

Sistema Internacional de Unidades (SI)

El sistema métrico decimal, surgido en la época de la Revolución Francesa y basado en el metro y el kilogramo, fue desarrollándose a lo largo del tiempo, hasta incluir siete unidades básicas. Desde 1960, por resolución de la 11ª Conferencia General de Pesas y Medidas, se denomina Sistema Internacional de Unidades, SI.

Tabla 1 Magnitudes y unidades básicas del Sistema SI

Magnitud básica	Símbolo	Unidad básica	Símbolo
tiempo, duración	t	segundo	s
longitud	l, h, r, x	metro	m
masa	m	kilogramo	kg
corriente eléctrica	I, i	amperio	A
temperatura termodinámica	T	kelvin	K
cantidad de sustancia	n	mol	mol
intensidad luminosa	I_v	candela	cd

El resto de magnitudes se denominan **magnitudes derivadas** y se expresan mediante **unidades derivadas**, definidas como productos de potencias de las **unidades básicas**. Algunas **unidades derivadas** reciben un **nombre especial** con objeto de expresar, en forma compacta, una combinación frecuentemente utilizada de **unidades básicas**. Así ocurre, por ejemplo, con el julio, símbolo J, por definición igual a $\text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$.

Tabla 2 Ejemplos de magnitudes y unidades derivadas.

Magnitud derivada	Símbolo	Unidad derivada	Símbolo
área	A	metro cuadrado	m^2
volumen	V	metro cúbico	m^3
velocidad	v	metro por segundo	m/s
aceleración	a	metro por segundo cuadrado	m/s^2
densidad de masa	ρ	kilogramo por metro cúbico	kg/m^3
densidad superficial	ρ_A	kilogramo por metro cuadrado	kg/m^2
volumen específico	v	metro cúbico por kilogramo	m^3/kg
densidad de corriente	j	amperio por metro cuadrado	A/m^2
luminancia	L_v	candela por metro cuadrado	cd/m^2

Tabla 3 Las 22 unidades SI derivadas con nombres especiales y sus símbolos

Magnitud derivada	Nombre especial	Símbolo y expresión en otras unidades SI y en las básicas
ángulo plano	radián	$\text{rad} = \text{m/m}$
ángulo sólido	estereorradián	$\text{sr} = \text{m}^2/\text{m}^2$
frecuencia	hercio	$\text{Hz} = \text{s}^{-1}$
fuerza	newton	$\text{N} = \text{kg m s}^{-2}$
presión, tensión	pascal	$\text{Pa} = \text{N/m}^2 = \text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2}$
energía, trabajo, cantidad de calor	julio	$\text{J} = \text{N m} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$
potencia, flujo radiante	vatio	$\text{W} = \text{J/s} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-3}$

carga eléctrica, cantidad de electricidad	culombio	$\text{C} = \text{A s}$
diferencia de potencial eléctrico	voltio	$\text{V} = \text{W/A} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-3} \text{A}^{-1}$
capacidad eléctrica	faradio	$\text{F} = \text{C/V} = \text{kg}^{-1} \text{m}^{-2} \text{s}^4 \text{A}^2$
resistencia eléctrica	ohmio	$\Omega = \text{V/A} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-3} \text{A}^{-2}$
conductancia eléctrica	siemens	$\text{S} = \text{A/V} = \text{kg}^{-1} \text{m}^{-2} \text{s}^3 \text{A}^2$
flujo magnético	weber	$\text{Wb} = \text{V s} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-2} \text{A}^{-1}$
densidad de flujo magnético	tesla	$\text{T} = \text{Wb/m}^2 = \text{kg s}^{-2} \text{A}^{-1}$
inductancia	henry	$\text{H} = \text{Wb/A} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-2} \text{A}^{-2}$
temperatura Celsius	grado Celsius	$^{\circ}\text{C} = \text{K}$
flujo luminoso	lumen	$\text{lm} = \text{cd sr}$
iluminancia	lux	$\text{lx} = \text{lm/m}^2 = \text{cd sr m}^{-2}$
actividad de un radionucleido	becquerel	$\text{Bq} = \text{s}^{-1}$
dosis absorbida, energía másica (comunicada), kerma	gray	$\text{Gy} = \text{J/kg} = \text{m}^2 \text{s}^{-2}$
dosis equivalente, dosis equivalente ambiental (colectiva)	sievert	$\text{Sv} = \text{J/kg} = \text{m}^2 \text{s}^{-2}$
actividad catalítica	katal	$\text{kat} = \text{mol s}^{-1}$

El hercio solo debe utilizarse para fenómenos periódicos y el becquerel solo para procesos estocásticos en actividad de radionucleídos.

Tampoco debe olvidarse que, desde 1948, la unidad de temperatura Celsius es el grado Celsius ($^{\circ}\text{C}$), por lo que debe evitarse la expresión "grado centígrado". El grado Celsius es igual en magnitud al kelvin (K), unidad de temperatura termodinámica. La temperatura Celsius t , está relacionada con la temperatura termodinámica T , mediante la ecuación $t/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273,15$.

Múltiplos y submúltiplos decimales de las unidades SI

Se emplean para expresar los valores de las magnitudes mucho más grandes o mucho más pequeñas que la unidad SI sin prefijo. Pueden utilizarse con cualquiera de las unidades básicas y con cualquiera de las unidades derivadas con nombres especiales.

