

queda en todo caso limitada por consideraciones físicas de sentido común y, según las circunstancias, ciertas formas pueden resultar más útiles que otras. En la práctica, para facilitar la distinción entre magnitudes diferentes que tienen la misma dimensión, se prefiere el uso de ciertos nombres especiales de unidades o combinaciones de nombres. Usando esta libertad, se pueden elegir expresiones que recuerden cómo está definida la magnitud. Por ejemplo, la magnitud momento de una fuerza puede considerarse como el resultado del producto vectorial de una fuerza por una distancia, lo que sugiere emplear la unidad newton metro, la energía por unidad de ángulo aconseja emplear la unidad julio por radián, etc. La unidad SI de frecuencia es el hercio, que implica ciclos por segundo, la unidad SI de velocidad angular es el radián por segundo y la unidad SI de actividad es el becquerel, que implica cuentas por segundo. Aunque sería formalmente correcto escribir estas tres unidades como segundo a la potencia menos uno, el empleo de nombres diferentes sirve para subrayar la diferente naturaleza de las magnitudes consideradas. El hecho de utilizar la unidad radián por segundo para expresar la velocidad angular y el hercio para la frecuencia, indica también que debe multiplicarse por 2π el valor numérico de la frecuencia en hercio para obtener el valor numérico de la velocidad angular correspondiente en radianes por segundo. En el campo de las radiaciones ionizantes, la unidad SI de actividad es el becquerel en vez del segundo elevado a la potencia menos uno, y las unidades SI de dosis absorbida y dosis equivalente, respectivamente, son gray y sievert, en vez de julio por kilogramo. Los nombres especiales becquerel, gray y sievert se han introducido específicamente en atención a los peligros para la salud humana que podrían resultar de errores en el caso de que para identificar a todas estas magnitudes se empleasen las unidades segundo a la menos uno y julio por kilogramo.

6. Ciertas magnitudes se definen por cociente de dos magnitudes de la misma naturaleza; son por tanto adimensionales, o bien su dimensión puede expresarse mediante el número uno. La unidad SI coherente de todas las magnitudes adimensionales o magnitudes de dimensión uno, es el número uno, dado que esta unidad es el cociente de dos unidades SI idénticas. El valor de estas magnitudes se expresa por números y la unidad «uno» no se menciona explícitamente. Como ejemplo de tales magnitudes, se pueden citar, el índice de refracción, la permeabilidad relativa o el coeficiente de rozamiento. Hay otras magnitudes definidas como un producto complejo y adimensional de magnitudes más simples. Por ejemplo, entre los «números característicos» cabe citar el número de Reynolds $Re = \rho v l / \eta$, en donde ρ es la densidad, η la viscosidad dinámica, v la velocidad y l la longitud. En todos estos casos, la unidad puede considerarse como el número uno, unidad derivada adimensional. Otra clase de magnitudes adimensionales son los números que representan una cuenta, como el número de moléculas, la degeneración (número de niveles de energía) o la función de partición en termodinámica estadística (número de estados accesibles térmicamente). Todas estas magnitudes de recuento se consideran adimensionales o de dimensión uno y tienen por unidad la unidad SI uno, incluso si la unidad de las magnitudes que se cuentan no puede describirse como una unidad derivada expresable en unidades básicas del SI. Para estas magnitudes, la unidad uno podría considerarse como otra unidad básica. En algunos casos, sin embargo, a esta unidad se le asigna un nombre especial, a fin de facilitar la identificación de la magnitud en cuestión. Este es el caso del radián y del estereorradián. El radián y el estereorradián han recibido de la CGPM un nombre especial para la unidad derivada coherente uno, a fin de expresar los valores del ángulo plano y del ángulo sólido, respectivamente, y en consecuencia figuran en la tabla 3.

CAPÍTULO III

Reglas de escritura de los símbolos y nombres de las unidades, de expresión de los valores de las magnitudes y para la formación de los múltiplos y submúltiplos decimales de las unidades del SI

1. Reglas de escritura de los símbolos y nombres de las unidades.

1.1 Los símbolos de las unidades se imprimen en caracteres romanos (rectos), independientemente del tipo de letra empleada en el texto adyacente. Se escriben en

minúsculas excepto si derivan de un nombre propio, en cuyo caso la primera letra es mayúscula. Como excepción se permite el uso de la letra L en mayúscula o l en minúscula como símbolos del litro, a fin de evitar la confusión entre la cifra 1 (uno) y la letra l (ele).

