A otra acción igual y en sentido contrario.

Esto es algo que podemos comprobar a diario en numerosas ocasiones. *Por ejemplo*, cuando queremos dar un salto hacia arriba, empujamos el suelo para impulsarnos. La reacción del suelo es la que nos hace saltar hacia arriba.

Cuando estamos en una piscina y empujamos a alguien, nosotros también nos movemos en sentido contrario. Esto se debe a la reacción que la otra persona hace sobre nosotros, aunque no haga el intento de empujarnos a nosotros.

Hay que destacar que, aunque los pares de acción y reacción tenga el mismo valor y sentidos contrarios, no se anulan entre sí, puesto que actúan sobre cuerpos distintos.

#### **Fuerza Normal**

Cuando un cuerpo está apoyado sobre una superficie ejerce una fuerza sobre ella cuya dirección es perpendicular a la de la superficie. De acuerdo con la Tercera ley de Newton, la superficie debe ejercer sobre el cuerpo una fuerza de la misma magnitud y dirección, pero de sentido contrario. Esta fuerza es la que denominamos *Normal* y la representamos con N.

#### **Fuerza de rozamiento o Roce**

El rozamiento, generalmente, actúa como una fuerza aplicada en sentido opuesto a la velocidad de un objeto. En el caso de deslizamiento en seco, cuando no existe lubricación, la fuerza de rozamiento es casi independiente de la velocidad. La fuerza de rozamiento

tampoco depende del área aparente de contacto entre un objeto y la superficie sobre la cual se desliza.

El área real de contacto —esto es, la superficie en la que las rugosidades microscópicas del objeto y de la superficie de deslizamiento se tocan realmente— es relativamente pequeña. Cuando un objeto se mueve por encima de la superficie de deslizamiento, las minúsculas rugosidades del objeto y la superficie chocan entre sí, y se necesita fuerza para hacer que se sigan moviendo.

El área real de contacto depende de la fuerza perpendicular entre el objeto y la superficie de deslizamiento. Frecuentemente, esta fuerza no es sino el peso del objeto que se desliza. Si se empuja el objeto formando un ángulo con la horizontal, la componente vertical de la fuerza dirigida hacia abajo se sumará al peso del objeto. La fuerza de rozamiento es proporcional a la fuerza perpendicular total.

*Sin embargo, cuando un objeto se desplaza a través de un fluido, el valor del rozamiento depende de la velocidad. En la mayoría de los objetos de tamaño humano que se mueven en agua o aire (a velocidades menores que la del sonido), la fricción es proporcional al cuadrado de la velocidad.*

La constante de proporcionalidad es característica de los dos materiales en cuestión y depende del área de contacto entre ambas superficies, y de la forma más o menos aerodinámica del objeto en movimiento.

La fuerza de rozamiento es una fuerza que aparece cuando hay dos cuerpos en contacto y es una fuerza muy importante cuando se estudia el movimiento de los cuerpos. Es la causante, por ejemplo, de que podamos andar (cuesta mucho más andar sobre una superficie con poco rozamiento, hielo, por *ejemplo*, que por una superficie con rozamiento como, por ejemplo, un suelo rugoso).

## PRINCIPIO DE PASCAL



En física, el principio o ley de Pascal, es una ley enunciada por Blaise Pascal (1623-1662), filósofo, matemático y físico francés, considerado una de las mentes privilegiadas de la historia intelectual de Occidente.

Nació en Clermont-Ferrand el 19 de junio de 1623, y su familia se estableció en París en 1629. Bajo la tutela de su padre, Pascal pronto se manifestó como un prodigio en matemáticas, y a la edad de 16 años formuló uno de los teoremas básicos de la geometría proyectiva, conocido como el teorema de Pascal y descrito en su Ensayo sobre las cónicas (1639).

