

CAPÍTULO II UNIDADES DE MEDIDA

2.1. Introducción

La vida social del hombre ha traído consigo el comercio, y éste la necesidad de medir. La referencia tomada en la medición, se denomina unidad de medida.

Aunque esta necesidad por medir surgió desde los comienzos de la civilización, no ha sido hasta muy recientemente (1832), cuando K.F. Gauss estableció un sistema absoluto de unidades. Éste está definido a partir de unidades basadas en las unidades fundamentales de masa, longitud y tiempo. Posteriormente al Sistema Gaussiano, aparece el Sistema Internacional de Unidades y el Sistema Anglosajón que son los actualmente utilizados.

Diariamente se utilizan las unidades de medida sin saber cómo o en base a qué alguien las utilizó como referencia para medir una cantidad de cierta naturaleza. Se intentará en el presente capítulo dar a conocer aquellas definiciones de unidades más significativas y de uso más frecuente.

Así mismo, se analizará la relación entre unidades de la misma naturaleza, dentro del mismo sistema de unidades y entre varios sistemas (SI frente a Anglosajón).

2.2. Noción histórica de las unidades de medida

Desde el comienzo de las primeras comunidades, el hombre vio necesario pesar y medir como consecuencia de la vida en sociedad. Las civilizaciones más antiguas no conocían el origen de la metrología, por lo que situaban dicho origen en el personaje bíblico Caín, quién construyó la ciudad de Nod, para lo que se creía precisó de unidades de medida. Los egipcios y los griegos atribuían la creación de las unidades a los dioses. Pero el hecho es que todas las civilizaciones disponían de un sistema más o menos organizado de pesas y medidas.

Fue la medida de longitudes la que se creó precedió a las de peso y capacidad, ya que constituía una de las primeras necesidades del hombre primitivo para fines de construcción. Con el transcurso del tiempo, el hombre aprendió a cultivar la tierra con lo que se dio origen a las unidades de capacidad para facilitar el intercambio de lo que cada uno producía por lo que producían los demás. El peso aparece más adelante, cuando el hombre aprendió a trabajar los metales, puesto que no se han encontrado restos de pesas ni balanzas en las ruinas más antiguas. La balanza más antigua encontrada, data del año 3800 a.C., es egipcia y cuyas pesas son de piedra caliza.

Las primeras **unidades de longitud** datan de la civilización egipcia y derivan de partes del cuerpo humano, siendo la primera unidad de medida lineal el *codo*, distancia del dedo anular al codo con la mano extendida. El *brazo*, era el doble de esta medida, distancia desde el dedo anular hasta el centro del pecho, y la *brazo* la distancia entre los dos dedos anulares con los brazos extendidos. La tercera parte del codo se conocía como el *palmo*, y la cuarta parte el *dedo*.

Los sumerios tenían como unidad fundamental para arquitectura el *pie*, que en su sistema equivalía a la mitad de un codo. Los griegos también usaban el *pie* como unidad de referencia de medida lineal, y según la leyenda era la medida real del pie de Hércules; sin embargo, no eran exactamente iguales las medidas del pie en las diversas ciudades de Grecia. Para distancias mayores, los griegos usaban el *paso*, y cada 100 pasos un *estadio* (aproximadamente 183 metros), siendo el nombre de esta última unidad la que se aplicó al campo deportivo donde se celebraban las carreras olímpicas.

El sistema de medidas de los romanos fue semejante al de los países del mediterráneo que conquistaron, con la diferencia de ser duodecimal, por lo que dividían el *pie* en 12 partes iguales. Tenían el *paso* que equivalía a 5 pies, y los 1000 pasos que hacía una *milla* romana. Puesto que los romanos dominaron la mayor parte de Europa, prevaleció el uso de estas unidades hasta la aparición del sistema métrico.

Al igual que en las unidades de longitud, las **unidades de capacidad** se relacionaron con el cuerpo humano. El *puñado* es considerado la primera de estas unidades siendo la cantidad que cabía en las dos manos juntas. Posteriormente las unidades de capacidad se basaban en recipientes hechos de cuero de animal, tales como jarros o cántaros, que facilitaban el intercambio entre tribus.

Es en una tumba egipcia donde se encuentran los restos más antiguos de dos medidas cilíndricas, una de cobre para medir vino y aceite y otra para medir grano. Las medidas de capacidad de los hebreos eran la *fánega* para productos áridos o secos, y el *jin* para líquidos, equivalente aproximadamente a 5 litros. Otras medidas como el *cascaron* de huevo, un *log*, equivalente a 6 cascarones, se usaban en tiempos primitivos.

Basado en narraciones del profeta Ezequiel en la Biblia, los judíos usaban una medida de mayor capacidad, denominada el *homer* o *gromor*, tanto para líquidos como para áridos. También tenían el *baño* que era la décima parte del homer y seis veces un jin.

Poco se sabe de las unidades de capacidad de los griegos y romanos, pues al ser de arcilla no sobrevivieron al paso de los siglos. Todo indica que los griegos usaron las mismas unidades que las creadas por las civilizaciones anteriores del Mediterráneo, con las que comerciaban. A su vez los romanos, se limitaron a latinizar las denominaciones griegas de estas unidades al conquistar Grecia.

Hoy en día se confunde el peso con la masa, en la antigüedad esto era muy común. Los antiguos hablan de unidades de peso, cuando realmente se trata de **unidades de masa**. El siguiente ejemplo, intentará aclarar esta diferencia. Si cualquiera requiere comprar un kilo de azúcar, lo que necesita de ese azúcar es su masa y no su peso, pues si quisiese su peso, usaría tierra u otra sustancia mucho más barata que el azúcar. Se debe, por tanto, tener presente que la *masa* es la cantidad de materia y *peso* es la fuerza con que la tierra atrae a esta cantidad de materia.

Las unidades de masa más antiguas fueron los *granos* (actualmente dentro del Sistema Anglosajón), principalmente los de trigo o arroz. Incluso el oro y la plata se medían con granos que nivelaban una balanza. Esta forma de pesar era muy imprecisa, pues dependía del peso de los granos elegidos, de su tamaño, de la humedad que tuviesen, etc.

La unidad de masa más antigua hecha por el hombre es el *siclo* usada por los fenicios y equivalente a 150 gramos. Otra es la *mina* de 746 gramos y el *talento* de 4000 gramos. La unidad del antiguo Egipto era el *tabnú*, entre 90 y 99 gramos, y en Asiria el *talento* de 30 gramos. El *siclo*, remontándose a tiempos bíblicos, era la unidad de masa y monetaria en todos los países del Medio Oriente.

Los griegos utilizaban el *estater*, basado en el *siclo* de los egipcios, que se dividía en 2 dracmas, y 50 estáteres hacían una mina.

Los romanos, con su sistema duodecimal, adoptaron la *libra*, con equivalencia de 327 gramos. Sin embargo, tomaron como base de sus unidades el *siclo* antiguo, denominando *uncia* a dos *siclos*. 12 *uncias* equivalían a una libra. También se usó el *óbolo*, siendo 0.568 gramos.

Debido a una u otra civilización, hacia el siglo V, en Europa había establecidos varios sistemas de pesas y medidas. Algunos habían sido mezclados con los sistemas de unidades romanos al ser conquistados por estos o por los germanos. Los sistemas carecían de lógica, conteniendo unidades procedentes de diversos orígenes sin relación unas con otras. Había, como en la actualidad, cuatro sistemas de numeración: el sistema decimal, atribuido a los chinos y a los egipcios, en el que las unidades se dividían en décimas, el sistema duodecimal, de los romanos, que tenía como divisores el número 12 y sus divisores, el binario, originario de los hindúes, con medios, cuartos, etc. y el sistema sexagesimal, de sumerios y babilonios, dividiendo las unidades entre 60, como se utiliza en ángulos y tiempo.

Como consecuencia de la caída del Imperio Romano, los sistemas de unidades se perdieron, casi por completo, en Europa debido a las guerras. En muchos lugares se regresó a las unidades denominadas naturales que existieron antes que los sistemas de unidades antiguos.

Los árabes conservaron algo de los sistemas antiguos, durante los siglos séptimo y octavo. En su expansión militar, se dedicaron a estudiar las artes y las ciencias de la antigüedad, y en particular la de los griegos.

Posteriormente hubo en toda Europa gobiernos más firmes cuyos reyes hicieron esfuerzo para salir de la situación de caos que imperaba en los sistemas de pesas y medidas, y trataron de normalizar las unidades en sus respectivos países. No tuvieron gran éxito, pues no trataron de implantar un sistema completo, sino simplemente regularizar las partes de los sistemas que ya existían.

En la Edad Media, era incontable el número de unidades existentes, muchas aún teniendo el mismo nombre presentaban valores diferentes. Esta situación continuó hasta el siglo XIX, cuando el estadounidense J.H. Alexander se dedicó a recopilar una relación de las unidades existentes, que aún lejos de ser completa, registraba 4000 unidades.

En los siglos XVI y XVII, en que el desarrollo de las ciencias comenzó a tomar fuerza, los científicos sintieron la necesidad de tener algo mejor que todo lo existente en cuanto a unidades de medida. La ciencia no podía progresar sin un sistema exacto,

uniforme e invariable de pesas y medidas. Los científicos, empujados a finales del siglo XVIII por esta necesidad, crearon el sistema métrico.

2.2.1. Sistemas anteriores al SI

Los científicos basaron los sistemas de unidades en una serie de fundamentos, expuestos a continuación.

Una cantidad física sólo se puede medir comparándola con otra de la misma naturaleza. Aquella tomada como referencia se denomina unidad y el valor de cualquier cantidad física, de la misma clase, se podrá definir por su relación con la unidad.

La unidad general de una magnitud física se define como su dimensión, existiendo para cada magnitud física una única dimensión si las unidades han de estar relacionadas únicamente por factores numéricos.

Con base en un sistema dimensional, se puede determinar un sistema de unidades, escogiendo para cada dimensión fundamental del sistema una unidad específica. A estas unidades se las denomina, unidades fundamentales, y las unidades físicas respectivas se conocen como magnitudes fundamentales.

