

## I. DISPOSICIONS GENERALS

### MINISTERI D'INDÚSTRIA, COMERÇ I TURISME

**4707** *Reial decret 493/2020, de 28 d'abril, pel qual es modifica el Reial decret 2032/2009, de 30 de desembre, pel qual s'estableixen les unitats legals de mesura.*

El sistema legal d'unitats de mesura vigent a Espanya és, tal com estableix l'article segon de la Llei 32/2014, de 22 de desembre, de metrologia, el sistema internacional d'unitats (SI) adoptat per la Conferència General de Pesos i Mesures (CGPM) i vigent a la Unió Europea.

El Reial decret 2032/2009, de 30 de desembre, pel qual s'estableixen les unitats legals de mesura, implanta les definicions de les unitats, els seus noms i símbols, així com les regles per a la formació dels seus múltiples i submúltiples de conformitat amb els acords de la CGPM i la normativa de la Unió Europea.

En l'àmbit de la Unió Europea la regulació es basa en la Directiva del Consell 80/181/CEE, de 20 de desembre de 1979, relativa a l'aproximació de les legislacions dels estats membres sobre les unitats de mesura, que derogava la Directiva 71/354/CEE i que ha estat successivament modificada per la Directiva 85/1/CEE del Consell, de 18 de desembre de 1984; la Directiva 89/617/CEE del Consell, de 27 de novembre de 1989; la Directiva 1999/103/CEE del Parlament Europeu i del Consell, de 24 de gener de 2000, i la Directiva 2009/3/CEE del Parlament Europeu i del Consell, d'11 de març de 2009, i més recentment per la Directiva 2019/1258 de la Comissió, de 23 de juliol de 2019, per la qual es modifica, per adaptar-lo al progrés tècnic, l'annex de la Directiva 80/181/CEE del Consell pel que fa a les definicions de les unitats bàsiques del sistema internacional, que modifica i adapta les noves definicions de les unitats bàsiques adoptades en la sessió vuitena de la 26a CGPM.

En el pla dels acords de la CGPM, l'SI ha estat successivament modificat per adaptar-lo a les noves necessitats i a les millores tècniques. L'última revisió l'ha adoptat la 26a CGPM el novembre de 2018, després d'anys de treball i com a continuïtat a les decisions adoptades a la Resolució 1 de la 24a CGPM l'any 2011 relativa a abordar una nova manera de definir les set unitats bàsiques de l'SI a partir de constants fonamentals de la física o altres constants de la natura, i en la 25a CGPM el 2014, en què es va reafirmar aquesta decisió.

Es tracta de la revisió més important de l'SI, des que es va establir amb aquest nom l'any 1960. Les redefinicions de les unitats de l'SI s'ancoren a constants universals, acuradament elegides, per definició invariables, que les fan vàlides de manera atemporal i en deixen obertes les realitzacions pràctiques a millores futures segons com evolucioni la ciència. És un canvi substancial, conceptual i paradigmàtic de l'SI. Les realitzacions pràctiques de les unitats resulten separades conceptualment de les seves definicions, de manera que les unitats es poden realitzar, per principi, independentment a qualsevol lloc i temps, i amb això es poden afegir noves realitzacions millorades a mesura que es desenvolupin les tecnologies, sense necessitat de redefinir la unitat. A l'SI revisat, el quilogram, l'ampere, el kelvin i el mol es redefeixen en funció de valors numèrics fixos de les constants físiques definitòries elegides: constant de Planck ( $h$ ), càrrega elemental ( $e$ ), constant de Boltzmann ( $k$ ) i constant d'Avogadro ( $N_A$ ), respectivament. Així mateix, s'adapten les definicions del metre, el segon i la candela, ja basades en l'actualitat respectivament en la constant de la velocitat de la llum en el buit ( $c$ ), la freqüència de la transició hiperfina de l'estat fonamental no pertorbat de l'àtom de cesi 133 ( $\Delta\nu_{Cs}$ ), i l'eficàcia lluminosa d'una radiació monocromàtica de  $540 \times 10^{12}$  Hz ( $K_{cd}$ ).

