

MAGNITUDES FÍSICAS y UNIDADES de MEDICIÓN

1.- Definición de magnitud física

Desde el punto de vista físico, una *magnitud* es toda aquella propiedad o entidad abstracta que puede ser *medida* en una escala y con un instrumento adecuados. En definitiva, magnitud es toda aquella propiedad que se puede medir.

Como ejemplos de magnitudes pueden citarse *peso, masa, longitud, velocidad, tiempo, temperatura, presión, fuerza*, etc.

Las magnitudes son de diferente naturaleza o especie, no es lo mismo la masa que el peso, como tampoco es lo mismo la longitud (o distancia) que la velocidad. Es decir, una magnitud no puede ser convertida en otra, pero si pueden relacionarse a través de leyes físicas expresadas como fórmulas matemáticas. Por ejemplo:

$$F = m \cdot a \quad \text{donde } F \text{ es fuerza, } m \text{ es masa y } a \text{ es aceleración}$$

Sin embargo, cada magnitud física puede medirse en distintas *unidades de medición* que resultan comparables entre sí. Precisamente, una *unidad* es el patrón con el que se mide determinada magnitud. A menudo existe para cada magnitud, una unidad principal, considerada así por ser la más comúnmente usada y otras secundarias, éstas pueden ser múltiplos o submúltiplos de la unidad principal. La tabla 1 muestra algunos ejemplos al respecto.

Magnitud	Unidad Principal	Unidades Secundarias o Alternativas
MASA	kilogramo (kg)	gramo (g); decigramo (dg); tonelada (tn)
LONGITUD	metro (m)	kilómetro (km); decámetro (dam); centímetro (cm)
TIEMPO	segundo (s)	hora (h); minuto (min); día (d)
TEMPERATURA	grados centígrados (°C)	grados Fahrenheit (°F); Kelvin (K)
VELOCIDAD	metros por segundo (m/s)	kilómetros por hora (km/h); centímetros por segundo (cm/s)
PRESIÓN	hectopascales (hPa)	milímetros de mercurio (mmHg); milibares (mb)

Tabla 1: *magnitudes físicas y unidades de medición*

2.- Ordenes de magnitud – notación científica

Para comparar dos cantidades distintas de una determinada magnitud física se establecen los “ordenes de magnitud”; estos representan las diferencias entre valores numéricos por medio de factores de 10^n , donde la potencia “n” representa precisamente el orden de magnitud. En este sentido, si se dice que dos números difieren entre si en 3 (tres) ordenes de magnitud, significa que difieren en un factor de 10^3 , que es 1000, por lo tanto uno de esos números es “mil veces” más grande que el otro.

A modo de ejemplo, si se tienen dos masas $m_1 = 3,5 \text{ g}$ y $m_2 = 3.500 \text{ g}$, para establecer en que orden de magnitud difieren ambos valores basta con dividir al mayor por el menor, es decir:

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{3.500\text{g}}{3,5\text{g}} = 1.000 = 10^3$$

O sea que m_2 es mil veces mayor que m_1 y como 1000 puede escribirse como 10^3 ; dicho de otro modo, m_2 “tres” ordenes de magnitud mayor que m_1 . Cuando los resultados no dan números enteros se recurre a la notación científica para establecer estos órdenes. Ejemplo (comparando ahora distancias):

$x_1 = 410 \text{ m}$ y $x_2 = 128 \text{ km}$ luego, como $x_2 = 128.000 \text{ m}$ se hace el cociente:

$$\frac{x_2}{x_1} = \frac{128.000\text{m}}{410\text{m}} = 312,195$$

El numero 312, 195 puede escribirse aproximadamente como $3,12 \times 10^2$, luego como el exponente de 10 es “2”, decimos que x_2 es aproximadamente “dos” ordenes de magnitud de superior a x_1 .

2.1.- Notación científica

La notación científica es una forma de representar números aplicando un corrimiento de la coma decimal y utilizando potencias enteras del número “10”, teniendo en cuenta lo siguiente.

$$\begin{aligned} 10^0 &= 1 \\ 10^1 &= 10 \\ 10^2 &= 100 \\ 10^3 &= 1.000 \\ 10^4 &= 10.000 \\ 10^5 &= 100.000 \end{aligned}$$

Y así sucesivamente. De este modo el número 234.000 se puede pensar como: $2,34 \times 100.000$ y en notación científica será $2,34 \times 10^5$.