Escogiendo las unidades fundamentales, una para cada dimensión y magnitud física, se pueden expresar todas las demás magnitudes físicas en función de las magnitudes fundamentales y de sus unidades. A todas las unidades que no son fundamentales se les denomina unidades derivadas.

2.2.1.1. Sistemas métricos de unidades

Los primeros sistemas métricos que se desarrollaron estaban orientados a la mecánica y al calor, y por tanto eran incompletos. Estos sistemas, que posteriormente sirvieron de base a los sistemas completos y finalmente al sistema internacional, fueron los sistemas CGS absoluto, MKS absoluto, MTS absoluto y MKS técnico.

➤ *Sistema CGS absoluto.*

Las unidades fundamentales que constituyen este sistema son el centímetro, el gramo masa, y el segundo de tiempo medido. Fue creado en 1795 y adoptado por Francia en 1799.

La unidad de longitud es la centésima parte del metro. La unidad de masa es la milésima parte del kilogramo, mientras que la unidad de tiempo es, la misma en todos los sistemas, el segundo de tiempo solar medio.

Este sistema presentaba varias objeciones, una era la utilización de múltiplos de unidades y no a las unidades mismas. Así mismo, las unidades derivadas para la fuerza y la energía eran demasiado pequeñas para fines prácticos.

➤ *Sistema MKS absoluto.*

El sistema MKS absoluto tiene como unidades fundamentales el metro, el kilogramo masa y el segundo. Tiene su origen en 1902 de la mano de Giovanni Giorgi siendo adoptado por la Comisión Electrotécnica Internacional en París en el año 1935.

Presentaba la ventaja frente al sistema CGS de utilizar patrones reales y no múltiplos, pero tenía la desventaja de dar unidades excesivamente grandes para las densidades y los gradientes.

➤ *Sistema MKS técnico.*

Se trata de un sistema gravitacional, por estar basado en la fuerza de atracción de la Tierra, y sus unidades fundamentales son el metro, el kilogramo fuerza y el segundo. Como el patrón o estándar de fuerza se define como el peso del kilogramo masa prototipo, la unidad fundamental de fuerza es variable, al variar dicho peso con la posición relativa al centro de la Tierra. Por acuerdo internacional, se determinó dicho un valor estándar para la constante de gravedad.

Este sistema tuvo mucho éxito entre los ingenieros y la industria., por las ventajas que ofrece para el trabajo práctico y para los cálculos numéricos.

2.2.1.2. *Sistemas métricos completos de unidades*

Posteriormente a los sistemas métricos, se idearon los sistemas completos, los cuales consistían en cinco unidades fundamentales para abarcar todo el campo de la física.

Hasta la aparición del Sistema Internacional, se encontraron doce sistemas completos de unidades, descritos en las tablas 2.1, 2.2 y 2.3.

Se puede observar que muchos sistemas, son muy parecidos, siendo algunos incluso iguales entre ellos, sólo diferenciados por cuales de las unidades son tomadas como básicas y cuales son derivadas.

Tabla 2.1. Sistemas métricos completos de unidades I

Sistema	<i>CGS simétrico</i>	<i>CGS electrostático</i>	<i>CGS electromagnético</i>	<i>QES</i>
Autor y año	Gauss-1833 Weber-1851	J.C. Maxwell 1863	J.C. Maxwell 1863	J.C Maxwell 1881
Longitud	cm	cm	cm	Cuadrante =10 ⁹ cm
Tiempo	s	s	s	s
Masa	g	g	g	10 ⁻¹¹ g
Fuerza	dina	dina	dina	centidina
Potencia	erg/s	erg/s	erg/s	watt
Energía	erg	erg	erg	joule
Temperatura	°C	°C	°C	°C
Carga eléctrica	estatcoulomb	estatcoulomb	abcoulomb	coulomb
Corriente	estatampere	estatampere	abampere	ampere
Resistencia	estatohm	estatohm	abohm	ohm
Constante dieléctrica	estatfarad/cm	estatfarad/cm	abfarad/cm	estatfarad/cm
Permeabilidad	abhenry/cm	estathenry/cm	abhenry/cm	estathenry/cm

Tabla 2.2. Sistemas métricos completos de unidades II

Sistema	<i>Electromagnético racionalizado</i>	<i>MKS</i>	<i>CGSS</i>	<i>Electrotécnico</i>
Autor y año	O. Heaviside 1892	G. Giorgi 1902	E. Bennett 1917	E. Weber 1932
Longitud	cm	m	cm	m
Tiempo	s	s	s	s
Masa	g	kg	10E7 g	kg
Fuerza	dina	joule/m	joule/cm	joule/cm
Potencia	erg/s	watt	watt	watt
Energía	erg	joule	joule	joule
Temperatura	°C	°C	°C	°C
Carga eléctrica	$(1/\sqrt{4\pi})$ abcoulomb	coulomb	coulomb	coulomb
Corriente	$(1/\sqrt{4\pi})$ abampere	ampere	ampere	ampere
Resistencia	(4π) abohm	ohm	ohm	ohm
Constante dieléctrica	$(1/\sqrt{4\pi})$ abfarad/cm	farad/m	farad/cm	farad/cm
Permeabilidad	(4π) abhenry/cm	henry/m	henry/cm	henry/cm

Tabla 2.3. Sistemas métricos completos de unidades III

Sistema	<i>Electrofísico</i>	<i>Definitivo</i>
Autor y año	E. Weber 1932	G.A. Campbell 1933
Longitud	cm	m
Tiempo	s	s
Masa	g	kg
Fuerza	dina	joule/m
Potencia	erg/s	watt
Energía	erg	joule
Temperatura	°C	°C
Carga eléctrica	abcoulomb	coulomb
Corriente	abampere	ampere
Resistencia	abohm	ohm
Constante dieléctrica	abfarad/cm	farad/m
Permeabilidad	abhenry/cm	henry/m

2.2. Sistema internacional de unidades

El Sistema Internacional de Unidades (SI) aparece, como tal, en el año 1960 en la Undécima Conferencia Internacional de Pesas y Medidas que se efectuó en Francia.

El sistema métrico anterior, el MKSA, desarrollado por Giovanni Giorgi, había logrado coherencia entre el metro, el kilogramo, el segundo y las unidades prácticas de electricidad, volt, ampere, joule, watt, ohm, coulomb y henry. Debido a el grado de perfección logrado por Giorgi con dicho sistema, fue el elegido para cimentar en él, el Sistema Internacional.

El Sistema Internacional consta de las siguientes unidades.

➤ Unidades Fundamentales:

Tabla 2.4. Unidades SI fundamentales

Magnitud	Nombre	Símbolo
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s
Intensidad de corriente eléctrica	ampere	A
Temperatura termodinámica	kelvin	K
Cantidad de sustancia	mol	mol
Intensidad luminosa	candela	cd

➤ Unidades Derivadas:

Una de las grandes ventajas del SI es que es un sistema coherente, es decir que las unidades derivadas se obtienen por combinación de las unidades fundamentales según fórmulas físicas.

A continuación se muestran algunos ejemplos:

Partiendo de la ecuación física que dice que la fuerza es igual a la masa por la aceleración: $f = m \cdot a$, y empleando las unidades fundamentales de masa (kg), longitud (m) y tiempo (s), se obtiene la unidad de fuerza:

$$\text{newton (N)} = \text{kg} \cdot (\text{m/s}^2).$$

Siendo el trabajo el producto de la fuerza empleada por la distancia recorrida, el joule (J) se obtiene multiplicando la unidad de fuerza por la unidad de distancia:

$$\text{joule (J)} = \text{N} \cdot \text{s}$$

La potencia se define como el trabajo desarrollado en la unidad de tiempo. La unidad de potencia es entonces:

$$\text{watt (W)} = \text{J} \cdot \text{s}$$

El potencial eléctrico o voltaje se define como la potencia dividida entre la intensidad de corriente. Entonces, la unidad de potencial eléctrico se define así:

$$\text{volt (V)} = \text{W} \cdot \text{A}$$

Y de esta forma se combinan las demás unidades, tanto fundamentales como derivadas, por estar relacionadas de acuerdo con las leyes relacionales de la física (tabla 2.5).

Tabla 2.5. Unidades SI derivadas con nombre propio

Magnitud	Nombre	Símbolo	Expresión en otras unidades SI	Expresión en unidades SI fundamentales
Frecuencia	hertz	Hz		s^{-1}
Fuerza	newton	N		$\text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$
Presión	pascal	Pa	$\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$	$\text{m}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$
Energía, trabajo, cantidad de calor	joule	J	$\text{N} \cdot \text{m}$	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$
Potencia	watt	W	$\text{J} \cdot \text{s}^{-1}$	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3}$
Cantidad de electricidad carga eléctrica	coulomb	C		$\text{s} \cdot \text{A}$
Potencial eléctrico, fuerza electromotriz	volt	V	$\text{W} \cdot \text{A}^{-1}$	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$
Resistencia eléctrica	ohm	W	$\text{V} \cdot \text{A}^{-1}$	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-2}$
Capacidad eléctrica	farad	F	$\text{C} \cdot \text{V}^{-1}$	$\text{m}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^4 \cdot \text{A}^2$
Flujo magnético	weber	Wb	$\text{V} \cdot \text{s}$	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-1}$
Inducción magnética	tesla	T	$\text{Wb} \cdot \text{m}^{-2}$	$\text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-1}$
Inductancia	henry	H	$\text{Wb} \cdot \text{A}^{-1}$	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-2}$

Varias de estas unidades SI derivadas se expresan simplemente a partir de las unidades SI fundamentales y derivadas (tabla 2.6). Otras pueden ser expresadas en función tanto de las unidades fundamentales como de aquellas derivadas con nombre propio (tabla 2.7). El sistema internacional también consta de unidades adimensionales indicadas en la tabla 2.8.