1.2 Un prefijo de múltiplo o submúltiplo, si se usa, forma parte de la unidad y precede al símbolo de la unidad, sin espacio entre el símbolo del prefijo y el símbolo de la unidad. Un prefijo nunca se usa solo y nunca se usan prefijos compuestos.

1.3 Los símbolos de las unidades son entidades matemáticas y no abreviaturas. Por tanto, no van seguidos de un punto, salvo al final de una frase, ni se usa el plural, ni se pueden mezclar símbolos de unidades con nombres de unidades en una misma expresión, pues los nombres no son entidades matemáticas.

1.4 Para formar los productos y cocientes de los símbolos de las unidades, se aplican las reglas habituales de multiplicación o de división algebraicas. La multiplicación debe indicarse mediante un espacio o un punto centrado a media altura (\cdot), para evitar que ciertos prefijos se interpreten erróneamente como un símbolo de unidad. La división se indica mediante una línea horizontal, una barra oblicua (/), o mediante exponentes negativos. Cuando se combinan varios símbolos de unidades, hay que tener cuidado para evitar toda ambigüedad, por ejemplo utilizando corchetes o paréntesis, o exponentes negativos. En una expresión dada sin paréntesis, no debe utilizarse más de una barra oblicua, para evitar ambigüedades.

1.5 No se permite emplear abreviaturas para los símbolos y nombres de las unidades, como seg (por s o segundo), mm cuad. (por mm^2 o milímetro cuadrado), cc (por cm^3 o centímetro cúbico) o mps (por m/s o metro por segundo). De esta forma se evitan ambigüedades y malentendidos respecto a los valores de las magnitudes.

1.6 Los nombres de las unidades se imprimen en caracteres romanos (rectos) y se consideran como nombres (sustantivos) comunes, empiezan por minúscula (incluso cuando su nombre es el de un científico eminente y el símbolo de la unidad comienza por mayúscula), salvo que se encuentren situados al comienzo de una frase o en un texto en mayúsculas, como un título. Para cumplir esta regla, la escritura correcta del nombre de la unidad cuyo símbolo es $^{\circ}\text{C}$ es «grado Celsius» (la unidad grado comienza por la letra g en minúscula y el atributo Celsius comienza por la letra C en mayúscula, por que es un nombre propio). Los nombres de las unidades pueden escribirse en plural.

1.7 Aunque los valores de las magnitudes se expresan generalmente mediante los nombres y símbolos de las unidades, si por cualquier razón resulta más apropiado el nombre de la unidad que su símbolo, debe escribirse el nombre de la unidad completo.

1.8 Cuando el nombre de la unidad está combinado con el prefijo de un múltiplo o submúltiplo, no se deja espacio ni se coloca guión entre el nombre del prefijo y el de la unidad. El conjunto formado por el nombre del prefijo y el de la unidad constituye una sola palabra.

1.9 Cuando el nombre de una unidad derivada se forma por multiplicación de nombres de unidades individuales, conviene dejar un espacio, un punto centrado a media altura (\cdot), o un guión para separar el nombre de cada unidad.

2. Reglas de escritura para expresar los valores de las magnitudes.

2.1 El valor de una magnitud se expresa como el producto de un número por una unidad: el número que multiplica a la unidad es el valor numérico de la magnitud expresada en esa unidad. El valor numérico de una magnitud depende de la unidad elegida. Así, el valor de una magnitud particular es independiente de la elección de unidad, pero su valor numérico es diferente para unidades diferentes.

2.2 Los símbolos de las magnitudes están formados generalmente por una sola letra en cursiva, pero puede especificarse información adicional mediante subíndices, superíndices o entre paréntesis. Así C es el símbolo recomendado para la capacidad calorífica, C_m para la capacidad calorífica molar, $C_{m,p}$ para la capacidad calorífica molar a presión constante y $C_{m,v}$ para la capacidad calorífica molar a volumen constante.