Aquesta significativa revisió de l'SI, així com la transposició de la Directiva 2019/1258 de la Comissió, fan necessari modificar el Reial decret 2032/2009, de 30 de desembre, pel qual s'estableixen les unitats legals de mesura.

Aquest projecte és conforme a l'atribució que recull la disposició final primera de la Llei 32/2014, de 22 de desembre, de metrologia, que atorga al Govern, a proposta del Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme (actualment, Ministeri d'Indústria, Comerç i Turisme), la potestat per dictar totes les disposicions reglamentàries que es requereixin per garantir el desplegament i l'execució de la Llei esmentada.

Per la seva banda, l'article 3 de la Llei 32/2014, de 22 de desembre, estableix que correspon al Govern, mitjançant un reial decret i de conformitat amb les resolucions de la CGPM i amb la normativa de la Unió Europea, l'establiment de les definicions de les unitats bàsiques i derivades, els seus noms i símbols, de les escales de temps i temperatura, de les regles d'escriptura dels símbols i noms de les unitats i de les regles d'expressió dels valors de les magnituds i per a la formació dels múltiples i submúltiples de les unitats.

El present Reial decret s'ajusta als principis de bona regulació que conté la Llei 39/2015, d'1 d'octubre, del procediment administratiu comú de les administracions públiques, principis de necessitat, eficàcia, proporcionalitat, seguretat jurídica, transparència i eficiència, per tal com aquesta persegueix un interès general en contribuir al desenvolupament científic i tècnic, i al control metrològic de l'Estat, compleix estrictament el manament que estableix l'article 129 de la Llei esmentada, és coherent amb l'ordenament jurídic. De la mateixa manera, durant el procediment d'elaboració de la norma s'ha permès la participació activa dels destinataris potencials a través del tràmit d'audiència i informació pública.

En la tramitació d'aquest Reial decret el Consell Superior de Metrologia ha emès informe favorable.

En virtut d'això, a proposta de la ministra d'Indústria, Comerç i Turisme, d'acord amb el Consell d'Estat, i amb la deliberació prèvia del Consell de Ministres a la reunió del dia 28 d'abril de 2020,

DISPOSO:

**Article únic.** *Modificació del Reial decret 2032/2009, de 30 de desembre, pel qual s'estableixen les unitats legals de mesura.*

L'annex del Reial decret 2032/2009, de 30 de desembre, pel qual s'estableixen les unitats legals de mesura, es modifica de la manera següent:

U. L'apartat 2 del capítol I queda redactat de la manera següent:

«2. Definicions de les unitats bàsiques de l'SI.

Les definicions de les unitats bàsiques de l'SI són les següents:

2.1 El segon, símbol s, és la unitat SI de temps. Es defineix en fixar el valor numèric de la freqüència de la transició hiperfina de l'estat fonamental no pertorbat de l'àtom de cesi 133,  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ , en 9 192 631 770, quan s'expressa en la unitat Hz, igual a  $\text{s}^{-1}$ .

De la relació exacta  $\Delta\nu_{\text{Cs}} = 9\,192\,631\,770\,\text{s}^{-1}$  s'obté l'expressió per a la unitat segon, en funció del valor de  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ :

$$1\text{s} = \frac{9\,192\,631\,770}{\Delta\nu_{\text{Cs}}}$$

Com a resultat d'aquesta definició, el segon és la durada de 9 192 631 770 períodes de la radiació corresponent a la transició entre els dos nivells hiperfins de l'estat fonamental no pertorbat de l'àtom de cesi 133.

2.2 El metre, símbol m, és la unitat SI de longitud. Es defineix en fixar el valor numèric de la velocitat de la llum en el buit,  $c$ , en 299 792 458, quan s'expressa en la unitat  $\text{m s}^{-1}$ , on el segon es defineix en funció de la freqüència del cesi 133,  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ .