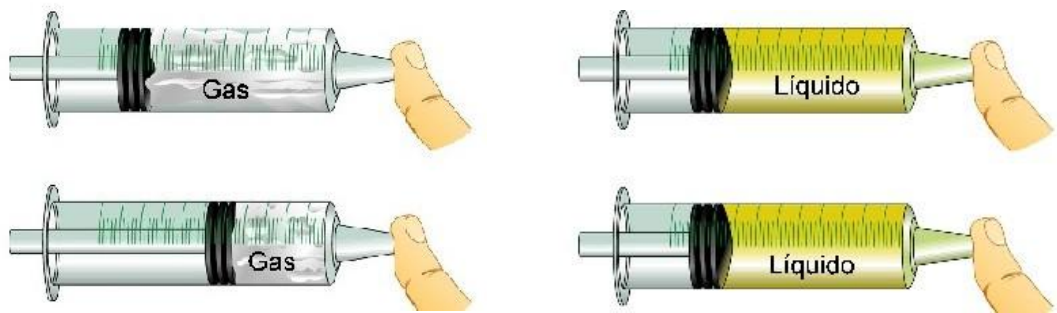
En 1642 inventó la primera máquina de calcular mecánica. Pascal demostró mediante un experimento en 1648 que el nivel de la columna de mercurio de un barómetro lo determina el aumento o disminución de la presión atmosférica circundante. Este descubrimiento verificó la hipótesis del físico italiano Evangelista Torricelli respecto al efecto de la presión atmosférica sobre el equilibrio de los líquidos.

Seis años más tarde, junto con el matemático francés Pierre de Fermat, Pascal formuló la teoría matemática de la probabilidad, que ha llegado a ser de gran importancia en estadísticas actuariales, matemáticas y sociales, así como un elemento fundamental en los cálculos de la física teórica moderna.

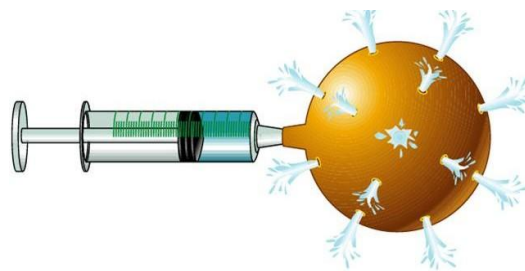
Otras de las contribuciones científicas importantes de Pascal son la deducción del llamado 'principio de Pascal' que se resume en la frase: «el incremento de presión aplicado a una superficie de un fluido incompresible (líquido), contenido en un recipiente indeformable, se transmite con el mismo valor a cada una de las partes del mismo».

*Un cambio de presión aplicado a un fluido en reposo dentro de un recipiente se transmite sin alteración a través de todo el fluido. Es igual en todas las direcciones y actúa mediante fuerzas perpendiculares a las paredes que lo contienen.*

Aunque los dos sean fluidos hay una diferencia importante entre los gases y los líquidos, mientras que los líquidos no se pueden comprimir en los gases sí es posible. Esto lo puedes comprobar fácilmente con una jeringuilla, llénala de aire, empuja el émbolo y veras cómo se comprime el aire que está en su interior, a continuación llénala de agua (sin que quede ninguna burbuja de aire) observarás que por mucho esfuerzo que hagas no hay manera de mover en émbolo, los líquidos son incompresibles.



Esta incompresibilidad de los líquidos tiene como consecuencia el principio de Pascal (s. XVII), que dice que si se hace presión en un punto de una masa de líquido esta presión se transmite a toda la masa del líquido.



Como se puede apreciar en esta experiencia si se hace presión con la jeringuilla en un punto del líquido que contiene la esfera, esta presión se transmite y hace salir el líquido a presión por todos los orificios.

La característica estructural de los fluidos hace que en ellos se transmitan presiones, a diferencia de lo que ocurre en los sólidos, que transmiten fuerzas.

Un fluido en reposo en contacto con la superficie de un sólido ejerce fuerza sobre todos los puntos de dicha superficie. Si llenamos de agua una botella de plástico con orificios en sus paredes observamos que los chorritos de agua salen en dirección perpendicular a las paredes. Esto muestra que la dirección de la fuerza que el líquido ejerce en cada punto de la pared es siempre perpendicular a la superficie de contacto.