Para los números menores a la unidad se aplica lo siguiente:

$$\begin{aligned} 0,1 &= \frac{1}{10} = 10^{-1} \\ 0,01 &= \frac{1}{100} = 10^{-2} \\ 0,001 &= \frac{1}{1.000} = 10^{-3} \\ 0,0001 &= \frac{1}{10.000} = 10^{-4} \end{aligned}$$

De este modo, el número 0,000543 puede pensarse como $5,43 \times 0,0001$ y en notación científica será $5,43 \times 10^{-4}$.

A modo de ejemplo, se considera que la masa total de la atmósfera terrestre (m_e) es de unos 5.100 billones de toneladas. Expresando este número en kg y recurriendo a la notación científica quedaría:

$$m_e = 5,1 \times 10^{18} \text{ kg} \quad (\text{unos } 5,1 \text{ trillones de kilogramos})$$

3.- Tipos de magnitudes

Existen tres magnitudes que son consideradas en la Física como **Fundamentales** porque a partir de sus unidades se derivan todas las demás unidades con las que se miden el resto de las magnitudes físicas. Estas son la *masa*, la *longitud* y el *tiempo*.

De esta forma, si se mide la masa en kilogramos (kg), el tiempo en segundos (s) y la distancia o longitud en metros (m), a modo de ejemplo se pueden calcular las correspondientes unidades *derivadas* para las siguientes magnitudes:

Velocidad: fórmula simplificada, $V = d/t$, entonces la unidad de velocidad **[V]** resultará del cociente entre la unidad de distancia **[d]** y la de tiempo **[t]**.

$$[V] = [d] / [t] = \text{m/s}$$

Fuerza: fórmula simplificada, $F = m \cdot a$, entonces la unidad de fuerza **[F]** resultará del producto entre la unidad de masa **[m]** y la de aceleración **[a]**.

$$[F] = [m] \cdot [a] = \text{kg} \cdot \text{m/s}^2 = \text{N (Newton)}$$

Presión: fórmula simplificada, $P = F/S$, entonces la unidad de Presión **[P]** resultará del cociente entre la unidad de fuerza **[F]** y la de superficie **[S]**.

$$[P] = [F] / [S] = \text{N/m}^2 = \text{Pa (Pascal)}$$

Un múltiplo del Pascal, muy utilizado en meteorología es el *hectopascal* (hPa) que equivale a 100 Pa

4.- Magnitudes Escalares y Vectoriales

Las magnitudes **escalares** son aquellas que se definen a través de su valor numérico o *módulo* seguido de la correspondiente unidad, no interesan en ellas ni dirección ni sentido. Ejemplos de magnitudes escalares son masa, temperatura, volumen y densidad.

Las magnitudes **vectoriales** son aquellas que además de su de su valor numérico o *módulo* y unidad, se definen considerando también la dirección, sentido y en algunos casos el punto de aplicación. Ejemplos de magnitudes vectoriales son la velocidad, la aceleración y la fuerza. Por esta razón, en meteorología cuando se habla de la velocidad del *viento*, esta se da en módulo y dirección.

Ejemplo 1: *viento norte a 20 kt*

Debe entenderse: viento que sopla desde el norte, en dirección hacia el sur con una velocidad de 20 nudos.

Ejemplo 2: *viento sudeste a 35 km/h*

Debe entenderse: viento que sopla desde el sudeste, en dirección hacia el noroeste con una velocidad de 35 kilómetros por hora.

5.- Pasaje de unidades

Como se mencionó anteriormente, cada magnitud física puede ser medida en distintas unidades que son equivalentes entre sí, por lo tanto pueden ser convertidas unas en otras haciendo los pasajes correspondientes. Se muestran a continuación los pasajes para las magnitudes mas comunes.

5.1.- Unidades de longitud

La longitud (o bien la distancia) es una magnitud que se expresa en *una dimensión*, de acuerdo al siguiente esquema, tomando al *metro* como unidad principal:

km – hm – dam – m – dm – cm – mm

Por lo tanto los cambios de unidad en el sistema métrico se harán “corriendo la coma” un solo lugar, hacia la derecha si se pasa de una unidad mayor a una menor.

Ejemplo: $1,27 \text{ m} = 127 \text{ cm}$

O bien hacia la izquierda si se pasa de una unidad menor a otra mayor.

Ejemplo: $1,27 \text{ m} = 0,00127 \text{ km}$

Como regla práctica se puede tomar que la “coma” se correrá *un lugar por cada salto o cambio de unidad, en el sentido en que se cambia.*

5.2.- Unidades de superficie

La superficie es una magnitud de dos dimensiones y en el sistema métrico, tomando al *metro cuadrado* como unidad principal, el esquema es el que sigue:

$$\mathbf{km^2 - hm^2 - dam^2 - m^2 - dm^2 - cm^2 - mm^2}$$

En este caso, por cada cambio de unidad, la coma se corre *dos* posiciones decimales en el sentido en el que se cambia es decir, hacia la derecha si se pasa de una unidad mayor a una menor.

