

B) MAGNITUDES FÍSICAS. UNIDADES

I – 7. Magnitud y cantidad

MAGNITUD es todo aquello susceptible de medida. Ejemplo: La longitud, la masa, el tiempo, son magnitudes, ya que pueden medirse.

MEDIR es comparar dos magnitudes de la misma especie, una de las cuales se toma como UNIDAD. Ejemplo: Si A y B son magnitudes de la misma especie, y se toma A como unidad, el número de unidades A que se necesitan para hacer una magnitud igual a B expresa la medida de B .

CANTIDAD DE UNA MAGNITUD es el número de unidades a que es equivalente dicha magnitud. Ejemplo: El tiempo es una magnitud; siete años es una cantidad.

I – 8. Unidad: expresión de una medida

UNIDAD es una cantidad arbitraria que se adopta para comparar con ella cantidades de su misma especie. En la elección de una unidad influye la extensión de la cantidad a medir. Ejemplos: Para la medida de la distancia de la Tierra a una estrella de las llamadas lejanas escogeremos el año luz; para la distancia entre dos ciudades el kilómetro; en la venta de un cable el metro; en la medida del espesor de una lámina el milímetro y para la medida de la longitud de onda de la luz la milimicra o el angström ($\text{\AA}$). No es necesario que sean éstas las unidades empleadas; siempre que nos convenga podemos tomar como unidad cualquier cantidad arbitraria: si llamamos A a una cantidad (superficie en la Fig. I-1), la cantidad B equivale a $4A$; hemos medido B adoptando A como unidad.

La expresión de una medida es un número concreto, es decir, un número (veces que la cantidad contiene a la unidad) seguido del nombre o expresión de la unidad empleada en la medida (500 kilómetros; 26 metros; 2 milímetros).

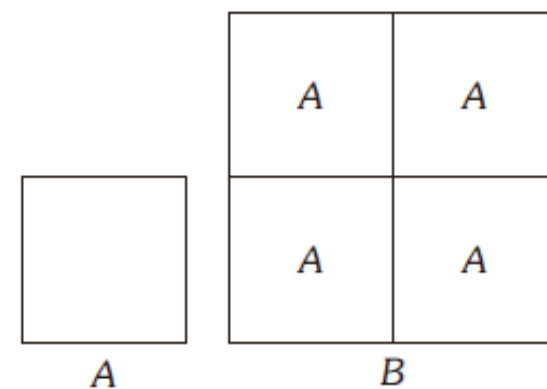


Fig. I-1.— La medida de B es $4A$.

I – 9. Condiciones que debe reunir la unidad. Unidad natural

En toda unidad de medida se debe poder determinar la igualdad y la suma. Ejemplo: adoptada una determinada longitud como unidad *metro*, ha de poder establecerse qué magnitud es igual a *un metro* y qué magnitud contiene dos, tres, cuatro veces a nuestra unidad. De aquí nace el concepto de *múltiplo* ($\text{km} = 1\,000\text{ m}$) empleado, a su vez, como unidad en medidas adecuadas. Este criterio de *suma*, que nos lleva a establecer múltiplos, nos da como consecuencia la posibilidad de conseguir *submúltiplos* o *divisores* de la unidad, pues si el km se puede dividir en 1 000 partes iguales (metro), el metro goza necesariamente de la misma propiedad, obteniéndose fracciones de la unidad que, a su vez, nos sirven como unidad cuando pueda interesarnos.

Con la intención de llegar a establecer en su día unidades únicas adoptadas universalmente para lo que llamaremos magnitudes fundamentales, y siempre con la idea de elegir conveniente el término adecuado para la extensión de la cantidad a medir, los organismos de carácter internacional [La Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM), el Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM) y la Unión Internacional de Física Pura y Aplicada (UIFPA)] recomiendan para prefijos, símbolos y valores correspondientes a las unidades simples del Sistema Internacional (SI), que posteriormente definiremos, los indicados en la tabla adjunta.