En el estudio de los fluidos, resulta necesario conocer cómo es la fuerza que se ejerce en cada punto de las superficies, más que la fuerza en sí misma. Una persona acostada o parada sobre una colchoneta aplica la misma fuerza en ambos casos (su peso). Sin embargo, la colchoneta se hunde más cuando se concentra la fuerza sobre la pequeña superficie de los pies. El peso de la persona se reparte entre los puntos de la superficie de contacto: cuanto menor sea esta superficie, más fuerza corresponderá a cada punto.

Se define la **presión** como el cociente entre el módulo de la fuerza ejercida perpendicularmente a una superficie ( $F$  perpendicular) y el área ( $A$ ) de ésta.

La persona parada ejerce una presión mayor sobre la colchoneta que cuando está acostada sobre ella. La fuerza por unidad de área, en cada caso, es distinta. Cuando buceamos, la molestia que sentimos en los oídos a una cierta profundidad no depende de cómo orientemos la cabeza: el líquido ejerce presión sobre nuestros tímpanos independientemente de la inclinación de los mismos. *La presión se manifiesta como una fuerza perpendicular a la superficie, cualquiera sea la orientación de ésta.*

**Densidad:** es una magnitud que mide la compactibilidad de los materiales, es decir, la cantidad de materia contenida en un cierto volumen. Si un cuerpo está hecho de determinado material, podemos calcular su densidad como el cociente entre la masa del cuerpo y su volumen:  $d = m/V$

**Peso específico:** es el peso de un determinado volumen del material. Por lo tanto:  $p = P/V$  (peso dividido el volumen, pero el peso es la masa (m) por la aceleración de la gravedad (g)) Se puede entonces escribir:  $p = (m \cdot g)/V$ .

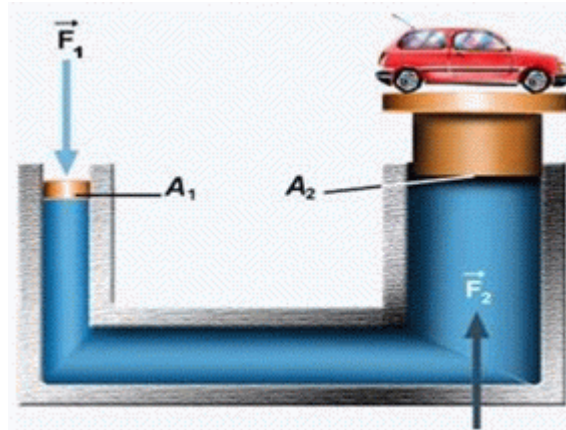
Cuando apretamos una chinche, la fuerza que el pulgar hace sobre la cabeza es igual a la que la punta de la chinche ejerce sobre la pared. La gran superficie de la cabeza alivia la presión sobre el pulgar; la punta afilada permite que la presión sobre la pared alcance para perforarla.

Cuando caminamos sobre un terreno blando debemos usar zapatos que cubran una mayor superficie de apoyo de tal manera que la presión sobre el piso sea la más pequeña posible. Sería casi imposible para una mujer, inclusive la más liviana, caminar con tacos altos sobre la arena, porque se hundiría inexorablemente.

El principio de Pascal fundamenta el funcionamiento de las genéricamente llamadas máquinas hidráulicas: la prensa, el gato, el freno, el ascensor y la grúa, entre otras. Este dispositivo, llamado prensa hidráulica, nos permite pensar, levantar pesos o estampar metales ejerciendo fuerzas muy pequeñas.

El recipiente lleno de líquido de la figura consta de dos cuellos de diferente sección cerrados con sendos tapones ajustados y capaces de resbalar libremente dentro de los tubos (pistones). Si se ejerce una fuerza (F1) sobre el pistón pequeño, la presión ejercida se transmite, tal como lo observó Pascal, a todos los puntos del fluido dentro del recinto y produce fuerzas perpendiculares a las paredes. En particular, la porción de pared representada por el pistón grande (A2) siente una fuerza (F2) de manera que mientras el pistón chico baja, el grande sube. La presión sobre los pistones es la misma, No así la fuerza!