Ejemplo: $3,4 \text{ hm}^2 = 34.000 \text{ m}^2 = 3,4 \times 10^4 \text{ m}^2$

O bien hacia la izquierda si se pasa de una unidad menor a otra mayor.

Ejemplo: $1,35 \text{ m}^2 = 0,00000135 \text{ km}^2 = 1,35 \times 10^{-6} \text{ km}^2$

5.3.- Unidades de volumen

Análogamente, el volumen es una magnitud de tres dimensiones y en el sistema métrico, tomando al *metro cúbico* como unidad principal, el esquema es el que sigue:

$$\mathbf{km^3 - hm^3 - dam^3 - m^3 - dm^3 - cm^3 - mm^3}$$

Aquí, por cada cambio de unidad, la coma se corre *tres* posiciones decimales en el sentido en el que se cambia es decir, hacia la derecha si se pasa de una unidad mayor a una menor.

Ejemplo: $6,54 \text{ m}^3 = 6.540.000 \text{ cm}^3 = 6,54 \times 10^6 \text{ cm}^3$

O bien hacia la izquierda si se pasa de una unidad menor a otra mayor.

Ejemplo: $234,5 \text{ m}^3 = 0,0002345 \text{ hm}^3 = 2,345 \times 10^{-4} \text{ hm}^3$

5.4.- Unidades de tiempo

El tiempo es una magnitud que se expresa en el sistema sexagesimal, de modo que los pasajes de unidades no son tan simples como los vistos anteriormente y hay que tener en cuenta las relaciones ya conocidas:

$$1 \text{ h} = 60 \text{ min}$$

$$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

$$\text{Entonces } 1 \text{ h} = 3.600 \text{ s}$$

5.5.- Unidades de velocidad

Una velocidad da la relación entre una distancia recorrida y el tiempo empleado en recorrerla. Para efectuar cambios de unidades dentro del sistema métrico, se deben hacer pasajes simultáneos en las unidades de distancia y tiempo, considerando para este último las siguientes relaciones:

$$1 \text{ h} = 3.600 \text{ s} \quad \text{y} \quad 1 \text{ s} = \frac{1}{3.600} \text{ h}$$

Entonces, para pasar de **km/h** a **m/s**:

$$\text{Ejemplo: } 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{72.000 \text{ m}}{3.600 \text{ s}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Como regla práctica, se divide el valor numérico de la velocidad dado en *km/h* por **3,6** y se le coloca al resultado la unidad *m/s*

Para pasar de **m/s** a **km/h** :

$$\text{Ejemplo: } 25 \frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{0,025 \text{ km}}{\frac{1}{3.600} \text{ h}} = 90 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Como regla práctica, se multiplica el valor numérico de la velocidad dado en *m/s* por **3,6** y se le coloca al resultado la unidad *km/h*

En meteorología es también muy utilizada como unidad de velocidad el *Nudo* (kt) que se define como una milla náutica por hora, de modo que guarda la siguiente relación con los *km/h*

$$1 \text{ milla náutica/hora} = 1 \text{ kt} = 1,852 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

6.- Sistemas de Unidades

Si bien existe gran número de unidades para cada magnitud física, se exponen aquí en la Tabla 2 algunas de las unidades más utilizadas, para los tres Sistemas de Unidades de aplicación en la Física, estos son MKS, cgs y Técnico

Magnitud	MKS (SI)	cgs	Técnico
MASA	kg	g	UTM
LONGITUD	m	cm	m
TIEMPO	s	s	s
VELOCIDAD	m/s	cm/s	m/s
ACELERACIÓN	m/s ²	cm/s ²	m/s ²
FUERZA	N	dyn	\overline{kg}
SUPERFICIE	m ²	cm ²	m ²
VOLUMEN	m ³	cm ³	m ³
PRESIÓN	Pa	dyn/ cm ²	\overline{kg}/m^2
ENERGÍA	J	e	$\overline{kg} m$
POTENCIA	w	e/s	$\overline{kg} m/s$