Tabla 2.6. Unidades SI derivadas

Magnitud	Nombre	Símbolo
Superficie	metro cuadrado	m ²
Volumen	metro cúbico	m ³
Velocidad lineal	metro por segundo	m/s
Aceleración lineal	metro por segundo cuadrado	m/s ²
Densidad	kilogramo por metro cúbico	kg/m ³
Velocidad angular	radián por segundo	rad/s
Aceleración angular	radián por segundo cuadrado	rad/s ²

Tabla 2.7. Unidades SI derivadas expresables en aquellas con nombre propio

Magnitud	Nombre	Símbolo	Expresión en unidades SI fundamentales
Viscosidad dinámica	pascal segundo	Pa·s	m ⁻¹ ·kg·s ⁻¹
Entropía	joule por kelvin	J/K	m ² ·kg·s ⁻² ·K ⁻¹
Capacidad térmica másica	joule por kilogramo kelvin	J/(kg·K)	m ² ·s ⁻² ·K ⁻¹
Conductividad térmica	watt por metro kelvin	W/(m·K)	m·kg·s ⁻³ ·K ⁻¹
Intensidad del campo eléctrico	volt por metro	V/m	m·kg·s ⁻³ ·A ⁻¹

Tabla 2.8. Unidades SI derivadas sin dimensión.

Magnitud	Nombre	Símbolo	Expresión en unidades SI básicas
Ángulo plano	Radián	rad	mm ⁻¹ = 1
Ángulo sólido	Estereorradián	sr	m ² m ⁻² = 1

Si una unidad SI derivada puede expresarse de varias formas equivalentes utilizando, bien nombres de unidades básicas y suplementarias, o bien nombres especiales de otras unidades SI derivadas, se admite el empleo preferencial de ciertas combinaciones o de ciertos nombres especiales, con el fin de facilitar la distinción entre magnitudes que tengan las mismas dimensiones. Por ejemplo, el hertz se emplea para la frecuencia, con preferencia al segundo a la potencia menos uno, y para el momento de fuerza, se prefiere el newton metro al joule.

2.3.1. Múltiplos y submúltiplos de las unidades del SI

El metro, unidad fundamental de longitud dentro del SI, es utilizado en la vida diaria para medir distancias cortas, casas, etc. Sin embargo, en otras ocasiones se tienen que medir otras distancias para las que el metro resulta muy grande o muy pequeño. Esto mismo ocurre con las demás unidades del Sistema Internacional.

Con el objetivo de dar solución a este problema, se establecen los múltiplos y submúltiplos comunes a todas las unidades, expresados por prefijos. Para evitar confusión se tomaron del griego los prefijos para formar los múltiplos (deca, hecto, kilo, etc.) y del latín los prefijos para formar los submúltiplos (deci, centi, mili, etc.) o unidades derivadas para medir magnitudes muy pequeñas.

Estos prefijos se agregan a la unidad, de modo que se forman nuevas palabras para representar múltiplos o submúltiplos. Así, se tienen como múltiplos del metro, el decámetro, equivalente a 10 metros; el hectómetro, equivalente a 100 metros y el kilómetro, equivalente a 1000 metros. Los submúltiplos del metro son: el decímetro, décima parte del metro; el centímetro, centésima parte del metro; y milímetro, milésima parte del metro.

El uso de prefijos comunes es realmente interesante pues son válidos para todas las unidades, pudiéndose hablar de decigramos, hectolitros, kilopascales o miliamperes.

En la siguiente tabla se representan los prefijos, equivalencias y símbolos utilizados en el SI.

Tabla 2.9. Prefijos, equivalencias y símbolos del SI

<i>Factor de equivalencia</i>	<i>Forma exponencial</i>	<i>Prefijo</i>	<i>Símbolo en el SI</i>
1000000000000	10^{12}	tera	T
1000000000	10^9	giga	G
1000000	10^6	mega	M
100000	10^5	hectokilo	hk
10000	10^4	miria	ma
1000	10^3	kilo	k
100	10^2	hecto (a)	h
10	10	deca	da
1 ——— unidad ———	—————1—————	—————	—————
0.1	10^{-1}	deci	D
0.01	10^{-2}	centi	C
0.001	10^{-3}	mili	M
0.000001	10^{-6}	micro	μ
0.000000001	10^{-9}	nano	N
0.0000000000001	10^{-12}	pico	P
0.0000000000000001	10^{-15}	femto	F
0.000000000000000001	10^{-18}	ato	a

2.3.2. Obligatoriedad de la utilización del SI

Según el artículo único del REAL DECRETO 1317/1989, de 27 de octubre de 1989 por el que se establecen las Unidades Legales de Medida, publicado el 3 de noviembre, se dice que:

<<El Sistema legal de Unidades de Medida obligatorio en España es el sistema métrico decimal de siete unidades básicas, denominado Sistema Internacional de Unidades (SI), adoptado en la Conferencia General de Pesas y Medidas y vigente en la Comunidad Económica Europea>>.

En la tabla siguiente, se recogen las distintas normativas publicadas en el Boletín Oficial del Estado (BOE).

Tabla 2.10. Normativas publicadas en el BOE

BOE nº 269 de 10 de noviembre de 1967	Ley 88/1967, de 8 de noviembre, declarando de uso legal en España el denominado Sistema Internacional de Unidades (SI)
BOE nº 110 se 8 de mayo de 1974	Decreto 1257/1974 de 25 de abril, sobre modificaciones del Sistema Internacional de Unidades, denominado SI, vigente en España por Ley 88/1967, de 8 de noviembre.
BOE nº 264 de 3 de noviembre de 1989	Real Decreto 1317/1989, de 27 de octubre, por el que se establecen las Unidades Legales de Medida
BOE nº 21 de 24 de enero de 1990	Corrección de errores del Real Decreto 1317/1989, de 27 de octubre, por el que se establecen las Unidades Legales de Medida
BOE nº 289 de 3 de diciembre de 1997	Real Decreto 1737/1997, de 20 de noviembre, por el que se modifica Real Decreto 1317/1989, de 27 de octubre, por el que se establecen las Unidades Legales de Medida

2.4. Sistema anglosajón

El sistema inglés tiene una antiquísima tradición histórica, pero resulta muy incómodo para usos técnicos y científicos. De hecho, el lenguaje científico anglosajón ha seguido los sistemas derivados del métrico, utilizándose únicamente el sistema anglosajón en aplicaciones comerciales e ingenieriles.

Los sistemas anglosajones están basados en la yarda, la libra y el segundo.

La yarda, sustituida en muchas ocasiones por su tercera parte denominado pie (*foot*), ha mantenido su valor durante cientos de años. Se definió en 1878 como la distancia entre dos marcas de un patrón metálico.

La libra (*pound*) es también una unidad muy antigua cuyo origen está relacionado con la Libra Romana. A lo largo de la historia, esta unidad de masa tuvo múltiples definiciones, hasta que en 1878 aparece la Libra Estándar Imperial, que se definía como la masa de un cierto lingote de platino de dimensiones específicas. De nuevo, en 1963, se redefine la libra, como exactamente igual a 0,45359237 kg.

Esta definición se tomó en el Reino Unido (UK) deliberadamente como número divisible por siete para facilitar las conversiones de granos (*grains*) a gramos. En los Estados Unidos (US) la libra utilizada se definió como equivalente a 0,4535924277 kg.

La unidad de tiempo es el segundo, que es internacional y lógicamente es equivalente al segundo utilizado en el SI.

La unidad de fuerza es el poundal, que es la que aplicada a una libra le produce una aceleración de un pie por segundo cada segundo ($\text{lb}\cdot\text{ft}/\text{s}^2$).

2.5. Definiciones de unidades

➤ Aceleración lineal

Se mide en el SI con la unidad derivada denominada metro por segundo por segundo [m/s^2].

- Gravedad (*g*): El Comité Internacional de Pesas y Medidas la define como $9,8665 \text{ m}/\text{s}^2$ o $32,174 \text{ pies}/\text{s}^2$.
- Metro por segundo cada segundo (m/s^2): 1 metro por segundo por segundo es la aceleración que experimenta un cuerpo en movimiento cuando cada segundo aumenta su velocidad 1 metro por segundo. Esta unidad se deriva de las dos unidades fundamentales metro y segundo.

➤ Ángulo plano

Se mide en el SI con la unidad suplementaria denominada radian [rd].

- Radián (rd): 1 radián es el ángulo plano que tiene su vértice en el centro de un círculo y que abarca sobre la circunferencia del círculo un arco de longitud igual a la del radio.

➤ Ángulo sólido

Se mide en el SI con la unidad suplementaria denominada estereorradián [sr].

- Estereorradián (sr): 1 estereorradián es el ángulo sólido que tiene su vértice en el centro de una esfera, cortando sobre la superficie de la misma un área igual a la del cuadrado que tiene por lado el radio de la esfera.

➤ Área o superficie

Se mide en el SI con la unidad derivada denominada metro cuadrado [m²].

- Metro cuadrado (m²): 1 metro cuadrado es el área de un cuadrado de 1 metro por lado. Esta unidad se deriva de la unidad fundamental metro.

➤ Cantidad de materia o de sustancia

Se mide en el SI con la unidad fundamental denominada mol [mol].

- Mol (mol): 1 mol es la cantidad de sustancia de un sistema que contiene tantas cantidades elementales como átomos hay en 0,012 kilogramos de carbono-12. Cuando se emplea el mol, deben especificarse dichas entidades elementales, que pueden ser átomos, moléculas, iones, electrones, otras partículas o grupos específicos de tales partículas.

➤ Capacidad térmica

Se mide en el SI con la unidad derivada denominada julio por kilogramo kelvin [J/(kg.K)].

- Julio por kilogramo kelvin (J/(kg.K)): 1 joule por kilogramo kelvin es la capacidad térmica másica de un cuerpo homogéneo de una masa de 1 kilogramo, en el que el aporte de una cantidad de calor de un joule, produce una elevación de temperatura termodinámica de 1 kelvin.

➤ Capacidad o capacitancia eléctrica

Se mide en el SI con la unidad derivada denominada faradio [F].