Como  $p_1 = p_2$  (porque la presión interna es la misma para todos los puntos) entonces:  $F_1/A_1$  es igual  $F_2/A_2$  por lo que despejando un término se tiene que:  $F_2 = F_1 \cdot (A_2/A_1)$ . Si, por ejemplo, la superficie del pistón grande es el cuádruple de la del chico, entonces el módulo de la fuerza obtenida en él será el cuádruple de la fuerza ejercida en el pequeño.



La prensa hidráulica, al igual que las palancas mecánicas, no multiplica la energía. El volumen de líquido desplazado por el pistón pequeño se distribuye en una capa delgada en el pistón grande, de modo que el producto de la fuerza por el desplazamiento (el trabajo) es igual en ambas ramas. ¡El dentista debe accionar muchas veces el pedal del sillón para lograr levantar lo suficiente al paciente!



## TEOREMA DE BERNOULLI



A continuación estudiaremos la circulación de fluidos incompresibles, de manera que podremos explicar fenómenos tan distintos como el vuelo de un avión o la circulación del humo por una chimenea. El estudio de la dinámica de los fluidos fue bautizada hidrodinámica por el físico suizo Daniel Bernoulli, quien en 1738 encontró la relación fundamental entre la presión, la altura y la velocidad de un fluido ideal. El teorema de Bernoulli demuestra que estas variables no pueden modificarse independientemente una de la otra, sino que están determinadas por la energía mecánica del sistema.

Daniel Bernoulli comprobó experimentalmente que "la presión interna de un fluido (líquido o gas) decrece en la medida que la velocidad del fluido se incrementa", o dicho de otra forma "en un fluido en movimiento, la suma de la presión y la velocidad en un punto cualquiera permanece constante", es decir que  $p + v = k$ . Para que se mantenga esta constante  $k$ , si una partícula aumenta su velocidad  $v$  será a costa de disminuir su presión  $p$ , y a la inversa.



Fig.1.2.3 - Presión vs. Velocidad.

El teorema de Bernoulli se suele expresar en la forma  $p + 1/2 dv^2 = constante$ , denominándose al factor  $p$  presión estática y al factor  $1/2 dv^2$  presión dinámica.<sup>(1)</sup>

$$p + 1/2 dv^2 = k; \quad 1/2 dv^2 = pd$$

$p$ =presión en un punto dado.  $d$ =densidad del fluido.  $v$ =velocidad en dicho punto.  $pd$ =presión dinámica

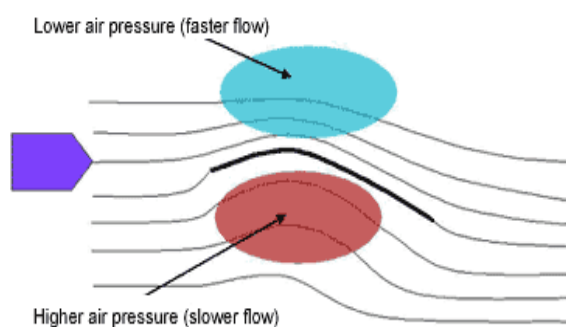
Se puede considerar el teorema de Bernoulli como una derivación de la ley de conservación de la energía. El aire está dotado de presión  $p$ , y este aire con una densidad  $d$  fluyendo a una velocidad  $v$  contiene energía cinética lo mismo que cualquier otro objeto en movimiento ( $1/2 dv^2$ =energía cinética).

Según la ley de la conservación de la energía, la suma de ambas es una constante:  $p + (1/2 dv^2) = constante$ . A la vista de esta ecuación, para una misma densidad (asumimos que las partículas de aire alrededor del avión tienen igual densidad) si aumenta la velocidad  $v$  disminuirá la presión  $p$  y viceversa.

