

Densidad y volumen

Aclaremos un punto previamente. Densidad es un concepto asociado a la Física y el de volumen está asociado a la matemática (geometría).

Como ustedes ya se habrán dado cuenta, y si no es así, se lo contamos, en Física el uso de la matemática es muy recurrente, hasta el punto que en más de alguna parte se dice que la matemática es “el lenguaje oficial de la Física”. Ese dicho puede ser discutido con más o menos profundidad, pero es innegable que la matemática es muy importante para el desarrollo y la creación del conocimiento que se asigna a la Física.

Una de las tantas características de la Física es que con sus leyes y diversos postulados se pretende, entre otras cosas, describir un fenómeno. Pero para hacer descripciones de fenómenos es menester hacer mediciones, y las mediciones que se hagan estarán en relación al fenómeno en estudio.

Entre las diversas mediciones que se realizan hay una que nos preocupará en este momento, nos referimos a la obtención del **volumen** de un cuerpo.

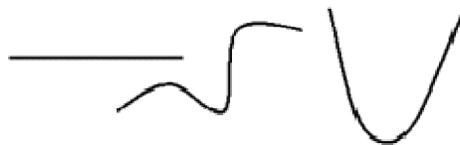
Volumen

Igual que en geometría, en Física se suele hablar de dimensiones, y cuando se habla de dimensiones nos estamos refiriendo a ideas tales como: ancho, largo y alto. Cuando hacemos mediciones en una dimensión tenemos que hacerlo en términos de longitud, desde un punto de referencia a otro, o de la distancia entre un punto y otro punto en esa dimensión.

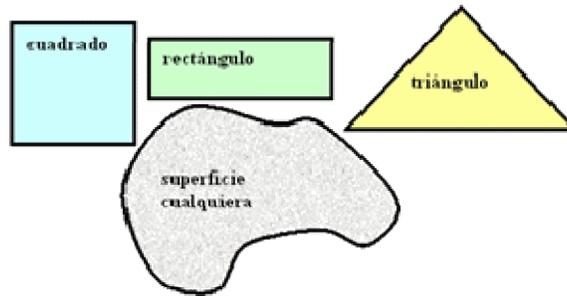
Una dimensión física está relacionada con una línea. Dos dimensiones se relacionan con una superficie. Tres dimensiones se relacionan con un cuerpo.

La línea, la superficie y el cuerpo son, al final de cuentas, una colección de puntos geométricos. Generalmente se define punto como la unidad geométrica, un ente que no tiene dimensiones físicas, es decir: no tiene grosor, ni ancho ni largo, en consecuencia no ocupa lugar en el espacio, tan solo sirve para identificar una posición determinada.

De acuerdo a como se organizan los puntos puede obtenerse una línea, una superficie o un cuerpo.



Si se organizan como línea se puede formar una línea recta, una parábola, una hipérbola o una curva cualquiera. La única medición posible en una línea es medir su longitud de toda la línea o de parte de ella.



Las superficies tienen organizados sus puntos en dos dimensiones, por ejemplo una parte de una superficie puede ser una hoja de papel. La hoja tiene ancho y largo, esas son sus mediciones. Y se puede calcular el área de la superficie. El área será fácil o difícil calcularla dependiendo de la simplicidad o complejidad de la forma de la superficie.

Los cuerpos, contienen puntos a lo alto, ancho y largo, por lo tanto ocupan un lugar en el espacio.

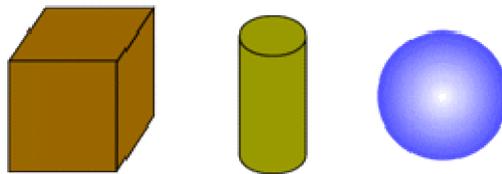
Por ejemplo: Un libro tiene puntos a lo ancho, a lo largo y a lo alto (que vendría a ser el grosor del libro) y si examinamos bien, veremos que en el interior del libro también hay puntos, hay que darse cuenta que está formado por hojas, una arriba de otra, y que ellas tienen puntos en toda su superficie. Estamos refiriéndonos, con el ejemplo del libro, a un cuerpo sólido. También hay cuerpos que no son sólidos, por ejemplo una ampollita; ella ocupa un lugar en el espacio sin embargo en su interior no hay puntos materiales, solo hay puntos geométricos.



El lugar que ocupan los cuerpos en el espacio se denomina **volumen**. El volumen viene a ser el “tamaño” de un cuerpo.