<i>Factor</i>	<i>Prefijo</i>	<i>Símbolo</i>
10^{24}	yotta	Y
10^{21}	zetta	Z
10^{18}	exa	E
10^{15}	peta	P
10^{12}	tera	T
10^9	giga	G
10^6	mega	M
10^3	kilo	k
10^2	hecto	h
10^1	deca	da
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	mili	m
10^{-6}	micro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	a
10^{-21}	zepto	z
10^{-24}	yocto	y

I – 10. Magnitudes fundamentales y suplementarias

Son MAGNITUDES FUNDAMENTALES *aquellas cuyas unidades se eligen arbitrariamente tomándose como base de los sistemas de unidades y no tienen una ecuación que las defina.*

Como los fenómenos físicos se realizan en el *espacio* mientras transcurre el *tiempo*; la Naturaleza nos impone, así, dos magnitudes fundamentales: LONGITUD (L) y TIEMPO (T), sin definición precisa, cuya existencia conocemos desde que se inicia nuestra razón.

En la parte de la Física llamada Mecánica, es necesaria una tercera magnitud fundamental definida por nuestra propia intuición que, con las dos anteriores, permita definir de una manera coherente las demás magnitudes que intervienen en los fenómenos mecánicos; tal magnitud se elige arbitrariamente: en Física teórica se usa la MASA (M) y en la técnica la FUERZA (F).

Son MAGNITUDES SUPLEMENTARIAS, EL ÁNGULO PLANO, definido como *la porción de plano limitada por dos semirrectas que parten de un mismo punto; a este punto se le llama vértice y a las semirrectas lados del ángulo*; y el ÁNGULO SÓLIDO definido como *cada una de las porciones del espacio limitadas por una superficie cónica*. Ambas magnitudes son puramente geométricas y todavía no se ha decidido si son fundamentales o derivadas.

MAGNITUDES FUNDAMENTALES		UNIDAD BÁSICA	
Nombre	Ecuación Dimensional	Nombre	Símbolo
1. Longitud	L	Metro	m
2. Masa	M	Kilogramo	kg
3. Tiempo	T	Segundo	s
4. Temperatura termodinámica	Θ	Kelvin	K
5. Intensidad de corriente eléctrica	I	Ampere	A
6. Intensidad luminosa	J	Candela	cd
7. Cantidad de sustancia	N	Mol	mol

I – 11. Unidades patrones

Elegidas convencionalmente las magnitudes fundamentales (como se explicará más adelante), los diferentes Congresos Científicos Internacionales fijaron las unidades llamadas PATRONES, cuyas definiciones han ido variando con las exigencias de superior precisión en las térmicas metrologías, y que exponemos a continuación.

La unidad de LONGITUD es el METRO (m): *distancia a cero grados centígrados, entre dos trazos paralelos hechos en una barra de platino con 10% de iridio, que se conserva en el Museo Nacional de Pesas y medidas de Seures, aproximadamente igual a la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre*. El 16 de octubre de 1960 la Conferencia General cambió la definición clásica del metro, tomando como nuevo patrón (nuevo metro) a *1 650 763'73 longitudes de onda, en el vacío, de la radiación correspondiente a la transición entre los niveles $2p^{10}$ y $5d^5$ del átomo de cripton 86*. Debido a las constantes exigencias de superior precisión, en octubre del 86 la Conferencia General de Pesas y Medidas celebrada en esta fecha en París, define nuevamente el metro como *la longitud recorrida en el vacío por las ondas electromagnéticas durante un tiempo de $1/299\,792\,458$ de segundo* (lo que nos indica que la velocidad de estas ondas es $299\,792\,458$ m/s)*.

La unidad de MASA es el KILOGRAMO (kg), *es la masa del prototipo de platino iridiado sancionado por la Conferencia General de Pesas y medidas en 1901 y depositado en el pabellón de Bretenil de Sevres*. Este prototipo tiene forma cilíndrica, contiene aproximadamente el 90% de platino y el 10% de iridio, y su masa es muy aproximada a la de un litro de agua destilada a cuatro grados centígrados. Actualmente se define en función de la masa de los átomos como se verá más adelante.

La unidad de TIEMPO es el SEGUNDO (s): $1/86\,400$ del día solar medio. (86 400 es el número de segundos del día solar medio, que se obtiene multiplicando 24 horas del día, por 60 minutos de la hora y por 60 segundos del minuto). DÍA SOLAR MEDIO *es la duración media de los días solares del año, determinadas por el tiempo que tarda el Sol, en su movimiento aparente en realizar un giro en torno a la Tierra*. La XI conferencia General de Pesas y medidas de 1960 definió el SEGUNDO como la fracción igual a $1/31\,556\,925,974\,7$ del año trópico para enero de 1900, cero a doce horas del tiempo efemérides.