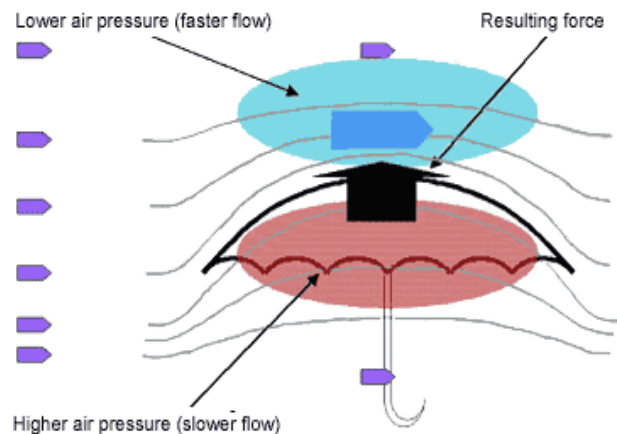
Enfocando este teorema desde otro punto de vista, se puede afirmar que en un fluido en movimiento la suma de la presión estática más la presión dinámica, denominada presión total es constante; de donde se infiere que si la presión dinámica (velocidad del fluido) se incrementa, la presión estática disminuye.

En resumen, que si las partículas de aire aumentan su velocidad será a costa de disminuir su presión y a la inversa, o lo que es lo mismo: *para cualquier parcela de aire, alta velocidad implica baja presión y baja velocidad supone alta presión*. Esto ocurre a velocidades inferiores a la del sonido pues a partir de esta ocurren otros fenómenos que afectan de forma importante a esta relación.

### Ejemplos prácticos



*Flujo de aire laminar alrededor de una vela (ángulo óptimo entre la vela y el viento)*



*El principio de Bernoulli aplicado a un paraguas*

### Porqué vuelan los aviones.

Un objeto plano, colocado un poco inclinado hacia arriba contra el viento, produce sustentación; por ejemplo una cometa. Un perfil aerodinámico, es un cuerpo que tiene un diseño determinado para aprovechar al máximo las fuerzas que se originan por la variación de velocidad y presión cuando este perfil se sitúa en una corriente de aire. Un ala es un ejemplo de diseño avanzado de perfil aerodinámico.

Veamos que sucede cuando un aparato dotado de perfiles aerodinámicos (alas) se mueve en el aire (dotado de presión atmosférica y velocidad), a una cierta velocidad y con determinada colocación hacia arriba (ángulo de ataque), de acuerdo con las leyes explicadas.

El ala produce un flujo de aire en proporción a su ángulo de ataque (a mayor ángulo de ataque mayor es el estrechamiento en la parte superior del ala) y a la velocidad con que el ala se mueve respecto a la masa de aire que la rodea; de este flujo de aire, el que discurre por la parte superior del perfil tendrá una velocidad mayor (efecto Venturi) que el que discurre por la parte inferior. Esa mayor velocidad implica menor presión (teorema de Bernoulli).

Tenemos pues que la superficie superior del ala soporta menos presión que la superficie inferior. Esta diferencia de presiones produce una fuerza aerodinámica que empuja al ala de la zona de mayor presión (abajo) a la zona de menor presión (arriba), conforme a la *Tercera Ley del Movimiento de Newton*.

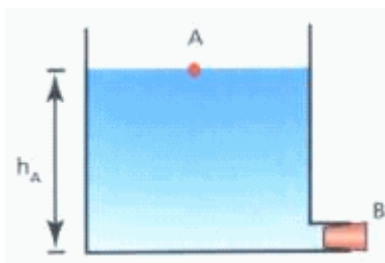
Pero además, la corriente de aire que fluye a mayor velocidad por encima del ala, al confluir con la que fluye por debajo defleca a esta última hacia abajo, produciéndose una fuerza de reacción adicional hacia arriba. La suma de estas dos fuerzas es lo que se conoce por fuerza de sustentación, que es la que mantiene al avión en el aire.

### Fluido humano.

Una multitud de espectadores pretende salir de una gran sala de proyecciones al término de la función de cine. El salón es muy ancho, pero tiene abierta al fondo sólo una pequeña puerta que franquea el paso a una galería estrecha que conduce hasta la calle. La gente, impaciente dentro de la sala, se aglomera contra la puerta, abriéndose paso a empujones y codazos. La velocidad con que avanza este "fluido humano" antes de cruzar la puerta es pequeña y la presión es grande. Cuando las personas acceden a la galería, el tránsito se hace más rápido y la presión se alivia. Si bien este fluido no es ideal, puesto que es compresible y viscoso (incluso podría ser turbulento), constituye un buen modelo de circulación dentro de un tubo que se estrecha. Observamos que en la zona angosta la velocidad de la corriente es mayor y la presión es menor.