2.3 Los símbolos de las magnitudes sólo son recomendaciones, mientras que es obligatorio emplear los símbolos correctos de las unidades. Cuando, en circunstancias

particulares, se prefiera usar un símbolo no recomendado para una magnitud dada, por ejemplo para evitar una confusión resultante del uso del mismo símbolo para dos magnitudes distintas hay que precisar claramente qué significa el símbolo.

2.4 Los símbolos de las unidades se tratan como entidades matemáticas. Cuando se expresa el valor de una magnitud como producto de un valor numérico por una unidad, el valor numérico y la unidad pueden tratarse de acuerdo con las reglas ordinarias del álgebra. Este procedimiento constituye el cálculo de magnitudes, o álgebra de magnitudes. Por ejemplo, la ecuación $T = 293 \text{ K}$ puede escribirse también como $T/\text{K} = 293$.

2.5 Al igual que el símbolo de una magnitud no implica la elección de una unidad particular, el símbolo de la unidad no debe utilizarse para proporcionar información específica sobre la magnitud y no debe nunca ser la única fuente de información respecto de la magnitud. Las unidades no deben ser modificadas con información adicional sobre la naturaleza de la magnitud; este tipo de información debe acompañar al símbolo de la magnitud y no al de la unidad.

2.6 El valor numérico precede siempre a la unidad y siempre se deja un espacio entre el número y la unidad. Así, el valor de una magnitud es el producto de un número por una unidad, considerándose el espacio como signo de multiplicación (igual que el espacio entre unidades). Las únicas excepciones a esta regla son los símbolos de unidad del grado, el minuto y el segundo de ángulo plano, °, ' y ", respectivamente, para los cuales no se deja espacio entre el valor numérico y el símbolo de unidad. Esta regla implica que el símbolo °C para el grado Celsius debe ir precedido de un espacio para expresar el valor de la temperatura Celsius t .

2.7 En cualquier expresión, sólo se emplea una unidad. Una excepción a esta regla es la expresión de los valores de tiempo y ángulo plano expresados mediante unidades fuera del SI. Sin embargo, para ángulos planos, es preferible generalmente dividir el grado de forma decimal. Así, se escribirá $22,20^\circ$ mejor que $22^\circ 12'$, salvo en campos como la navegación, la cartografía, la astronomía, y para la medida de ángulos muy pequeños.

2.8 El símbolo utilizado para separar la parte entera de su parte decimal se denomina «separador decimal». El símbolo del separador decimal es la coma, en la propia línea de escritura. Si el número está comprendido entre +1 y -1, el separador decimal va siempre precedido de un cero.

2.9 Los números con muchas cifras pueden repartirse en grupos de tres cifras separadas por un espacio, a fin de facilitar la lectura. Estos grupos no se separan nunca por puntos ni por comas. En los números de una tabla, el formato no debe variar en una misma columna.

2.10 La unidad SI coherente de las magnitudes sin dimensión o magnitudes de dimensión uno, es el número uno, símbolo 1. Los valores de estas magnitudes se expresan simplemente mediante números. El símbolo de unidad 1 o el nombre de unidad «uno» no se menciona explícitamente y no existe símbolo particular ni nombre especial para la unidad uno, salvo algunas excepciones que se indican en las tablas. Como los símbolos de los prefijos SI no pueden unirse al símbolo 1 ni al nombre de unidad «uno», para expresar los valores de magnitudes adimensionales particularmente grandes o particularmente pequeñas se emplean las potencias de 10. En las expresiones matemáticas, el símbolo % (por ciento), reconocido internacionalmente, puede utilizarse con el SI para representar al número 0,01. Por lo tanto, puede usarse para expresar los valores de magnitudes sin dimensión. Cuando se emplea, conviene dejar un espacio entre el número y el símbolo %. Cuando se expresan de esta forma los valores de magnitudes adimensionales, es preferible utilizar el símbolo % mejor que la expresión «por ciento». Cuando se expresan valores de fracciones adimensionales (por ejemplo fracción másica, fracción en volumen, incertidumbre relativa, etc.), a veces resulta útil emplear el cociente entre dos unidades del mismo tipo. El término «ppm» que significa 10^6 en valor relativo o 1×10^{-6} o «partes por millón» o millonésimas, se usa también. Cuando se emplea alguno de los términos %, ppm, etc., es importante declarar cuál es la magnitud sin dimensión cuyo valor se está especificando.