Hay infinita variedad de cuerpos, por lo que hay infinita variedad de formas volumétricas.

Tal vez las que más nos llaman la atención en su estudio son los paralelepípedos rectangulares (cajas, cubos, cajones, etc.), los cilindros (tubos, alambres, etc.) y las esferas (balones, algunas naranjas, etc.).



Para medir el volumen de un cuerpo hay diversas fórmulas matemáticas que se relacionan, cada una, con los tipos de cuerpos.

Así, por ejemplo, el volumen de un paralelepípedo de ancho a , largo b y alto c , viene dado por $V = abc$.

Un cilindro de alto h y radio r tiene un volumen que se calcula con la fórmula $V = \pi r^2 h$.

Una esfera de radio r , tiene un volumen que se calcula con la fórmula $V = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3$

Como se dijo antes, tanto el alto como el ancho o el largo de un cuerpo se expresan en unidades de longitud. Así, entonces, la unidad de volumen será de longitud al cubo, por ejemplo el cm^3 o el m^3 según se utilice el centímetro o el metro para medir cada dimensión respectivamente.

Vamos concluyendo en relación al volumen.

Si examinamos el entorno nuestro veremos muchos cuerpos. Entre ellos hay piedras, troncos, granos de arena, personas, botellas con bebida y botellas vacías, etc., sería interminable la lista. Pero fijémonos en el último ejemplo: botellas con bebida y botellas vacías.

Ambos son cuerpos porque ocupan una región del espacio, sin embargo una de ellas tiene materia en su interior, y la otra podría no tenerla. Alguien dirá que si sacamos la bebida quedará aire en su interior. Correcto, pero bien podríamos estar en un ambiente en que no exista aire. En este caso la botella sin bebida no tendría materia en su interior. Sin embargo la botella sigue siendo botella y sigue ocupando una región del espacio, independiente que tenga o no tenga materia en su interior.

Lo anterior es muy importante en el sentido que hay que tener muy claro que un cuerpo puede ser sólido o no pero sigue ocupando un lugar en el espacio. Y la medida de la región del espacio que ocupa es lo que conocemos por volumen.

Densidad

¿Qué es densidad?

Probablemente a veces hemos escuchado hablar de densidad de la materia o de la densidad de un bosque o de la densidad poblacional.

Supongamos que vamos a ver un partido de fútbol y nos damos cuenta que las galerías del estadio están casi vacías, hay muy poca gente en ellas. Si dividimos todos los asientos disponibles por el número total de personas presentes seguramente

Región Metropolitana:

Población: 6.061.185 habitantes.

Superficie: 15.403,2 km^2 .

Densidad: 393,5 hab/ km^2

Limache:

Población: 39.219 habitantes.

Superficie: 293,8 km^2 .

Densidad: 133,5 hab/ km^2

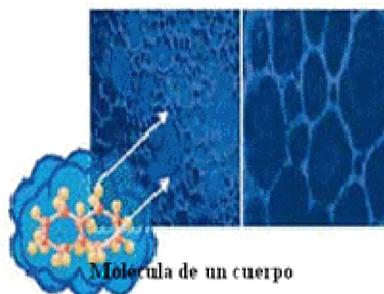
Fuente: Censo 2002.

tendremos un valor numérico grande, donde habrá más de un asiento por cada persona presente. Si el estadio está lleno totalmente, en la división propuesta tendríamos un valor numérico menor, si no sobran asientos, la división sería uno y significaría que hay un asiento por persona.

El dividir un espacio disponible por el número de personas presentes nos refleja el concepto de densidad poblacional. Por ello es que Santiago tiene más densidad poblacional que la ciudad de Limache. Si dividimos el número de habitantes de Santiago por la superficie de la ciudad y hacemos lo mismo con la ciudad de Limache, tendremos que el resultado de la división para Santiago será mayor que la división para Limache, eso significa que en Santiago hay más personas por metro cuadrado de superficie que en Limache. En los textos de geografía suele darse información sobre densidad de la población en diversas ciudades del país y del planeta.

Es altamente probable que en un bosque de pinos, que a futuro será madera, la densidad de los pinos plantados sea mayor que el de una plaza de una ciudad. Si contamos los pinos que hay en un cuadrado de 50 metros de lado, probablemente en el bosque hay más pinos que en la plaza. Entonces diríamos que el bosque tiene mayor densidad de árboles plantados que la plaza de la ciudad.