### EL TEOREMA DE TORRICELLI

Consideremos un depósito ancho con un tubo de desagote angosto como el de la figura. Si destapamos el caño, el agua circula. ¿Con qué velocidad? ¿Cuál será el caudal? En A y en B la presión es la atmosférica  $P_A = P_B = P_{atm}$ . Como el diámetro del depósito es muy grande respecto del diámetro del caño, la velocidad con que desciende la superficie libre del agua del depósito es muy lenta comparada con la velocidad de salida, por lo tanto podemos considerarla igual a cero,  $V_A = 0$



Este resultado que se puede deducir de la ecuación de Bernoulli, se conoce como el teorema de Torricelli, quien lo enunció casi un siglo antes de que Bernoulli realizara sus estudios hidrodinámicos. La velocidad con que sale el agua por el desagote es la misma que hubiera adquirido en caída libre desde una altura  $h_A$ , ya que ejemplifica la transformación de la energía potencial del líquido en energía cinética.

# PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES

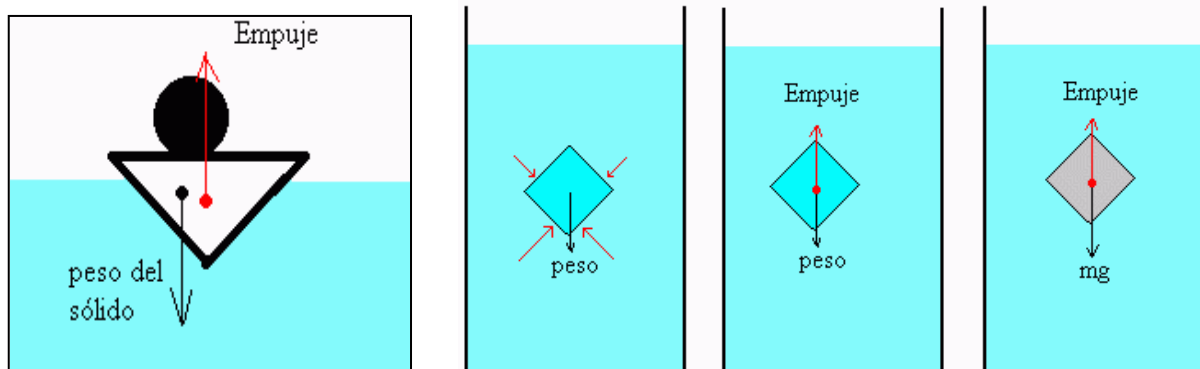


Notable matemático e inventor griego, que escribió importantes obras sobre geometría plana y del espacio, aritmética y mecánica. Nació en Siracusa, Sicilia, y se educó en Alejandría, Egipto. En el campo de las matemáticas puras, se anticipó a muchos de los descubrimientos de la ciencia moderna, como el cálculo integral, con sus estudios de áreas y volúmenes de figuras sólidas curvadas y de áreas de figuras planas. Demostró también que el volumen de una esfera es dos tercios del volumen del cilindro que la circunscribe. En mecánica, Arquímedes definió la ley de la palanca y se le reconoce como el inventor de la polea compuesta.

Arquímedes es conocido sobre todo por el descubrimiento de la ley de la hidrostática, el llamado principio de Arquímedes, que establece que “todo cuerpo que se sumerge total o parcialmente en un fluido experimenta un empuje vertical y hacia arriba igual al peso del fluido desalojado por el cuerpo”.

La explicación del principio de Arquímedes consta de dos partes como se indica en las figuras:

1. El estudio de las fuerzas sobre una porción de fluido en equilibrio con el resto del fluido.
2. La sustitución de dicha porción de fluido por un cuerpo sólido de la misma forma y dimensiones.



Sobre el cuerpo actúan dos fuerzas: el empuje y el peso del cuerpo, que no tienen en principio el mismo valor ni están aplicadas en el mismo punto.