La unidad de INTENSIDAD DE CORRIENTE ELÉCTRICA es el AMPERIO (A) definido como *la intensidad de una corriente eléctrica constante que, mantenida entre dos conductores paralelos rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable y colocados en el vacío a una distancia de un metro uno de otro, produce entre estos dos conductores una fuerza igual a 2×10^{-7} newtons por metro de longitud.*

La unidad de TEMPERATURA es el KELVIN (K) definido como *grado de la escala termodinámica de las temperaturas absolutas, en la cual la temperatura del punto triple del agua es 273,16 K, por tanto «es la fracción 1/273,16 de la temperatura termodinámica del punto triple del agua».*

La unidad óptica de INTENSIDAD LUMINOSA es la CANDELA (cd) definida como *«la intensidad luminosa en una dirección determinada de una abertura perpendicular a esta dirección, que tenga una superficie de 1/600 000 metro cuadrado y radie como un radiador integral o cuerpo negro a la temperatura de fusión del platino (2 043 K = 1 770 °C), bajo la presión de 101 325 pascales».*

I – 12. Sistemas de unidades

Llamamos SISTEMA DE UNIDADES al conjunto de éstas que resulta de escoger determinadas unidades simples.

Ya hemos indicado la conveniencia de tomar universalmente un único sistema de unidades; hoy por hoy es una cuestión de adaptación y tránsito por lo que el lenguaje científico no está sujeto a las normas dadas por las CGPM, teniendo el lector que adquirir cierta flexibilidad en el empleo de sistemas de unidades y resultar, por decirlo así, «políglota», lo cual le facilitará la comunicación entre gentes cuyos intereses particulares están situadas en diversos campos; por lo que entramos a definir los distintos sistemas que hoy suelen utilizarse, pero siempre, dándole la máxima importancia al que llamaremos sistema internacional.

En mecánica emplearemos los siguientes sistemas: SISTEMA CEGESIMAL (CGS); sus unidades simples son el *centímetro* de longitud, el *gramo* de masa y el *segundo* de tiempo. SISTEMA GIORGI (G), o MKS; sus unidades simples son el *metro* de longitud, el *kilogramo* de masa y el *segundo* de tiempo. SISTEMA TÉCNICO; sus unidades simples son: el *metro*, el *kilopondio* o *kilogramo fuerza* y el *segundo*.

SISTEMA INTERNACIONAL (SI): sus unidades simples son el *metro* de longitud, el *kilogramo* de masa, el *segundo* de tiempo, el *amperio* de intensidad, el *kelvin* de temperatura, la *candela* de intensidad luminosa y el *mol* de cantidad de sustancia. Como vemos es el sistema GIORGI AMPLIADO, cuya extensión debe hacerse a todo tipo de aplicación Científica o Técnica, es el que fundamentalmente adoptaremos en este libro. En este sistema se distingue entre MASA, «*como coeficiente característico de cada partícula o cuerpo, que determina su comportamiento cuando interactúa con otras partículas*», y la magnitud CANTIDAD DE SUSTANCIA que nos define «*la cantidad de elementos o composiciones químicas que llevan los cuerpos*»; esta magnitud es diferente de la masa y evidencia que la antigua definición de masa como cantidad de materia es errónea.

EL SISTEMA INGLES

El Sistema Inglés, o Sistema Imperial de Unidades es el conjunto de las unidades no métricas que se utilizan actualmente en el Reino Unido y en muchos territorios de habla inglesa (como en Estados Unidos de América), pero existen discrepancias entre los sistemas de Estados Unidos e Inglaterra, e incluso sobre la diferencia de valores entre otros tiempos y ahora. Este sistema se deriva de la evolución de las unidades locales a través de los siglos, y de los intentos de estandarización en Inglaterra. Las unidades mismas tienen sus orígenes en la antigua Roma. Hoy en día, estas unidades están siendo lentamente reemplazadas por el Sistema Internacional de Unidades, aunque en Estados Unidos la inercia del antiguo sistema y el alto costo de migración ha impedido en gran medida el cambio.