Ahora bien, un cuerpo está formado por materia y cada punto que contiene vendría a representar la unidad de la materia. Por mucho tiempo se consideró que el átomo era la unidad de la materia, ahora se sabe que no lo es, pero por ahora es conveniente que hablemos del átomo como unidad de la materia.



Una pequeña colección de átomos da origen a una molécula. Y una gran colección de moléculas da lugar a un cuerpo de algún tipo de sustancia. Las moléculas, con su respectivo tamaño y número de átomos, son diferentes para cada sustancia.

En Física tenemos que trabajar con cuerpos que tienen materia, por lo tanto cada unidad de materia podría significar una molécula o un átomo. Si el cuerpo es una sustancia pura, de un solo elemento (como un trozo de aluminio puro por ejemplo), entonces cada unidad material será un átomo, pero si el cuerpo es una sustancia compuesta (como un trozo de bronce por ejemplo), cada unidad material podrá considerarse como una molécula.

Cuántas unidades de materia hay en un cuerpo con determinado volumen determinan el concepto de **densidad**.

Se puede decir, por ejemplo, que si se tienen dos cuerpos, uno azul y uno verde, ambos con igual volumen, y contando sus unidades de materia verificamos que el azul tiene un mayor número que el verde, entonces podemos afirmar que el cuerpo azul tiene mayor densidad que el verde.

Como cada unidad material representa un átomo o molécula y estos tienen masa, la que se mide en gramos o en kilogramos, entonces **la densidad de una materia representa cuántos gramos o kilogramos hay por unidad de volumen.**

Hay sustancias que tienen más átomos por unidad de volumen que otros, en consecuencia tienen más gramos, o kilogramos, por unidad de volumen. Por lo tanto, hay sustancias que tienen más densidad que otros.

La densidad del agua, por ejemplo, es de 1 gr/cm^3 . Esto significa que si tomamos un cubo de 1 cm de lado y lo llenamos de agua, el agua contenida en ese cubo tendrá una masa de un gramo.

La densidad del mercurio, otro ejemplo, es de $13,6 \text{ gr/cm}^3$. Esto significa que en un cubo de 1 cm de lado lleno con mercurio se tiene una masa de 13,6 gramos.

Los cuerpos sólidos suelen tener mayor densidad que los líquidos y éstos tienen mayor densidad que los gases.

Lo anterior está dado por el hecho de que en un gas las partículas que lo componen están menos cohesionadas, en términos vulgares esto significa que están más separados. En los líquidos hay mayor cohesión y en los sólidos la cohesión es mayor aún.

Y, entre los sólidos, hay sustancias que tienen diferentes densidades, por ejemplo: el plomo es de mayor densidad que el aluminio. Lo mismo ocurre entre los líquidos y entre los gases.

En general cada sustancia, pura o compuesta, tiene diferente densidad.

El níquel y el cobalto tienen valores de densidad muy aproximados entre sí: $8,9 \text{ gr/cm}^3$ el cobalto y $8,902 \text{ gr/cm}^3$ el níquel.

Los valores de densidades de los elementos se pueden ver en la Tabla Periódica de los Elementos (http://site.ifrance.com/okapi/tabla_periodical.htm).

Veamos densidad en términos matemáticos:

Como ya se ha dicho, la densidad de una sustancia está determinada por la cantidad de masa (**m**) que está contenida en un volumen (**V**) dado. Por lo tanto, la relación matemática que se tiene es:

$$\rho = m/V$$

Si se conoce la densidad (ρ) de una sustancia y el volumen (V) de ella, es posible conocer su masa (m), a partir de la expresión anterior:

$$m = \rho V$$

Por ejemplo. Si se tiene un cubo de zinc ($\rho = 7,113 \text{ gr/cm}^3$) de volumen 10 cm^3 , su masa será $m = 7,113 (\text{gr/cm}^3) \cdot 10 (\text{cm}^3) = 71,13 (\text{gr})$.

¿Cómo conocer la densidad de un objeto desconocido?

Si tiene forma regular conocida (cubo, paralelepípedo, esfera, cilindro, cono) podemos calcular su volumen a partir de una fórmula geométrica. Medimos su masa con una balanza y su densidad la obtenemos a partir de $\rho = m/V$.

Si la masa tiene forma irregular la podemos introducir en un vaso con agua donde el cambio de volumen de llenado de agua en el vaso representa el volumen de la masa. Medimos su masa en una balanza y su densidad la obtenemos según la expresión anterior.

A veces es fácil reconocer cuando un objeto tiene mayor densidad que otro.