3. Reglas para la formación de los múltiplos y submúltiplos decimales de las unidades del SI.

3.1 Los múltiplos y submúltiplos decimales de las unidades SI se forman por medio de prefijos que designan los factores numéricos decimales por los que se multiplica la unidad y que figuran en la columna «factor» de la tabla 5.

Tabla 5
Prefijos SI

Prefijos SI ^(a)					
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

(a) Los prefijos SI representan estrictamente potencias de 10. No deben utilizarse para expresar potencias de 2 (por ejemplo, un kilobit representa 1000 bits y no 1024 bits). Los prefijos adoptados para las potencias binarias no pertenecen al SI. Los nombres y símbolos utilizados para los prefijos correspondientes a 2¹⁰, 2²⁰, 2³⁰, 2⁴⁰, 2⁵⁰ y 2⁶⁰ son, respectivamente, kibi, Ki; mebi, Mi; gibi, Gi; tebi, Ti; pebi, Pi; y exbi, Ei. Así, por ejemplo, un kibibyte se escribe: 1 KiB = 2¹⁰ B = 1024 B. Estos prefijos pueden emplearse en el campo de la tecnología de la información a fin de evitar un uso incorrecto de los prefijos SI.

3.2 Los símbolos de los prefijos se escriben en caracteres romanos (rectos), como los símbolos de las unidades, independientemente del tipo de letra del texto adyacente, y se unen a los símbolos de las unidades, sin dejar espacio entre el símbolo del prefijo y el de la unidad. Con excepción de da (deca), h (hecto) y k (kilo), todos los símbolos de prefijos de múltiplos se escriben con mayúsculas y todos los símbolos de prefijos de submúltiplos se escriben con minúsculas. Todos los nombres de los prefijos se escriben con minúsculas, salvo al comienzo de una frase.

3.3 El grupo formado por un símbolo de prefijo y un símbolo de unidad constituye un nuevo símbolo de unidad inseparable (formando un múltiplo o un submúltiplo de la unidad en cuestión) que puede ser elevado a una potencia positiva o negativa y que puede combinarse con otros símbolos de unidades compuestas.

Ejemplos:

$$2,3 \text{ cm}^3 = 2,3 (\text{cm})^3 = 2,3 (10^{-2} \text{ m})^3 = 2,3 \times 10^{-6} \text{ m}^3.$$

$$1 \text{ cm}^{-1} = 1 (\text{cm})^{-1} = 1 (10^{-2} \text{ m})^{-1} = 10^2 \text{ m}^{-1} = 100 \text{ m}^{-1}.$$

$$1 \text{ V/cm} = (1 \text{ V})/(10^{-2} \text{ m}) = 10^2 \text{ V/m} = 100 \text{ V/m}.$$

$$5000 \mu\text{s}^{-1} = 5000 (\mu\text{s})^{-1} = 5000 (10^{-6} \text{ s})^{-1} = 5 \times 10^9 \text{ s}^{-1}.$$

3.4 Los nombres de los prefijos son inseparables de los nombres de las unidades a las que se unen. Así, por ejemplo, milímetro, micropascal y meganewton se escriben en una sola palabra. Los símbolos de prefijos compuestos; es decir, los símbolos de prefijos formados por yuxtaposición de dos o más símbolos de prefijos, no están permitidos, por ejemplo debe escribirse nm (nanómetro) y no mμm. Esta regla se aplica también a los nombres de los prefijos compuestos. Los símbolos de los prefijos no pueden utilizarse solos o unidos al número 1, símbolo de la unidad uno. Igualmente, los nombres de los prefijos no pueden unirse al nombre de la unidad uno, es decir a la palabra «uno».