Tabla 2: *Sistemas de unidades*

Donde:

kg: kilogramo masa

g: gramo masa

UTM: Unidad Técnica de Masa

m: metro

cm: centímetro

s: segundo

m/s: metro por segundo

cm/s: centímetro por segundo

m/s²: metro por segundo al cuadrado

cm/s²: centímetro por segundo al cuadrado

N: Newton

dyn: dina

\overline{kg} : kilogramo fuerza

m²: metro cuadrado

cm²: centímetro cuadrado

m³: metro cúbico

cm³: centímetro cúbico

Pa: Pascal

dyn/ cm²: dina por centímetro cuadrado

\overline{kg}/m^2 : kilogramo fuerza por metro cuadrado

J: joule

e: ergio

kgf.m: kilográmetro

w: watt

e/s: ergio por segundo

$\overline{kg} m/s$: kilográmetro por segundo

7.- Definición física de presión

El aire, como todo gas, tiene peso propio. Esto fue descubierto por Galileo tras observar un recipiente conteniendo aire comprimido, cuyo peso aumentaba proporcionalmente con el aumento de la cantidad de aire que contenía. En física la presión está definida como el cociente entre una fuerza (F) y la superficie (S) sobre la que actúa. La expresión matemática de esta relación es:

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

En rigor, la presión es una magnitud vectorial, dado que la fuerza o peso de la atmósfera también lo es, pero como su dirección es siempre vertical y hacia la superficie terrestre, este aspecto se deja de lado, al punto que se la trabaja como una magnitud escalar.

7.1.- Unidades de medición.

Las unidades en que se mide la presión dependen del sistema que se considere y siempre se tratara de unidades "derivadas" de la fórmula expuesta en el punto anterior. Si se considera el sistema de unidades **MKS**, en el cual la fuerza se mide en *Newtons* (N) y la superficie en *metros cuadrados* (m²) queda definida como unidad de presión el *Pascal* (Pa), siendo entonces:

$$Pa = \frac{N}{m^2}$$

Sin embargo, en meteorología es mucho más usada como unidad un múltiplo del Pa que es el "*hectopascal*" (hPa) siendo:

$$1 \text{ hPa} = 100 \text{ Pa}$$

Si la unidad de presión que se considera es el "Bar", se tiene la siguiente relación con los Pascales:

$$1 \text{ b} = 10^5 \text{ Pa}$$

De nuevo, en meteorología se usa un submúltiplo del bar que es el *milibar*, es decir la milésima parte de un bar, es entonces:

$$1 \text{ b} = 1.000 \text{ mb}$$

Ahora bien, relacionando las dos unidades anteriores se llega a una equivalencia muy utilizada en meteorología según la cual se cumple que:

$1 \text{ hPa} = 1 \text{ mb}$

Otra unidad que es la más antigua y tradicional, no es estrictamente y desde el punto de vista físico una unidad de medición de la presión pero tiene vigencia. Surge de la medición de la altura de la columna de mercurio en un barómetro de este tipo, la unidad es el *milímetro de mercurio*, **mm Hg** y la presión atmosférica normal se considera de 760 mm Hg.

Si se hace la relación de los valores considerados como Presión normal con para los sistemas MKS y CGS, quedan las siguientes equivalencias para la **presión atmosférica normal**:

$$1 \text{ atm} = 1,0333 \text{ kg/cm}^2 = 1.033,3 \text{ g/cm}^2 = 760 \text{ mm Hg} = 1.013 \text{ hPa} = 1.013 \text{ mb}$$

8.- Unidad de medida para la precipitación

En meteorología, una de las variables con mayor significancia es la precipitación. La Organización Meteorológica Mundial (OMM) tiene establecida como unidad de medida para este parámetro, el denominado **milímetro de precipitación**, cuya aplicación esta normalizada y se usa en todos los países integrantes de la mencionada organización.

Se define como milímetro de precipitación a *“una lámina de agua de 1 (un) metro cuadrado de superficie y 1 (un) milímetro de altura”*.

Como podrá observarse y haciendo las reducciones necesarias, se tiene que el milímetro de precipitación es equivalente a un litro o decímetro cúbico de agua por cada metro cuadrado de terreno. Por lo tanto en un informe que indica que se registran *15 mm* de precipitación se esta haciendo referencia a que han caído 15 litros de agua por cada metro cuadrado de superficie.

9.- Unidades inglesas

En la actividad meteorológica y aeronáutica es usual la aplicación de unidades de medida británicas, razón por la cual es necesario conocer los factores de conversión correspondientes entre estas unidades y las que contempla el SIMELA, junto con sus múltiplos y submúltiplos. La relaciones más comunes son siguientes:

9.1.- Unidades de longitud

1 Pulgada = 2,54 cm

1 Pie = 12 pulgadas = 30,48 cm

1 Yarda = 3 pies = 91,44 cm.

1 Braza = dos yardas = 1,829 m

1 Milla terrestre = 880 brazas = 1,609 km

1 Milla náutica = 1,852 m

Medidas de masa

1 Onza = 28,35 g

1 Libra = 45,6 g

9.2.- Unidades de capacidad

1 Pinta (Gran Bretaña) = 0,568 l

1 Barril = 159 l