En los casos más simples, supondremos que el sólido y el fluido son homogéneos y por tanto, coincide el centro de masa del cuerpo con el centro de empuje.

## CUERPO HUMANO Y FLOTABILIDAD

Todas las personas flotan en mayor o menor medida, dependiendo de algunos factores, como por ejemplo, la cantidad de grasa (tejido adiposo) y la capacidad de aire contenido en los pulmones al inspirar.

También el sexo y la edad son factores que intervienen en la flotación de una persona. Pero estos factores no son los únicos, la densidad del agua, el centro de gravedad corporal e incluso la presión atmosférica (en menor medida), influyen en la flotabilidad.

### **Condicionantes de la flotación**

**Sexo:** la composición media corporal de las mujeres contiene un porcentaje mayor de agua y de tejido adiposo acumulado de manera natural en pechos y caderas con respecto a los hombres. Por esta razón, y siempre generalizando, las mujeres flotan con mayor facilidad que los hombres. El peso medio de músculos y huesos de un hombre es superior al de las mujeres por lo que la tendencia de los hombres es flotar menos que las mujeres.

**Edad:** la mayoría de los niños y los jóvenes tienen una mayor dificultad a la hora de flotar en posición horizontal. Esto es debido a la escasez relativa de tejido adiposo y el mayor peso de las piernas ocasionado por la musculatura.

**Raza:** las personas de raza negra tienen más masa ósea y mayor masa muscular que las de raza blanca o amarilla. Este hecho es curiosamente apreciado en las grandes competiciones de natación, en las que apenas participan nadadores de raza negra.

**Somatotipo:** cada individuo tiene una constitución física singular, determinada por la genética y el medio ambiente. El somatotipo es un sistema utilizado en Antropometría diseñado para clasificar el tipo corporal o físico. Este método tiene sus limitaciones, ya que solamente nos da una idea general del tipo de físico, sin ser preciso en cuanto a segmentos corporales y/o distribución de los tejidos de cada sujeto, además la mayoría de las personas son una mezcla entre dos de los somatotipos fundamentales. En términos generales, se observan tres somatotipos fundamentales: endomorfo, mesomorfo, ectomorfo.

- **Endomorfo** poseen preponderancia de grasa, caracterizados por tener un abdomen protuberante, un tronco relativamente más pequeño, y extremidades relativamente cortas.
- **Mesomorfo** es el biotipo más atlético, se caracteriza por poseer grandes masas musculoesqueléticas. Sus estructuras óseas son grandes y prominentes.
- **Ectomorfos** son comúnmente altos, delgados y con reducida grasa corporal. Poseen extremidades largas, tronco corto, poco desarrollo músculo esquelético y un metabolismo rápido.

Por lo tanto, se puede decir que una persona endomórfica, al poseer un mayor volumen de tejido adiposo flotará mejor que una persona mesomórfica o ectomórfica. Así mismo, una persona ectomórfica tendrá mayor dificultad para flotar ya que carece de grasa corporal y posee un mayor volumen óseo.

### **El equilibrio en flotación**

Según el principio de Arquímedes, sobre un cuerpo sumergido en el agua actúan dos fuerzas: la **fuerza de la gravedad o peso** y la **fuerza de flotación o empuje**.

Para que un cuerpo quede en equilibrio estático, dichas fuerzas deberán de contrarrestarse, de lo contrario el cuerpo se hundirá o rotará hasta encontrar un equilibrio

## **CENTRO DE GRAVEDAD**

El centro de gravedad es la posición donde actúa la fuerza de gravedad neta, es el punto ubicado en la posición promedio donde se concentra el peso total del cuerpo. Para un objeto simétrico homogéneo, el centro de gravedad se encuentra en el centro geométrico, pero no para un objeto irregular.

Desde la posición anatómica de pie, el centro de gravedad del cuerpo humano, se encuentra en la pelvis, enfrente de la porción superior del sacro (segunda vértebra sacra, S-2). En las mujeres, se encuentra más abajo que en los hombres, debido a que las mujeres poseen una pelvis y muslos más pesados y piernas más cortas. El centro de gravedad en el hombre, en posición anatómica, cae dentro de su base de sustentación, entre los 2 pies y en la parte anterior de estos.