3.5 Los nombres y símbolos de prefijos se emplean con algunas unidades fuera del SI, pero nunca se utilizan con unidades de tiempo: minuto, min; hora, h; día, d. Los astrónomos usan el milisegundo de arco (o de grado), símbolo «mas», y el microsegundo de arco, símbolo «µas», como unidades de medida de ángulos muy pequeños.

3.6 Entre las unidades básicas del Sistema Internacional, la unidad de masa es la única cuyo nombre, por razones históricas, contiene un prefijo. Los nombres y los símbolos de los múltiplos y submúltiplos decimales de la unidad de masa se forman añadiendo los nombres de los prefijos a la palabra «gramo» y los símbolos de estos prefijos al símbolo de la unidad «g».

CAPÍTULO IV

Otras unidades

1. La tabla 6 incluye las unidades no pertenecientes al SI cuyo uso con el Sistema Internacional está aceptado, dado que son ampliamente utilizadas en la vida cotidiana y cada una de ellas tiene una definición exacta en unidades SI. Incluye las unidades tradicionales de tiempo y de ángulo. Contiene también la hectárea, el litro y la tonelada, que son todas de uso corriente a nivel mundial, y que difieren de las unidades SI coherentes correspondientes en un factor igual a una potencia entera de diez. Los prefijos SI se emplean con varias de estas unidades, pero no con las unidades de tiempo.

Tabla 6

Unidades no pertenecientes al SI cuyo uso es aceptado por el Sistema y están autorizadas

Magnitud	Nombre de la unidad	Símbolo	Valor en unidades SI
Tiempo.	Minuto.	min	1 min = 60 s
	Hora.	h	1 h = 60 min = 3600 s
	Día.	d	1 d = 24 h = 86 400 s
Ángulo plano.	Grado ^(a, b) .	°	1° = (π/180) rad
	Minuto.	'	1' = (1/60)° = (π/ 10 800) rad
	Segundo ^(c) .	"	1" = (1/60)' = (π/ 648 000) rad
Área.	Hectárea.	ha	1 ha = 1 hm ² = 10 ⁴ m ²
Volumen.	Litro ^(d) .	L, l	1 L = 1 l = 1 dm ³ = 10 ³ cm ³ = 10 ⁻³ m ³
Masa.	Tonelada.	t	1 t = 10 ³ kg

(a) Se recomienda que el grado se divida de forma decimal, mejor que utilizando el minuto y el segundo. Sin embargo, para la navegación y la topografía, la ventaja de utilizar el minuto reside en el hecho de que un minuto de latitud en la superficie de la Tierra corresponde (aproximadamente) a una milla náutica.

(b) El gon (o grado centesimal, donde grado centesimal es el nombre alternativo de gon) es una unidad de ángulo plano alternativa al grado, definida como (π/200) rad. Un ángulo recto corresponde por tanto a 100 gon. El valor potencial del gon en la navegación es que la distancia entre el Polo y el Ecuador de la Tierra es igual a unos 10 000 km; 1 km en la superficie de la Tierra subtiende pues un ángulo de un centigón desde el centro de la Tierra. El gon es en todo caso raramente empleado (sí se emplea en el manejo de teodolitos y estaciones totales, en aplicaciones topográficas y de ingeniería civil).

(c) En astronomía, los ángulos pequeños se miden en segundos de arco (es decir, segundos de ángulo plano), mili-, micro o picosegundos de arco (símbolos: as o ", mas, µas y pas, respectivamente). El segundo de arco o el segundo de grado son otros nombres del segundo de ángulo plano.

(d) Los dos símbolos «l» minúscula y «L» mayúscula son utilizables para la unidad litro. Se recomienda la utilización de la «L» mayúscula para evitar el riesgo de confusión entre la letra l (ele) y la cifra 1 (uno).

2. Las unidades de la tabla 7 están ligadas a las constantes fundamentales y su valor en unidades del SI se determina experimentalmente y, por tanto, tienen una incertidumbre asociada. A excepción de la unidad astronómica, todas las unidades de la tabla están ligadas a constantes fundamentales de la física. Se acepta el uso con el SI de las tres primeras unidades de la tabla: el electrónvoltio, símbolo eV, el dalton o unidad de masa atómica unificada, símbolo Da o u, y la unidad astronómica, símbolo ua.