De la relació exacta  $c = 299\,792\,458 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  s'obté l'expressió per al metre, en funció de les constants  $c$  i  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ :

$$1 \text{ m} = \left( \frac{c}{299\,792\,458} \right) \text{ s} = \frac{9\,192\,631\,770}{299\,792\,458} \frac{c}{\Delta\nu_{\text{Cs}}} \approx 30,663\,319 \frac{c}{\Delta\nu_{\text{Cs}}}$$

El resultat d'aquesta definició és que el metre és la longitud del trajecte recorregut per la llum en el buit durant un interval de temps d' $1/299\,792\,458$  de segon.

2.3 El quilogram, símbol kg, és la unitat SI de massa. Es defineix en fixar el valor numèric de la constant de Planck,  $h$ , en  $6,626\,070\,15 \times 10^{-34}$ , quan s'expressa en la unitat J·s, igual a  $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , on el metre i el segon es defineixen en funció de  $c$  i  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ .

De la relació exacta  $h = 6,626\,070\,15 \times 10^{-34} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  s'obté la unitat  $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , i d'aquesta, l'expressió per al quilogram en funció del valor de la constant de Planck  $h$ :

$$1 \text{ kg} = \left( \frac{h}{6,626\,070\,15 \times 10^{-34}} \right) \text{ m}^{-2} \text{ s}$$

D'aquí, juntament amb les definicions del segon i el metre, se n'obté la definició de la unitat de massa en funció de les tres constants  $h$ ,  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$  i  $c$ :

$$1 \text{ kg} = \frac{(299\,792\,458)^2}{(6,626\,070\,15 \times 10^{-34})(9\,192\,631\,770)} \frac{h \Delta\nu_{\text{Cs}}}{c^2} \approx 1,475\,5214 \times 10^{40} \frac{h \Delta\nu_{\text{Cs}}}{c^2}$$

De resultes d'aquesta definició queda definida la unitat  $\text{kg m}^2 \text{ s}^{-1}$  (la unitat de les magnituds físiques acció i moment angular). Juntament amb les definicions del segon i del metre, això condueix a la definició de la unitat de massa en funció del valor de la constant de Planck,  $h$ .

2.4 L'ampere, símbol A, és la unitat SI d'intensitat de corrent elèctric. Es defineix en fixar el valor numèric de la càrrega elemental,  $e$ , en  $1,602\,176\,634 \times 10^{-19}$ , quan s'expressa en la unitat C, igual a A·s, on el segon es defineix en funció de  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ .

De la relació exacta  $i = 1,602\,176\,634 \times 10^{-19} \text{ A} \cdot \text{s}$  s'obté l'expressió per a la unitat ampere en funció de les constants  $i$  i  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ :

$$1 \text{ A} = \left( \frac{e}{1,602\,176\,634 \times 10^{-19}} \right) \text{ s}^{-1}$$

L'efecte d'aquesta definició és que l'ampere és el corrent elèctric corresponent al flux d' $1/(1,602\,176\,634 \times 10^{-19}) = 6,241\,509\,074 \times 10^{18}$  càrregues elementals per segon.

2.5 El kelvin, símbol K, és la unitat SI de temperatura termodinàmica. Es defineix en fixar el valor numèric de la constant de Boltzmann,  $k$ , en  $1,380\,649 \times 10^{-23}$ , quan s'expressa en la unitat  $\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$ , igual a  $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ , on el quilogram, el metre i el segon es defineixen en funció de  $h$ ,  $c$  i  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ .

De la relació exacta  $k = 1,380\,649 \times 10^{-23} \text{ kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$  s'obté l'expressió per al kelvin en funció de les constants  $k$ ,  $h$  i  $\Delta v_{\text{Cs}}$ :

$$1\text{K} = \frac{1,380\,649 \times 10^{-23}}{(6,626\,070\,15 \times 10^{-34})(9\,192\,631\,770)} \frac{\Delta v_{\text{Cs}} h}{k} \approx 2,266\,6653 \frac{\Delta v_{\text{Cs}} h}{k}$$

L'efecte d'aquesta definició és que el kelvin és igual a la variació de temperatura termodinàmica que dona lloc a una variació d'energia tèrmica  $kT$  d' $1,380\,649 \times 10^{-23} \text{ J}$ .