- Faradio (F): 1 faradio es la capacidad de un capacitor o condensador entre cuyas placas se origina una diferencia de potencial de 1 voltio cuando se carga con una cantidad de electricidad igual a 1 culombio. $F=C/V=(A.S)/V$. Esta unidad se deriva de dos unidades fundamentales, el amperio y el segundo, y de la unidad derivada voltio. Su nombre proviene del físico inglés Michael Faraday (1791-1867) cuyas investigaciones hicieron posible el transformador eléctrico.

➤ Carga eléctrica o cantidad de electricidad

Se mide en el SI con la unidad derivada denominada culombio [C].

- Culombio (C): 1 culombio es la cantidad de electricidad que transporta en 1 segundo una corriente de 1 amperio. $C=A.s$. Esta unidad se deriva de las dos unidades fundamentales amperio y segundo. Su nombre se le dio en honor del físico francés Charles Augustín Coulomb (1736-1806), uno de los primeros investigadores de la electricidad y el magnetismo.

➤ Conductancia eléctrica

Se mide en el SI con la unidad derivada denominada siemens [S].

- Siemens (S): 1 siemens es el recíproco de la resistencia de 1 ohm. $S=A/V$. Esta unidad se deriva de la unidad fundamental amperio y la unidad derivada voltio, y es la inversa del ohmio. Se le dio su nombre en honor de Karl Wilhelm Siemens (1823-1883), ingeniero alemán que posteriormente adoptó la nacionalidad inglesa y que realizó varios inventos, entre ellos un proceso de depositación electrolítica, un gobernador cronométrico o diferencial para máquinas de vapor y el dínamo o generador de corriente alterna.

➤ Conductividad térmica

Se mide en el SI con la unidad derivada denominada vatio por metro kelvin $[W/(m.K)]$.

- Vatio por metro kelvin $(W/(m.K))$: 1 vatio por metro kelvin $W/(m.K)$ es la conductividad térmica de un cuerpo homogéneo isótropo, en la que una diferencia de temperatura de 1 kelvin entre dos planos paralelos, de área 1 metro cuadrado y distantes 1 metro, produce entre estos planos un flujo térmico de 1 vatio

➤ Densidad de flujo magnético

Se mide en el SI con la unidad derivada denominada Tesla [T].

- Tesla (T): 1 tesla es la densidad de flujo magnético uniforme que, repartida normalmente en una superficie de 1 metro cuadrado, produce a través de esa superficie un flujo magnético total de 1 weber. $T=Wb/m^2=(V.s)/m^2$. Esta unidad se deriva de dos unidades fundamentales, el metro y el segundo, y una unidad derivada, el voltio. Se le dio este nombre en honor a Nikola Tesla (1856-1943), investigador que desarrolló el motor Tesla y un sistema de transmisión de energía eléctrica.

➤ Dosis absorbida de radiación

Se mide en el SI con la unidad derivada denominada gray [Gy].

- Gray (GY): 1 gray es la dosis absorbida equivalente a 1 julio de energía depositada por kilogramo de materia. $Gy=J/Kg$. Esta unidad adoptó su nombre en honor del físico inglés Louis Harold Gray (1905-1965), quien se especializó en radiobiología e inicio la aplicación de la misma al tratamiento del cáncer.

➤ Energía, trabajo y cantidad de calor

Se mide en el SI con la unidad derivada denominada julio [J].

- Caloría (Cal): Es la cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de un gramo de agua 1 °C a una temperatura preestablecida (15 °C) o (20 °C). Se suele utilizar con frecuencia la kilocaloría (o caloría kilogramo) que son 1000 calorías. La caloría (media) es 1/100 del calor requerido para elevar la temperatura de un gramo de agua de 0 °C a 10 °C.
- British Thermanl Units (BTU): Cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de 1 libra de agua 1 °F a una temperatura preestablecida. Generalmente se mencionan: btu (39 °F) y btu (60 °F). La btu (media) es 1/180 de la cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de 1 libra de agua de 32 °F a 212 °F.
- Julio (J): 1 julio es el trabajo que se realiza cuando se desplaza el punto de ubicación de una fuerza de 1 newton una distancia de 1 metro en la dirección de la fuerza. $J = N.m$. Esta unidad deriva su nombre del físico inglés James Prescott Joule (1818-1889) cuyas investigaciones condujeron a la ley de la conservación de la energía.

➤ Entropía

Se mide en SI con la unidad derivada denominada julio por kelvin [J/K].

- Julio por kelvin (J/K): 1 joule por kelvin es el aumento de entropía de un sistema que recibe una cantidad de calor de 1 joule, a la temperatura termodinámica constante de 1 kelvin, siempre que en el sistema no tenga lugar ninguna transformación irreversible.

➤ Flujo luminoso

Se mide en el SI con la unidad derivada denominada lumen [lm].

- Lumen (lm): 1 lumen es el flujo luminoso emitido en un ángulo sólido de 1 estereorradián por una fuente uniforme de punto de intensidad de 1 candela situada en el vértice del ángulo sólido. $lm=cd.sr$.

➤ Frecuencia

Se mide en el SI con la unidad derivada denominada hercio [Hz].

- Hercio (Hz): 1 herz es la frecuencia de un fenómeno periódico cuyo periodo es 1 segundo. Un herz representa un ciclo evento completo de un fenómeno repetitivo por segundo. $\text{Hz}=1/\text{s}$. Esta unidad deriva de la unidad fundamental, el segundo, y su nombre proviene del físico alemán Henrich Rudolf Herz (1857-1894), notable investigador en el campo de las ondas electromagnéticas.

➤ Flujo magnético

Se mide en el SI con la unidad derivada denominada weber [Wb].

- Weber (Wb): 1 weber es el flujo magnético que, ligando un circuito de 1 vuelta, produce en éste una fuerza electromotriz de 1 voltio al reducirse a cero a régimen uniforme en 1 segundo. $\text{Wb}=\text{V}\cdot\text{s}$. Esta unidad se deriva de la unidad fundamental segundo y de la unidad derivada voltio. Recibió su nombre en honor del físico alemán Wilhelm Weber (1804-1891), quien descubrió la relación entre la electricidad y el magnetismo.";

➤ Fuerza

Se mide en el SI con la unidad derivada denominada newton [N].

- Dina: Es la unidad de fuerza en sistema cegesimal y se define como la fuerza que actuando continuamente sobre una masa de 1 gramo le produce una aceleración uniforme de 1 cm/s^2 .
- Newton (N): 1 newton es la fuerza que da a una masa de 1 kilogramo una aceleración de 1 metro por segundo por segundo. $\text{N} = \text{kg}\cdot\text{m/s}^2$. Esta unidad se deriva de tres unidades fundamentales, el kilogramo, el metro y el segundo. Recibió su nombre en honor del físico inglés sir Isaac Newton (1643-1727) cuyas investigaciones le llevaron a establecer sus tres leyes del movimiento.

➤ Iluminación

Se mide en el SI con la unidad derivada denominada lux [lx].

- Lux (lx): 1 lux es la iluminación uniforme que produce un flujo luminoso de 1 lumen en una superficie de 1 metro cuadrado. $\text{lx}=\text{lm}/\text{m}^2=\text{cd}\cdot\text{sr}/\text{m}^2$. Esta unidad se deriva de dos unidades fundamentales, la candela y el metro, y de una unidad suplementaria, el estereorradián.

➤ Inductancia eléctrica

Se mide en el SI con la unidad derivada denominada henrio [H].

- Henrio (H): 1 henry es la inductancia de un circuito cerrado en el cual se produce una fuerza electromotriz de 1 voltio cuando la corriente eléctrica que pasa por el circuito varía uniformemente a razón de 1 ampere por segundo.
 $H = Wb/A = V \cdot s/A$. Esta unidad se deriva de dos unidades fundamentales el amperio y el segundo, y de una unidad derivada, el voltio. Recibió su nombre en honor de Josep Henry (1797-1878), físico estadounidense que descubrió los principios de la inducción eléctrica.

➤ Intensidad del campo eléctrico

Se mide en el SI con la unidad derivada denominada voltio por metro [V/m].

- Voltio por metro (V/m): 1 voltio por metro es la intensidad de un campo eléctrico, que ejerce una fuerza de 1 newton sobre un cuerpo cargado con una cantidad de electricidad de 1 culombio.

➤ Intensidad de corriente eléctrica

Se mide en el SI con la unidad fundamental denominada Amperio [A].

- Abamperio: es una unidad de intensidad de corriente eléctrica equivalente a 0,1 de la unidad de corriente en el sistema cgs.
- Amperio (A): 1 ampere o amperio es la intensidad de la corriente eléctrica constante tal que si circulase por dos conductores rectilíneos paralelos de longitud infinita y de sección transversal circular despreciable, colocados en el vacío separados por una distancia de 1 metro, produciría entre ambos conductores una fuerza igual a $2 \cdot 10^{-7}$ newton por metro de longitud. La fuerza producida se debe a los campos magnéticos de los conductores. Esta unidad fue denominada así en honor al físico francés André Marie Ampere (1775-1886), quien midió y analizo en 1920 los efectos magnéticos más importantes producidos por el paso de corrientes eléctricas uniformes a través de conductores.

➤ Intensidad luminosa

Se mide en el SI con la unidad fundamental denominada candela [cd].

- Candela (cd): (Unidad Fundamental) --> 1 candela es la intensidad luminosa, en la dirección perpendicular, de una superficie de 1/600 000 metro cuadrado de un cuerpo negro a la temperatura de solidificación del platino, a una presión de 101 325 newton por metro cuadrado, o sea a la presión atmosférica normal. La temperatura de solidificación del platino es de 2045 grados kelvin, o sea 1772 °C. Con este se calienta una cavidad radiante, la cual al llegar a dicha temperatura emite luz por su abertura pequeñísima (de 1,43 mm de diámetro), con intensidad de 1 candela, en dirección perpendicular al plano del orificio.

➤ Longitud

Se mide en el SI con la unidad fundamental denominada metro [m].