Unidades de Longitud

Medida	Unidad medida	de	Abreviatura	Equivalencias
Longitud	Milla		m	1 m = 1760 yd 1 milla = 5280 ft
	Yarda		yd	1 yd = 36 in 1 yd = 3 ft
	Pie		ft	1 ft = 12 in (pulgadas) 1ft = 0.33333 yardas (yd)
	pulgada		in	1 pulgada (in) = 0.8333 pies (ft)

Unidades de Volumen

Medida	Unidad medida	de	Abreviatura	Equivalencias
Volumen	galón		gl	1 galón = 3.7851 l
	onzas fluidas		fl oz	0.0295741 = 29.574 ml

Unidades de Área o superficie

Medida	Unidad de medida	Abreviatura	Equivalencias
Superficie	Milla cuadrada	m^2	$1 \text{ } m^2 = 3097600 \text{ } yd^2$ $1 \text{ } m^2 = 27878400 \text{ } ft^2$
	yarda	yd^2	$1 \text{ } yd^2 = 1296 \text{ } in^2$ $1 \text{ } yd^2 = 9 \text{ } ft^2$
	Pie cuadrado	ft^2	$1 \text{ } ft^2 = 144 \text{ } in^2$ $1 \text{ } ft^2 = 0.11111... \text{ } yd^2$
	Pulgada cuadrada	in^2	$1 \text{ } in^2 = 0.00694444 \text{ } ft^2$

Unidades de Masa

Medida	Unidad de medida	Abreviatura	Equivalencias
Masa	Libra	lb	1 lb = 16 oz
	Onza	oz	1 onza (oz) = 0.0625 libra (lb)

MASA		LONGITUD	
1 gramo (g)	$= 10^{-3} \text{ kg}$	1 micra (μ)	$= 10^{-6} \text{ m}$
1 tonelada métrica (t)	$= 10^3 \text{ kg}$	1 milimicra ($m\mu$)	$= 10^{-9} \text{ m}$
1 libra-masa (lbm)	$= 0,453 \text{ 6 kg}$	1 angström ($\text{\AA}$)	$= 10^{-10} \text{ m}$
1 slug	$= 14,59 \text{ kg}$	1 unidad X (uX)	$= 10^{-13} \text{ m}$
1 ton, long (2 240 lb)	$= 1 \text{ 016 kg}$	1 fermi (fm)	$= 10^{-15} \text{ m}$
1 ton, short (2 000 lb)	$= 907,2 \text{ kg}$	1 año luz	$= 9,65 \times 10^{15} \text{ m}$
1 unidad de masa atómica (u)	$= 1,661 \times 10^{-27} \text{ kg}$	1 parsec (pc)	$= 3,07 \times 10^{16} \text{ m}$
1 unidad técnica de masa (utm)	$= 9,806 \text{ kg}$	1 milla* (mile)	$= 1 \text{ 609 m}$
		1 pie (ft)	$= 0,304 \text{ 8 m}$
		1 pulgada (in)	$= 2,54 \times 10^{-2} \text{ m}$
		1 yarda (yd)**	$= 0,914 \text{ 4 m}$
TIEMPO		INTENSIDAD DE CORRIENTE ELÉCTRICA	
1 año (a)	$= 3,156 \times 10^7 \text{ s}$	1 UEEI	$= 3,336 \times 10^{-10} \text{ A}$
1 día (d)	$= 84 \text{ 400 s}$		
1 hora (h)	$= 3 \text{ 600 s}$		
1 minuto (min)	$= 60 \text{ s}$		
* Esta es la milla terrestre. La milla marina equivale a 1 852 m. ** Definida como unidad básica de longitud para todos los países anglosajones en 1854, como la distancia existente entre dos líneas trazadas sobre dos botones de oro fijos sobre una barra de platino que se conserva en Londres (1 yd = 3 ft).			

I – 13. Magnitudes derivadas. Medidas indirectas

Una MAGNITUD es DERIVADA cuando queda terminantemente definida empleando magnitudes simples. Ejemplo: al decir que un automóvil lleva una velocidad de 60 kilómetros por hora, nombramos una cantidad que corresponde a una magnitud derivada o compuesta, ya que en su determinación necesitamos la medida de una longitud (por medio de los pilotes que nos señalan distancias en la carretera, por ejemplo) y de un tiempo (por medio de un reloj o un cronómetro), la velocidad es una magnitud derivada.