Tabla 4 Prefijos SI

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

Sistema Internacional de Unidades (SI)

Escritura de los prefijos

El nombre del prefijo y el nombre de la unidad se combinan para formar una sola palabra. Del mismo modo, el símbolo del prefijo y el símbolo de la unidad se escriben sin espacios para formar un solo símbolo, que se puede elevar, a su vez, a cualquier potencia.

Por ejemplo, puede escribirse: kilómetro, km; microvoltio, μV ; femtosegundo, fs; $50 \text{ V/cm} = 50 \text{ V} (10^{-2} \text{ m})^{-1} = 5000 \text{ V/m}$.

Escritura de los símbolos de las unidades SI

Van en mayúscula cuando proceden de un nombre propio (por ejemplo, amperio, A; kelvin, K; hercio, Hz; culombio, C). Si no es así, van siempre en minúscula (por ejemplo, metro, m; segundo, s; mol, mol). El símbolo para el litro es una excepción: se puede utilizar una L mayúscula o minúscula, permitiéndose la mayúscula para evitar confusión entre la L minúscula y el número uno, 1.

Expresión de los valores de las magnitudes

El valor Q de una magnitud es el producto del valor numérico $\{Q\}$ por la unidad $[Q]$, tal que $Q = \{Q\} [Q]$. Se deja siempre un espacio entre el número y la unidad. Para magnitudes adimensionales, en las que la unidad es el número 1, se omite la unidad. El valor numérico depende de la elección de la unidad, de forma que un mismo valor de una magnitud puede tener valores numéricos diferentes cuando se expresa en diferentes unidades. Así,

velocidad $v = 5,0 \text{ m/s} = 18 \text{ km/h}$, o bien

longitud de onda $\lambda = 5,896 \times 10^{-7} \text{ m} = 589,6 \text{ nm}$.

Los **símbolos de las magnitudes** se escriben *en cursiva*, y son generalmente letras solas pertenecientes a los alfabetos griego o latino. Se pueden utilizar letras mayúsculas o minúsculas, y se puede añadir información adicional sobre la magnitud como subíndice o como información entre paréntesis.

Los **símbolos de las unidades** se escriben en caracteres romanos normales, independientemente del tipo de letra del texto adyacente. Son entidades matemáticas y no abreviaturas; nunca van seguidas de punto (excepto al final de una frase) ni toman una s en el plural. Es obligatorio utilizar la forma correcta para los símbolos de las unidades. Los símbolos de las unidades pueden a veces comprender más de una letra. Se escriben en minúscula, excepto cuando el nombre de la unidad proceda de una persona, yendo entonces la primera letra en mayúscula. Sin embargo cuando se escribe el nombre de una unidad, éste va en minúscula (excepto al comienzo de una frase), para distinguir la unidad de la persona.

Al formar productos o cocientes de unidades se aplican las reglas normales del álgebra. En los productos se debe dejar un espacio entre unidades (o alternativamente se puede usar un punto centrado a media altura como símbolo de multiplicación). Obsérvese la importancia del espacio: por ejemplo, m s denota el producto de un metro por un segundo, pero ms denota un milisegundo. También, al formar productos complicados de unidades, deben utilizarse paréntesis o exponentes negativos para evitar ambigüedades. Por ejemplo, la constante molar de los gases R viene dada por:

$$pV_m/T = R = 8,314 \text{ Pa m}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ K}^{-1} = 8,314 \text{ Pa m}^3/(\text{mol K}).$$

Al escribir un número, el separador decimal puede ser tanto un punto como una coma, de acuerdo con las circunstancias. Para los documentos en inglés lo normal es un punto, pero para muchos idiomas europeos, el español entre ellos, y de otros países, lo normal es la coma.

Cuando un número tiene muchos dígitos, es habitual agrupar los dígitos en grupos de tres a partir del separador decimal para facilitar su lectura. No es imprescindible pero se hace a menudo, y suele ser útil. Cuando se haga, los grupos de tres dígitos deben separarse solamente mediante un pequeño espacio, no usándose ni puntos ni comas. La incertidumbre en el valor numérico de una magnitud se puede mostrar convenientemente expresándola mediante los dígitos menos significativos entre paréntesis, después del número.

Ejemplo: El valor de la carga elemental dada por el listado de constantes fundamentales CODATA 2014 es

$$e = 1.602\,176\,6208(98) \times 10^{-19} \text{ C},$$

donde 98 es la incertidumbre típica de los dígitos finales fijada para el valor numérico.

Unidades fuera del SI

El SI es el único sistema de unidades reconocido universalmente, lo que tiene la ventaja de permitir su comprensión internacional.

No obstante, aún son ampliamente utilizadas algunas unidades no pertenecientes al SI. Unas pocas, como el minuto, la hora y el día, unidades de tiempo, serán siempre utilizadas porque están fuertemente enraizadas en nuestra cultura. Otras se utilizan por razones históricas, para resolver necesidades de grupos con intereses especiales, o porque no hay alternativas SI adecuadas. Siempre que se usen unidades ajenas al SI, debe figurar el factor de conversión al SI.