- Metro (m): 1 metro es la longitud igual a 1 650 763,3 longitudes de onda en el vacío de la radiación correspondiente a la transición entre los niveles 2p₁₀ y 5d₅ del átomo de kriptón-86. Para reproducir esta longitud se utiliza una lámpara de descarga de cátodo caliente con Kriptón, y se la excita por medio de una corriente eléctrica con la cual produce radiación con la longitud de onda definida.
- Pulgada: en Estados Unidos exactamente 1/39,37 metros. La pulgada británica en 1963 se redefinió como 0,9144/36 metros.

➤ Masa

Se mide en el SI con la unidad fundamental denominada kilogramo [kg].

- Kilogramo (kg): 1 kilogramo es la masa del prototipo internacional de una aleación de platino e iridio (90% de platino y 10% de iridio), sancionado por la Conferencia General de Pesas y Medidas que se efectuó en París en 1889 y que se conserva en una bóveda en el pabellón de Breteuil, en Sèvres, Francia, bajo custodia de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas. Este prototipo es un cilindro de aproximadamente 38 milímetros de altura y 38 milímetros de diámetro, y existen duplicados del mismo en todos los laboratorios de normas importantes del mundo.
- Libra (avdp): es una masa igual a 0,45359234 kg en Gran Bretaña e igual a 0,4535924277 kg en los Estados Unidos.

➤ Potencia y flujo de calor

Se mide en el SI con la unidad derivada denominada vatio [W].

- Horsepower (HP): --> Potencia equivalente a 550 pies.lb/s.
- Vatio (W): 1 vatio es la potencia que da origen a la producción de energía a razón de 1 joule por segundo. $W=J/s$. Esta unidad fue desarrollada por Wilhem Siemens en 1882. Se deriva de la unidad fundamental segundo y la unidad derivada joule, y recibió su nombre en honor de James Watt (1716-1819), quien desarrolló la unidad conocida como caballo de fuerza.

➤ Potencial eléctrico y fuerza electromotriz

Se mide en el SI con la unidad derivada denominada voltio [V].

- Voltio (V): 1 voltio es la diferencia de potencial eléctrico que existe entre dos puntos de un conductor por el que pasa una corriente de 1 ampere cuando la potencia que se disipa entre estos dos puntos es igual.

➤ Presión y esfuerzo

Se mide en el SI con la unidad derivada denominada Pascal [Pa].

- Atmósfera (atm): 1 atmósfera es la presión ejercida por una columna vertical de mercurio a 0 °C de 760 mm de longitud, (peso específico del mercurio = 13,5951 g/cm³ cuando la aceleración de la gravedad es 980,665 cm/s²).
- Pascal (Pa): 1 pascal es la presión uniforme que al actuar en una superficie plana de 1 metro cuadrado ejerce perpendicularmente a dicha superficie una fuerza total de 1 newton. Pa=N/m². Esta unidad se deriva de una unidad fundamental, el metro, y una unidad derivada, el newton. Su nombre proviene del matemático francés Blas Pascal (1623-1662), a quien se considera fundador de la hidrodinámica.

➤ Actividad, radiactividad e intensidad del manantial radiactivo

Se mide en el SI con la unidad derivada denominada becquerel [Bq].

- Becquerel (Bq): 1 becquerel es la unidad de actividad de desintegración por segundo. Bq=1/s. Esta unidad se deriva de una unidad fundamental, el segundo, y su nombre le fue dado en honor del físico francés Antoine Henri Becquerel (1852-1908), quien descubrió que los rayos emitidos por los minerales de uranio ionizaban el aire por el cual pasaban.

➤ Resistencia eléctrica

Se mide en el SI con la unidad derivada denominada ohmio [Ω].

- Ohmio (Ω): 1 ohmio es la resistencia eléctrica que hay entre dos puntos de un conductor cuando al aplicar una diferencia de potencial constante de 1 voltio entre los mismos puntos se produce en el conductor una corriente 1 amperio, no siendo el conductor fuente de fuerza electromotriz. $\Omega = V/A$. Esta unidad se deriva de la unidad fundamental amperio y la unidad derivada voltio y fue descubierta por el profesor Georg Simon Ohm (1787-1854), quien en sus clases de la Escuela Superior de Colonia, Alemania efectuó las mediciones que se establecieron la ley del Ohm.

➤ Temperatura termodinámica

Se mide en el SI con la unidad fundamental denominada kelvin [K].

- Grado centígrado o grado Celsius (°C): 1 grado Celsius (o centígrado) es un grado de la escala Celsius o centígrada de temperaturas, en la cual la temperatura de congelación del agua es 0 °C y la de ebullición 100 °C. El cero absoluto en esta escala es -273,16 °C. Esta unidad se deriva de una unidad fundamental, el Kelvin, o grado Kelvin siendo T(°C) = T(K) - 273,15, y su nombre proviene del astrónomo sueco Anders Celsius (1701-

1744), primero que describió el termómetro centígrado ante la academia Sueca de Ciencia en 1742.

- Kelvin (K): 1 kelvin se define como la fracción $1/273,16$ de la temperatura termodinámica del punto triple del agua. A la temperatura 0 K se le llama cero absoluto. La temperatura normal del triple punto del agua se logra por medio de una celda especial que es un cilindro de vidrio evacuado que contiene agua pura.

➤ Tiempo

Se mide en el SI con la unidad fundamental denominada segundo [s].

- Segundo (s): 1 segundo es la duración de 9 192 631 770 periodos de radiación correspondiente a la transmisión entre dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de Cesio-133 en estado molido. También se define como la fracción $1/31\,556\,925,9747$ del año trópico para 1900 enero cero, a las 12 horas del tiempo de las efemérides.

➤ Velocidad lineal

Se mide en el SI con la unidad derivada denominada metro por segundo [m/s].

- Metro por segundo (m/s): 1 metro por segundo es la velocidad que tiene un cuerpo en movimiento que recorre 1 metro cada segundo. Esta unidad se deriva de las dos unidades fundamentales metro y segundo.

➤ Viscosidad dinámica

Se mide en el SI con la unidad derivada denominada pascal segundo [Pa.s].

- Pascal segundo (Pa·s): 1 pascal segundo es la viscosidad dinámica de un fluido homogéneo, en el cual, el movimiento rectilíneo y uniforme de una superficie plana de 1 metro cuadrado, da lugar a una fuerza retardatriz de 1 newton, cuando hay una diferencia de velocidad de 1 metro por segundo entre dos planos paralelos separados por 1 metro de distancia.

➤ Volumen

Se mide en el SI con la unidad derivada denominada metro cúbico [m³].

- Metro cúbico (m³): 1 metro cúbico es el volumen que ocupa un cuerpo de forma cúbica de 1 metro por lado. Esta unidad se deriva de la unidad fundamental metro.

2.6. Factores de conversión

A continuación se muestran los factores de conversión de las unidades de medida más comúnmente utilizadas.

➤ Aceleración

Tabla 2.11. Factores de conversión de aceleración

	centímetros / segundo cuadrado	kilómetros / hora por segundo	metros / segundo cuadrado	millas / hora por minuto	millas / hora por segundo	pies / segundo por segundo
centímetros / segundo cuadrado	1,000E+00	3,600E-02	1,000E-02	1,342E+00	2,237E-02	3,281E-02
kilómetros / hora por segundo	2,778E+01	1,000E+00	2,778E-01	3,728E+01	6,214E-01	9,116E-01
metros / segundo cuadrado	1,000E+02	3,600E+00	1,000E+00	1,342E+02	2,237E+00	3,281E+00
millas / hora por minuto	7,452E-01	2,700E-04	7,452E-03	1,000E+00	1,667E-02	2,444E-02
millas / hora por segundo	4,471E+01	1,609E+00	4,471E-01	6,000E+01	1,000E+00	1,6667E+00
pies / segundo por segundo	3,049E+01	1,097E+00	3,049E-01	4,092E+01	6,000E-01	1,000E+00

➤ Ángulo Plano

Tabla 2.12. Factores de conversión de ángulo plano

	grados	minutos	segundos	radianes	revoluciones
grados	1,000E+00	6,000E+01	3,600E+03	1,745E-02	2,778E-03
minutos	1,667E-02	1,000E+00	6,000E+01	2,909E-04	4,630E-05
segundos	2,810E-01	1,667E-2	1,000E+00	4,848E-06	7,716E-07
radiánes	5,731E+01	34381E+00	2,063E+08	1,000E+00	1,592E-01
revoluciones	3,600E+04	2,160E+04	1,296E+06	6,283E+00	1,000E+00

➤ Área

Tabla 2.13. Factores de conversión de área I

	acres	centímetros cuadrados	decámetros cuadrados	decímetros cuadrados	hectómetros cuadrados	kilómetros cuadrados
acres	1,000E+00	4,047E+07	4,047E+01	4,047E+05	4,047E-01	4,047E-03
centímetros cuadrados	2,470E-08	1,000E+00	1,000E-06	1,000E-02	1,000E-08	1,000E-10
decámetros cuadrados	2,470E-02	1,00E+06	1,000E+00	1,000E+04	1,000E-02	1,000E-04

Tabla 2.14. Factores de conversión de área I (continuación)

	acres	centímetros cuadrados	decámetros cuadrados	decímetros cuadrados	hectómetros cuadrados	kilómetros cuadrados
decímetros cuadrados	2,470E-06	1,000E+02	1,000E-04	1,000E+00	1,000E-06	1,000E-08
hectómetros cuadrados	2,470E+00	1,000E+08	1,000E+02	1,000E+06	1,000E+00	1,000E-02
kilómetros cuadrados	2,470E+02	1,000E+10	1,000E+04	1,000E+08	1,000E+02	1,000E+00
metros cuadrados	2,470E-04	1,000E+04	1,000E-02	1,000E+02	1,000E-04	1,000E-06
milímetros cuadrados	2,470E-10	1,000E-02	1,000E-08	1,000E-04	1,000E-10	1,000E-12
millas cuadradas	6,400E+02	2,290E+10	2,590E+04	2,590E+08	2,590E+02	2,590E+00
pies cuadrados	2,300E-05	9,290E+02	9,290E-04	9,290E+00	9,290E-06	9,290E-08
pulgadas cuadradas	1,594E+00	6,452E+00	6,452E+06	6,452 E-02	6,452E-08	6,452E-10
yardas cuadradas	2,066E-04	8,361E+03	8,361E-03	8,361E+01	8,361E-05	8,361E-07