Por ejemplo una esfera de plumavit es menos densa que una esfera de acero. Incluso la apreciación de “sentir” más pesada la bola de acero coincide en este caso con el hecho de que el acero es más denso que la plumavit.

Pero a veces no es tan fácil distinguir qué objeto tiene más o menos densidad. Entonces se deberán hacer mediciones para determinarlo.

Si se toman dos objetos, de dimensiones (medidas) similares pero de diferentes sustancias y se les mide su masa y resulta que una de ellos tiene mayor masa, entonces ese objeto tiene mayor densidad que el otro.

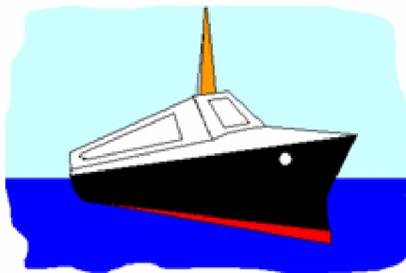
Una pregunta recurrente tiene que ver con la “propiedad de flotabilidad” que tienen los cuerpos. Es decir, la capacidad que tienen para flotar en el agua. A veces se hace la observación de que un trozo de madera flota y a todos nos parece natural, pero también se extiende la observación a un barco de metal y ahí la intuición se presenta en un estado confuso. En realidad el problema se reduce a comprender el significado de la densidad.

Cualquier objeto que tenga una densidad menor que la densidad del agua (1 gr/cm^3) flotará en el agua.

¿Por qué, entonces, un barco de metal flota en el agua, si se supone que cualquier metal es de mayor densidad que el agua? Los barcos suelen construirse de acero, y el acero es más denso que el agua.

Es cierto. El acero tiene mayor densidad que el agua (de hecho es $7,85 \text{ gr/cm}^3$, mientras que el agua tiene densidad 1 gr/cm^3), pero ocurre que el barco tiene muchos compartimentos (habitaciones, salas, salones, pasillos, y otros) que tienen aire en su interior (la densidad del

aire es $0,0013 \text{ gr/cm}^3$) y el volumen total del barco incluye no solo las paredes de acero y maquinarias y otras cosas más densas que el agua, también incluye el aire contenido en el, todo esto hace que al final de cuentas la densidad promedio del barco, dividiendo su masa total por su volumen, sea menor que la del agua y por ello flota.



Si llegara a ocurrir que el barco se da vuelta, como ocurre a veces en grandes temporales, puede entrar agua a esas habitaciones y espacios que antes tenían aire, en consecuencia si en esta nueva situación calculamos su densidad seguramente tendremos que la densidad del barco, ahora con agua en su interior, será mayor que la del agua. Entonces se comprenderá por qué el barco que se da vuelta puede hundirse. Digo “puede hundirse” porque podría suceder que dándose vuelta no se hunda, eso ocurriría si las habitaciones no se llenan con agua, esto ocurre más veces de lo que uno cree.

El problema de la flotabilidad de un barco se entenderá más y mejor cuando se hable de fuerzas en hidrostática, particularmente de la fuerza de empuje, que – en términos muy simples – se trata de una fuerza que afecta “hacia arriba” a todo objeto que se sumerge en un fluido (materia gaseosa o líquida). Incluso a nosotros nos afecta una fuerza de empuje debido a que estamos sumergidos en el aire que también es un fluido.

Los que han visitado un puerto seguramente han visto que un barco con carga está más sumergido que cuando no tiene la carga. Con carga tiene una densidad promedio mayor que sin carga por ello está más hundido.

Seguramente se habrá visto en películas de submarinos que ellos ascienden o se sumergen debido a que vacían o llenan compartimientos con agua. Al sacarles agua su masa disminuye, la densidad promedio del submarino disminuye y como resultado empieza a ascender. Si se les llena de agua, aumenta la masa del submarino, aumenta su densidad y empieza a sumergirse.

Finalmente, consideremos a la Tierra.

La Tierra tiene, a grandes rasgos, tres capas en su composición: el núcleo que está al centro, luego viene el manto y finalmente la corteza, que es la parte superficial, donde las personas construyen sus ciudades. Ocurre que la corteza terrestre, incluida tierra, agua de los océanos, arena y rocas, en conjunto tiene menos densidad que el manto (que se comporta como una capa más o menos líquida) y como consecuencia la corteza terrestre “flota” en el manto y, a su vez, el manto tiene menos densidad que el núcleo. El manto “flota” en el núcleo.