Un objeto está en equilibrio estable mientras su centro de gravedad quede arriba y dentro de su base original de apoyo. El centro de gravedad del cuerpo humano no es un punto fijo, sino que puede variar su posición de una persona a otra dependiendo de la constitución física, la edad y el sexo, las posturas habituales de pie, las posiciones actuales, el hecho de sostener pesos externos.

Si la proyección del centro de gravedad cae dentro de la base de sustentación, se puede decir que el cuerpo está en equilibrio, por el contrario cuando el CG cae afuera de ésta el cuerpo pierde el equilibrio.

## **CENTRO DE FLOTACIÓN**

Lo mismo sucede en el medio acuático pero la base de sustentación (superficie de apoyo) no es el suelo sino el agua. La densidad media de un cuerpo humano es ligeramente inferior a la densidad del agua, y por lo tanto la mayoría de personas flotan en el medio acuático.

Sin embargo, muchas veces ocurre que las extremidades inferiores tienden a permanecer en una posición determinada o tienden a adquirir la posición en donde la parte más densa queda hacia abajo. Esta situación sigue siendo un estado de flotación si se mantiene en la superficie o dentro del agua sin irse al fondo.

Para conseguir una flotación más horizontal podemos desplazar las extremidades superiores hacia arriba. Esto se debe a que la posición de equilibrio está determinada por la posición relativa del **centro de gravedad** o peso y del **centro de flotación** o empuje. Este cambio de posición de los segmentos corporales provoca un desplazamiento de la posición del centro de gravedad hasta que ambos puntos de aplicación se hallen en la vertical.

*El cuerpo humano puede alterar su densidad en función de la cantidad de aire en sus pulmones, permitiendo que el peso del volumen de agua desalojado aumente o disminuya en relación al peso del cuerpo en su conjunto. En inspiración, el peso específico del cuerpo humano suele ser menor que 1, por lo tanto el cuerpo flotará; mientras que en espiración el peso específico suele ser mayor que 1, por lo tanto el cuerpo no flotará.*

## PRESIÓN ATMOSFÉRICA

La atmósfera (capa de aire que rodea a la Tierra) ejerce, como cualquier otro fluido, una presión sobre los cuerpos que están en su interior.

Esta presión es debida a las fuerzas de atracción entre la masa de la Tierra y la masa de aire y se denomina Presión Atmosférica. La presión ejercida por la atmósfera se debe al peso ( $p=m.g$ ) de la misma y su valor es de 101.000 Pascales, que corresponde a la presión normal. Existen otras unidades para medir la presión y la equivalencia entre estas son:

$$101.000 \text{ Pa} = 1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1010 \text{ mb}$$

### El experimento de Torricelli

Torricelli fue el primero en medir la presión atmosférica. Para ello empleó un tubo de 1 m de longitud, abierto por un extremo, y lo llenó de mercurio. Dispuso una cubeta, también con mercurio y volcó cuidadosamente el tubo introduciendo el extremo abierto en el líquido, hasta colocarlo verticalmente. Comprobó que el mercurio bajó hasta una altura de 760 mm sobre el líquido de la cubeta. Puesto que el experimento se hizo al nivel del mar, decimos que la presión atmosférica normal es de 760 mm de Hg. Esta unidad se llama atmósfera y esta es la razón de las equivalencias anteriores.

## PRESIÓN HIDROSTÁTICA

Para estudiar como es la presión en el interior de un líquido (agua) se deben seguir los mismos pasos realizados en el estudio de la presión atmosférica.

Supongamos que te sumerges en el agua del mar, la presión que actúa sobre ti dependerá del peso de la columna de agua que tengas encima, sobre la superficie de tu cuerpo. Si te sumerges hasta 1 tendrás menos presión que en 2 y a su vez que en 3.

Si consideramos que la densidad del fluido permanece constante, la presión, del fluido dependería únicamente de la profundidad. Lo que ocurre que nos podemos encontrar un fluido como el aire o el agua del mar, que sus densidades no son constantes y tendríamos que calcular la presión en su interior de otra manera.