Tabla 2.15. Factores de conversión de área II

	metros cuadrados	milímetros cuadrados	millas cuadradas	pies cuadrados	pulgadas cuadradas	yardas cuadradas
acres	4,047E+03	4,047E+16	1,563E-03	4,356E+04	6,273E+06	4,840E+03
centímetros cuadrados	1,000E-04	1,000E+02	3,860E-11	1,076E-03	1,550E-01	1,196E-04
decámetros cuadrados	1,000E+02	1,000E+08	3,860E-05	1,076E+03	1,550E+05	1,196E+02
decímetros cuadrados	1,000E-02	1,000E+04	3,861E-09	1,076E-01	1,550E+01	1,196E-02
hectómetros cuadrados	1,000E+04	1,000E+10	3,861E-03	1,076E+05	1,550E+07	1,196E+04
kilómetros cuadrados	1,000E+06	1,000E+12	3,861E-01	1,076E+07	1,550E+09	1,196E+06
metros cuadrados	1,000E+00	1,000E+06	3,861E-07	1,076E+01	1,550E+03	1,196E+00
milímetros cuadrados	1,000E-06	1,000E+00	3,861E-13	1,076E-05	1,550E-03	1,200E-06
millas cuadradas	2,590E+06	2,590E+12	1,000E+00	2,790E+07	4,010E+09	3,10E+06
pies cuadrados	9,290E-02	9,290E+04	3,590E-08	1,000E+00	1,440E+02	1,111E-01
pulgadas cuadradas	6,452E-04	6,452E+02	2,490E-10	6,942E-03	1,000E+00	7,720E-04
yardas cuadradas	8,361E-01	8,361E+05	3,230E-07	9,000E+00	1,296E+03	1,000E+00

➤ Campo magnético

Tabla 2.16. Factores de conversión de campo magnético

	gauss	tesla	miligauss
gauss	1,000E+00	1,000E-04	1,000E+03
tesla	1,000E+04	1,000E+00	1,000E+07
miligauss	1,000E-03	1,000E-07	1,000E+00

➤ Densidad

Tabla 2.17. Factores de conversión de densidad

	slugs por pie cúbico	kilogramos por metro cúbico	gramos por centímetro cúbico	libras por pie cúbico	libras por pulgada cúbica
slugs por pie cúbico	1,000E+00	5,154E+02	5,154E-01	3,217E+01	1,860E-02
kilogramos por metro cúbico	1,940E-03	1,000E+00	1,000E-03	6,240E-02	3,610E-05
gramos por centímetro cúbico	1,940E+00	1,000E+03	1,000E+00	6,243E+01	3,610E-02
libras por pie cúbico	3,110E-02	1,602E+01	1,600E-02	1,000E+00	5,790E-04
libras por pulgada cúbica	5,371E-01	2,77E+04	2,768E+01	1,728E+03	1,000E+00

➤ Energía, trabajo y calor

Tabla 2.18. Factores de conversión de energía I

	unidad térmica británica por hora	caloría	electrón voltio	ergio	gramo centímetro	caballo de fuerza por hora
unidad térmica británica por hora	11,000E+00	2,520E+02	6,590E+21	1,050E+10	1,080E+07	3,930E-04
caloría	3,970E-03	1,000E+00	2,610E+19	4,190E+07	4,269E+04	1,560E-06
electrón voltio	1,520E-22	3,830E-20	1,000E+00	1,600E-12	1,630E-15	5,970E-26
ergio	9,481E-11	2,389E-08	6,242E-11	1,000E+00	1,020E-03	3,725E-14
gramo centímetro	9,290E-02	2,340E+01	6,120E+20	9,807E+02	1,000E+00	3,650E-05
caballo de fuerza por hora	2,544E+03	6,410E+05	1,680E+25	2,680E+13	2,740E+16	1,000E+00
julio	9,480E-04	2,389E-01	6,240E+18	1,00E+07	1,020E+04	3,730E-07
kilocaloría	3,970E+00	1,000E+03	2,610E+22	4,190E+10	4,270E+07	1,560E-03
kilovatio hora	3,412E+03	8,600E+05	2,250E+25	3,600E+13	3,670E+10	1,341E+00
libra pie	1,286E-03	3,238E-01	8,460E+18	1,360E+07	1,290E+03	5,050E-07
millón de electrón voltio	1,520E-16	3,830E-14	1,000E+06	1,600E-06	1,630E-09	5,970E-20

Tabla 2.19. Factores de conversión de energía II

	julio	kilocaloría	kilovatio hora	libra pie	millón de electrón voltio
unidad térmica británica por hora	1,054E+03	2,520E-01	2,930E-4	7,779E+02	6,590E+15
caloría	4,186E+00	1,000E-03	1,160E-06	3,088E+00	2,610E+13
electrón voltio	1,600E-19	3,827E-23	4,450E-26	1,180E-19	1,000E-06
ergio	1,000E-07	2,389E-11	2,778E-14	7,376E-8	6,240E-17
gramo centímetro	9,810E+00	2,342E+02	2,720E-05	7,720E-04	6,120E+14
caballo de fuerza por hora	2,680E+06	6,412E+02	7,457E-01	1,980E+06	1,680E+19
julio	1,000E+00	2,389E-04	2,780E-07	7,376E-01	6,240E+12
kilocaloría	4,190E+03	1,000E+00	1,160E-03	3,090E+03	2,610E+16
kilovatio hora	3,600E+06	8,600E+01	1,000E+00	2,660E+06	2,250E+19
libra pie	1,356E+00	3,238E-04	3,770E-07	1,000E+00	8,460E+12
millón de electrón voltio	1,600E-13	3,830E-17	4,450E-20	1,180E-13	1,000E+00

➤ Flujo magnético

Tabla 2.20. Factores de conversión flujo magnético

	maxwell	weber
maxwell	1,000E+00	1,000E-08
weber	1,000E+08	1,000E+00

➤ Fuerza

Tabla 2.21. Factores de conversión de fuerza

	dina	newton	libra	poundal	gramo fuerza	kilogramo fuerza
dina	1,000E+00	1,000E-05	2,250E-06	7,230E-05	1,020E-03	1,020E-06
newton	1,050E+05	1,000E+00	2,248E-01	7,233E+00	1,020E+02	1,020E-01
libra	4,450E+05	4,448E+00	1,000E+00	3,217E+01	4,536E+02	4,536E-01
poundal	1,380E+04	1,383E-01	3,110E-02	1,000E+00	1,410E+01	1,410E-02
gramo fuerza	9,807E+02	9,810E-03	2,210E-03	7,090E-02	1,000E+00	1,000E-03
kilogramo fuerza	9,810E+05	9,807E+00	2,205E+00	7,093E+01	1,000E+03	1,000E+00

➤ Intensidad de corriente eléctrica

Tabla 2.22. Factores de conversión de intensidad de corriente

	abamperes	amperios	culombios /segundo	estatamperes	faradays /segundo	micro amperios	mili amperios	nano amperios	pico amperios
abamperes	1,000E+00	1,000E+01	1,000E+01	3,000E+10	1,036E-04	1,000E+07	1,000E+04	1,000E+10	1,000E+13
amperios	1,000E-01	1,000E+00	1,000E+00	2,998E+09	1,036E-05	1,000E+06	1,000E+03	1,000E+09	1,000E+12
culombios /segundo	1,000E-01	1,000E+00	1,000E+00	2,998E+09	1,036E-05	1,000E+06	1,000E+03	1,000E+09	1,000E+12
estatamperes	3,336E-11	3,336E-10	3,336E-10	1,000E+00	3,460E-15	3,336E-04	3,336E-07	3,336E-01	3,336E+02
faradios /segundo	9,652E+05	9,652E+04	9,652E+04	2,890E+14	1,000E+00	9,652E+10	9,652E+07	9,652E+13	9,652E+16
microamperios	1,000E-07	1,000E-06	1,000E-06	2,99793E+03	1,036E-11	1,000E+00	1,000E-03	1,000E+03	1,000E+06
miliamperios	1,000E-04	1,000E-03	1,000E-03	2,998E+06	1,036E-08	1,000E+03	1,000E+00	1,000E+06	1,000E+09
nanoamperios	1,000E-10	1,000E-09	1,000E-09	2,998E+00	1,036E-14	1,000E-03	1,000E-06	1,000E+00	1,000E+03
picoamperios	1,000E-13	1,000E-12	1,000E-12	2,998E-03	1,036E-17	1,000E-06	1,000E-09	1,000E-03	1,000E+00

➤ Masa

Tabla 2.23. Factores de conversión de masa I

	centigramos	decagramos	decigramos	dinas	gramos	hectogramos
centigramos	1,000E+00	1,000E-03	1,000E-01	9,807E+00	1,000E-02	1,000E-04
decagramos	1,000E+03	1,000E+00	1,000E+02	9,807E+03	1,000E+01	1,000E-01
decigramos	1,000E+01	1,000E-02	1,000E+00	9,807E+01	1,000E-01	1,000E-03
dinas	1,020E-01	1,020E-04	1,020E-02	1,000E+00	1,020E-03	1,020E-05
gramos	1,000E+02	1,000E-01	1,000E+01	9,807E+02	1,000E+00	1,000E-02
hectogramos	1,000E+04	1,000E+01	1,000E+03	9,807E+04	1,000E+02	1,000E+00
kilogramos	1,000E+05	1,000E+02	1,000E+04	9,807E+05	1,000E+03	1,000E+01
libras	4,536E+04	4,536E+01	4,536E+03	4,448E+05	4,536E+02	4,536E+00
miligramos	1,000E-01	1,000E-04	1,000E-02	9,807E-01	1,000E-03	1,000E-05
onzas	2,835E+03	2,835E+00	2,835E+02	2,760E+04	2,835E+01	2,835E-01
toneladas	1,000E+08	1,000E+05	1,000E+07	9,807E+08	1,000E+06	1,000E+04

Tabla 2.24. Factores de conversión de masa II

	kilogramos	libras	miligramos	onzas	toneladas
centigramos	1,000E-05	2,200E-05	1,000E+01	3,553E-04	1,000E-08
decagramos	1,000E-02	2,205E-02	1,000E+04	3,553E-01	1,000E-05
decigramos	1,000E-04	2,205E-04	1,000E+02	3,553E-03	1,000E-07
dinas	1,020E-06	2,205E-06	1,012E+00	3,620E-05	1,020E-09
gramos	1,000E-03	2,205E-03	1,000E+03	3,553E-02	1,000E-06
hectogramos	1,000E-01	2,205E-01	1,000E+05	3,553E+00	1,000E-04
kilogramos	1,000E+00	2,205E+00	1,000E+06	3,553E+01	1,000E-03
libras	4,536E-01	1,000E+00	4,536E+05	1,612E+01	4,536E-04
miligramos	1,000E-06	2,205E-06	1,000E+00	3,553E-05	1,00E-09
onzas	2,835E-02	6,250E-02	8,350E+03	1,000E+00	2,830E-05
toneladas	1,000E+03	2,205E+03	1,000E+09	3,553E+04	1,000E+00

➤ Potencia

Tabla 2.25. Factores de conversión de potencia

	unidad térmica británica por hora	libra pie por segundo	caballo de fuerza	caloría por segundo	kilovatio	vatio
unidad térmica británica por hora	1,000E+00	2,161E-01	3,930E-04	7,000E-02	2,930E-04	2,930E-01
libra pie por segundo	4,628E+00	1,000E+00	1,820E-03	3,239E-01	1,356E-03	1,356E+00
caballo de fuerza	2,545E+03	5,500E+02	1,000E+00	1,781E+02	7,457E-01	7,457E+02
caloría por segundo	1,429E+01	3,088E+00	5,620E-03	1,000E+00	4,186E-03	4,186E+00
kilovatio	3,413E+03	7,376E+02	1,341E+00	2,389E+02	1,000E+00	1,000E+03
vatio	3,413E+00	7,376E+01	1,341E-03	2,389E-01	1,000E+03	1,000E+00

➤ Presión

Tabla 2.26. Factores de conversión de presión

	atmósfera	dina por centímetro cuadrado	pulgada de agua 4 °C	centímetros de mercurio a 0 °C	pascal	libra por pulgada cuadrada	libra por pie cuadrado
atmósfera	1,000E+00	1,010E+06	4,068E+02	7,600E+01	1,010E+05	1,470E+01	2,116E+03
dina por centímetro cuadrado	9,870E+07	1,000E+00	4,020E-04	7,500E-05	1,000E-01	1,410E-05	2,090E-03
pulgada de agua 4 °C	2,460E-03	2,491E+03	1,000E+00	1,868E-01	2,491E+02	3,610E-02	5,202E+00
centímetros de mercurio a 0 °C	1,320E-02	1,330E+04	5,353E+00	1,000E+00	1,333E+04	1,934E-01	2,785E+01
pascal	9,870E-06	1,000E+01	4,020E-03	7,500E-04	1,000E+00	1,450E-04	2,090E-02
libra por pulgada cuadrada	6,810E-02	6,990E+04	2,768E+01	5,171E+00	6,990E+03	1,000E+00	1,440E+02
libra por pie cuadrado	4,73E-04	4,788E+02	1,922 E-01	3,590E-02	4,788E+01	6,940E-03	1,000E+00

➤ Tiempo

Tabla 2.27. Factores de conversión de tiempo

	año	día	hora	minuto	segundo
año	1,000E+00	3,653E+02	8,77E+03	5,260E+05	3,160E+07
día	2,740E-03	1,000E+00	2,400E+01	1,440E+03	8,640E+04
hora	1,140E-04	4,170E-02	1,000E+00	6,000E+01	3,600E+03
minuto	1,900E-06	6,940E-04	1,670E-02	1,000E+00	6,000E+01
segundo	3,170E-08	1,160E-05	2,780E-04	1,670E-02	1,000E+00

➤ Temperatura

Tabla 2.28. Factores de conversión de temperatura

	grado centígrado	grado fahrenheit	grado kelvin	grado rankine
grado centígrado	Num*	$(1,8 * \text{Num}) + 32$	$\text{Num} + 273,2$	$1,8 * (\text{Num} + 32) + 459,7$
grado fahrenheit	$1 / [1,8 * (\text{Num} - 32)]$	Num	$1 / [1,8 * (\text{Num} - 32) + 273,2]$	$\text{Num} + 459,7$
grado kelvin	$\text{Num} - 273,2$	$1,8 * (\text{Num} - 273,2) + 32$	Num	$1,8 * (\text{Num} - 273,2) + 32 + 459,7$
grado rankine	$1 / [1,8 * (\text{Num} - 459,7 - 32)]$	$\text{Num} - 459,7$	$1 / [1,8 * (\text{Num} - 459,7 - 32) + 273,2]$	Num

* Número de veces de la unidad de origen (columna de la izquierda) que se pretenda convertir.

➤ Velocidad

Tabla 2.29. Factores de conversión de velocidad

	pies por segundo	kilómetros por hora	metros por segundo	millas por hora	centímetros por segundo
pies por segundo	1,000E+00	1,097E+00	3,048E-01	6,818E-01	3,048E+01
kilómetros por hora	9,113E-01	1,000E+00	2,778E-01	6,214E-01	2,778E+01
metros por segundo	3,821E+00	3,600E+00	1,000E+00	2,237E+00	1,000E+02
millas por hora	1,467E+00	1,609E+00	4,470E-01	1,000E+00	4,470E+01
centímetros por segundo	3,281E-02	3,600E-02	1,000E-02	2,237E-02	1,000E+00

➤ Volumen

Tabla 2.30. Factores de conversión de volumen I

	centilitros	centímetros cúbicos	decalitros	decámetros cúbicos	decímetros cúbicos	galones	hectolitros	hectómetros cúbicos	kilolitros
centilitros	1,000E+00	1,000E+01	1,000E-03	1,000E-08	1,000E-02	2,200E-03	1,000E-04	1,000E-11	1,000E-05
centímetros cúbicos	1,000E-01	1,000E+00	1,000E-04	1,000E-09	1,000E-03	2,200E-04	1,000E-05	1,000E-12	1,000E-06

Tabla 2.31. Factores de conversión de volumen I (continuación)

	centilitros	centímetros cúbicos	decalitros	decámetros cúbicos	decímetros cúbicos	galones	hectolitros	hectómetros cúbicos	kilolitros
decalitros	1,000E+03	1,000E+04	1,000E+00	1,000E-05	1,000E+01	2,200E+00	1,000E-01	1,000E-08	1,000E-02
decámetros cúbicos	1,000E+08	1,000E+09	1,000E+05	1,000E+00	1,000E+06	2,200E+05	1,000E+04	1,000E-03	1,000E+03
decímetros cúbicos	1,000E+02	1,000E+03	1,000E-01	1,000E-06	1,000E+00	2,200E-01	1,000E-03	1,000E-09	1,000E-03
galones	4,546E+02	4,546E+03	4,546E-01	4,546E-06	4,546E+00	1,000E+00	4,546E-02	4,546E-09	4,546E-03
hectolitros	1,000E+04	1,000E+05	1,000E+01	1,000E-04	1,000E+02	2,200E+01	1,000E+00	1,000E-07	1,000E-01
hectómetros cúbicos	1,000E+11	1,000E+12	1,000E+08	1,000E+03	1,000E+09	2,200E+08	1,000E+07	1,000E+00	1,000E+06
kilolitros	1,000E+05	1,000E+06	1,000E+02	1,000E-03	1,000E+03	2,200E+02	1,000E+01	1,000E-06	1,000E+00
kilómetros cúbicos	1,000E+14	1,000E+15	1,000E+11	1,000E+06	1,000E+12	2,200E+11	1,000E+10	1,000E+03	1,000E+09
litro	1,000E+02	1,000E+03	1,000E-01	1,000E-06	1,000E+00	2,200E-01	1,000E-02	1,000E-09	1,000E-03
metros cúbicos	1,000E+05	1,000E+06	1,000E+02	1,000E-03	1,000E+03	2,200E+02	1,000E+01	1,000E-06	1,000E+00
mililitros	1,000E-01	1,000E+00	1,000E-04	1,000E-09	1,000E-03	2,200E-04	1,000E-05	1,000E-12	1,000E-06
milímetros cúbicos	1,000E-04	1,000E-03	1,000E-07	1,000E-12	1,000E-06	2,200E-07	1,000E-08	1,000E-15	1,000E-09

Tabla 2.32. Factores de conversión de volumen I (continuación)

	centilitros	centímetros cúbicos	decalitros	decámetros cúbicos	decímetros cúbicos	galones	hectolitros	hectómetros cúbicos	kilolitros
pies cúbicos	2,832E+03	2,832E+04	2,832E+00	2,832E-05	2,832E+01	6,229E+00	2,832E-01	2,832E-08	2,832E-02
pulgadas cúbicas	1,639E+00	1,639E+01	1,639E-03	1,639E-08	1,639E-02	3,605E-03	1,639E-04	1,639E-11	1,639E-05
yardas cúbicas	7,646E+04	7,646E+05	7,646E+01	7,646E-04	7,646E+02	1,682E+02	7,646E+00	7,646E-07	7,646E-01

Tabla 2.33. Factores de conversión de volumen II

	kilómetros cúbicos	litros	metros cúbicos	mililitros	milímetros cúbicos	pies cúbicos	pulgadas cúbicas	yardas cúbicas
centilitros	1,000E-14	1,000E-02	1,000E-05	1,000E+01	1,000E+04	3,532E-04	6,103E-01	1,308E-05
centímetros cúbicos	1,000E-15	1,000E-03	1,000E-06	1,000E+00	1,000E+03	3,532E-05	6,103E-02	1,308E-06
decalitros	1,000E-11	1,000E+01	1,000E-02	1,000E+04	1,000E+07	3,532E-01	6,103E+02	1,308E-02
decámetros cúbicos	1,000E-06	1,000E+06	1,000E+03	1,000E+09	1,000E+12	3,532E+04	6,103E+07	1,308E+03
decímetro cúbicos	1,000E-12	1,000E+00	1,000E-03	1,000E+03	1,000E+06	3,532E-02	6,103E+01	1,308E-03
galones	4,546E-12	4,546E+00	4,546E-03	4,546E+03	4,546E+06	1,606E-01	2,774E+02	5,946E-03

Tabla 2.34. Factores de conversión de volumen II (continuación)

	kilómetros cúbicos	litros	metros cúbicos	mililitros	milímetros cúbicos	pies cúbicos	pulgadas cúbicas	yardas cúbicas
hectolitros	1,000E-10	1,000E+02	1,000E-01	1,000E+05	1,000E+08	3,532E+00	6,103E+03	1,308E-01
hectómetros cúbicos	1,000E-03	1,000E+09	1,000E+06	1,000E+12	1,000E+15	3,532E+07	6,103E+10	1,308E+06
kilolitros	1,000E-09	1,000E+03	1,000E+00	1,000E+06	1,000E+09	3,532E+01	6,103E+03	1,308E+00
kilómetros cúbicos	1,000E+00	1.00E+12	1,000E+09	1,000E+15	1,000E+18	3,532E+10	6,103E+13	1,308E+09
litros	1,000E-12	1,000E+00	1,000E-03	1,000E+03	1,000E+06	3,532E-02	6,103E+01	1,308E-03
metros cúbicos	1,000E-09	1,000E+03	1,000E+00	1,000E+06	1,000E+09	3,532E+01	6,103E+04	1,308E+00
mililitros	1,000E-15	1,000E-03	1,000E-06	1,000E+00	1,000E+03	3,532E+00	6,103E-02	1,308E-06
milímetros cúbicos	1,000E-18	1,000E-06	1,000E-09	1,000E-03	1,000E+00	3,532E-08	6,103E-05	1,308E-09
pies cúbicos	2,832E-11	2,832E+01	2,832E-02	2,832E+04	2,832E+07	1,000E+00	1,728E+03	3,704E+02
pulgadas cúbicas	1,639E-14	1,639E-02	1,639E-05	1,639E+01	1,639E+04	5,790E-04	1,000E+00	2,140E-05
yardas cúbicas	7,646E-10	7,646E+07	7,646E-01	7,646E-05	7,646E+08	2,700E+01	4,666E+04	1,000E+00

2.7. Ortografía técnica

Las unidades de medida, así como los números que las acompañan, no se pueden expresar de cualquier manera. Existen una serie de normas y recomendaciones que se deben seguir a la hora de abordar un texto científico.

2.7.1. Normas ISO y UNE

La manera en que se deben expresar las unidades de medida viene recogida en las normas internacionales ISO (*International Organization for Standardization*), que afectan tanto a sajones como a latinos y que han sido traducidas y numeradas con un sistema propio denominándose UNE (Una Norma Española).

A continuación se muestra la tabla 2.27 con aquellas normas ISO y su traducción en UNE sobre las que se basan los siguientes apartados.

Tabla 2.35. Normas ISO y UNE

Norma ISO	Norma UNE	Tema
ISO 31	UNE 5-100	Signos y símbolos matemáticos utilizados en las ciencias físicas en tecnología.
ISO 1000	UNE 5-002	Unidades SI y recomendaciones para el empleo de sus múltiplos y submúltiplos y de algunas otras unidades.
CEI 27	UNE 21 405	Símbolos literales utilizados en electrotecnia.
CEI 375	UNE 21 336	Convenciones relativas a los circuitos eléctricos y magnéticos.

2.7.2. Escritura de símbolos

- Al expresar cantidades, el número debe ir seguido del símbolo de su unidad, no de alguna abreviatura de la unidad, dejando un espacio entre el valor numérico y el símbolo de la unidad.

Esta regla se debe aplicar a cualquier símbolo que siga a un número, no solo aquellos símbolos de unidades.

Correcto: 5 s, 3 %

Incorrecto: 5s, 5 seg, 3%

- Los símbolos de las unidades siempre deben escribirse con caracteres rectos independientemente del tipo de letra empleada en el texto. Deben ser escritos sin punto final (salvo exigencias de la puntuación normal, como final de frase), y sin modificación alguna en el uso del plural (UNE 5 002 apartado 4.5.1).

Correcto: 4 m

Incorrecto: 4 m

Con frecuencia se ve en la señalización de carreteras: “A.....100 kms”. Lo que constituye un error (“A.....100 km” sería lo correcto).

- Los símbolos de las unidades deben estar escritos en minúsculas, pero si el nombre de la unidad deriva de un nombre propio la primera letra debe ser mayúscula (UNE 5 002 apartado 4.5).

Por ejemplo: N (newton), W (vatio), Hz (hercio), etc.

Quando se usa el nombre completo de las unidades fundamentales y derivadas o de sus múltiplos y submúltiplos, debe escribirse con minúscula incluso si procede de un nombre propio (ejemplo: pascal, newton, joule). Se exceptúa Celsius en "grado Celsius".

- Los símbolos de los prefijos también deben escribirse en tipos rectos (romanos), pero sin dejar espacio entre el prefijo y el símbolo de la unidad.

Los prefijos de los múltiplos y submúltiplos de las unidades iguales o inferiores a 10^3 se escriben en minúscula, es decir desde k (kilo) hacia abajo, y superiores a 10^3 en mayúsculas, es decir desde M (mega) hacia arriba (tabla 5 de UNE 5 002).

Un *error muy frecuente* es escribir el símbolo del kilogramo con primera letra mayúscula:

Correcto: kg

Incorrecto: Kg

Los prefijos deben utilizarse aisladamente, no se pueden combinar para usar prefijos compuestos.

Correcto: GHz (gigahercio)

Incorrecto: kMHz (kilomegahercio)

No deben usarse prefijos con la unidad °C.

- El símbolo de la unidad se sitúa detrás del símbolo del prefijo sin espacio alguno, formando un nuevo símbolo. Que al igual que el símbolo de la unidad se puede elevar a un exponente.

Nota: km^2 significa $(\text{km})^2$ y nunca $\text{k}(\text{m})^2$

El producto de los símbolos de dos o más unidades se indica por medio de un punto entre ambos símbolos, o un espacio entre ambos, nunca por medio de un aspa x.

Por ejemplo: Newton por metro

Correcto: N.m, Nm

Incorrecto: Nxm o mN que significa milinewton.

Cuando una unidad derivada sea cociente de otras dos, debe utilizarse barra horizontal, barra oblicua (/) entre ellas, o bien el uso de potencias negativas para evitar el denominador. Jamás deben utilizarse en una misma línea más de una barra oblicua, a no ser que se añadan paréntesis a fin de evitar toda ambigüedad. En los casos complejos es recomendable el uso de potencias negativas.

Correcto: m/s, m.s

Incorrecto: m/s/s

En intervalo de medidas no es correcto suprimir la unidad del primer miembro del intervalo.

Correcto: 25 m – 40 m o bien (25 – 40) m

Incorrecto: 25 – 40 m

2.7.3. Escritura de números

- La lectura los números de muchas cifras se puede facilitar separándose en grupos apropiados, preferentemente de tres cifras, a contar desde el signo decimal en uno u otro sentido; los grupos deben ir separados por un espacio, pero nunca por un punto u otro signo de puntuación (UNE 5 100 apartado 3.3.1).

Correcto: 1 000

Incorrecto: 1,000 o 1.000 (este último caso es costumbre sajona)

- El signo decimal es una coma en la parte baja de la línea, no un punto o una coma en la parte superior (apóstrofe) como viene siendo habitual. Si el valor

absoluto de un número es inferior a la unidad, el signo decimal debe ir precedido de un cero (UNE 5 100 apartado 3.3.2).

Correcto: 2,13

Incorrecto: 2'13 o 2.13 (como los sajones)

- El signo de multiplicar es un aspa (x) o un punto a media línea (·) (UNE 5 100 apartado 3.3.3). Debe evitarse el uso de * para la multiplicación.
- Cuando en el texto se mencione una unidad sin que vaya precedida de un número, debe escribirse con todas las letras. Por el contrario siempre que se indique un número aunque sea pequeño, debe ir seguido del símbolo de su unidad, no del nombre completo y además el número debe escribirse en cifras.

Correcto: valores en metros, 2 m

Incorrecto: valores en m, 2 metros o dos m

Los adjetivos numerales inferiores a treinta se escriben con letras.

Correcto: motor de cuatro tiempos

Incorrecto: motor de 4 tiempos

2.7.4. Símbolos literales utilizados en electrotecnia (UNE 21 405)

- Los símbolos de unidades se escriben en caracteres romanos (verticales, normales y sin cursiva), como se indica anteriormente en este capítulo.

Ejemplos: W (vatio), m (metro)

- Los símbolos de las magnitudes se escriben en cursiva.

Ejemplos: *P* (potencia), *U* (tensión)

- Para los subíndices y los superíndices, la *cursiva* representa una cantidad física.

Ejemplos: I_{λ} (λ representa longitud de onda)

\square_{axbx} (x representa un número que varía)

Los subíndices y superíndices se escriben con letra redonda en el resto de los casos, es decir, cuando las letras representan números.

Ejemplos: C_g (g: gas), \square_r (r: relativo)

- Deben evitarse múltiples niveles de sub-superíndices, intentando poner al mismo nivel los sub-superíndices, separados con un pequeño espacio.

Ejemplos: Rm máx (valor máximo de la reluctancia)

- Las demás reglas y normas han sido explicadas anteriormente al no ser exclusivas de electrotecnia.