2.6 El mol, símbol mol, és la unitat SI de quantitat de substància. Un mol conté exactament  $6,022\,140\,76 \times 10^{23}$  entitats elementals. Aquesta xifra és el valor numèric fix de la constant d'Avogadro,  $N_{\text{A}}$ , quan s'expressa en la unitat  $\text{mol}^{-1}$ , i es denomina nombre d'Avogadro.

La quantitat de substància, símbol  $n$ , d'un sistema és una mesura del número d'entitats elementals especificades. Una entitat elemental pot ser un àtom, una molècula, un ió, un electró o qualsevol altra partícula o grup especificat de partícules.

De la relació exacta  $N_{\text{A}} = 6,022\,140\,76 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  s'obté el mol en funció de la constant  $N_{\text{A}}$ :

$$1 \text{ mol} = \left( \frac{6,022\,140\,76 \times 10^{23}}{N_{\text{A}}} \right)$$

L'efecte d'aquesta definició és que el mol és la quantitat de substància d'un sistema que conté  $6,022\,140\,76 \times 10^{23}$  entitats elementals especificades.

2.7 La candela, símbol cd, és la unitat SI d'intensitat lluminosa en una direcció donada. Es defineix en fixar el valor numèric de l'eficàcia lluminosa de la radiació monocromàtica de freqüència  $540 \times 10^{12} \text{ Hz}$ ,  $K_{\text{cd}}$ , en 683, quan s'expressa en la unitat  $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$ , unitat igual a  $\text{cd}\cdot\text{sr}\cdot\text{W}^{-1}$ , o a  $\text{cd}\cdot\text{sr}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^3$ , on el quilogram, el metre i el segon es defineixen en funció de  $h$ ,  $c$  i  $\Delta v_{\text{Cs}}$ .

De la relació exacta  $K_{\text{cd}} = 683 \text{ cd}\cdot\text{sr}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^3$  s'obté l'expressió per a la candela:

$$1 \text{ cd} = \left( \frac{K_{\text{cd}}}{683} \right) \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-3} \text{ sr}^{-1}$$

o bé, expressant kg, m i s en funció de les constants  $h$  i  $\Delta v_{\text{Cs}}$ :

$$1 \text{ cd} = \frac{1}{(6,626\,070\,15 \times 10^{-34})(9\,192\,631\,770)^2 683} (\Delta v_{\text{Cs}})^2 h K_{\text{cd}} \approx 2,614\,830 \times 10^{10} (\Delta v_{\text{Cs}})^2 h K_{\text{cd}}$$

L'efecte d'aquesta definició és que la candela és la intensitat lluminosa, en una direcció donada, d'una font que emet radiació monocromàtica de freqüència  $540 \times 10^{12} \text{ Hz}$  i té una intensitat radiant en aquesta direcció de  $(1/683) \text{ W/sr}$ .»

Dos. La nota al peu (e) de la taula 3 del capítol II queda redactada de la manera següent:

«(e) La temperatura Celsius  $t$  es defineix com la diferència  $t = T - T_0$  entre dues temperatures termodinàmiques  $T$  i  $T_0$ , on  $T_0 = 273,15 \text{ K}$ . La unitat de temperatura Celsius és el grau Celsius,  $^{\circ}\text{C}$ , que per definició és, en magnitud, igual al kelvin. Per tant, un interval o diferència de temperatures es pot expressar tant en kelvin com en graus Celsius.»

Tres. L'apartat 1.6 del capítol III queda redactat de la manera següent:

«1.6 Els noms de les unitats s'imprimeixen en caràcters romans (rectes) i es consideren noms (substantius) comuns, comencen per minúscula (fins i tot quan el seu nom és el d'un científic eminent i el símbol de la unitat comença per majúscula), llevat que es trobin situats al començament d'una frase o en un text en majúscules, com un títol. Per complir aquesta regla, l'escriptura correcta del nom de la unitat el símbol de la qual és °C és «grau Celsius» (la unitat grau comença per la lletra g en minúscula i l'atribut Celsius comença per la lletra C en majúscula, perquè és un nom propi). Els noms de les unitats es poden escriure en plural. S'accepten les denominacions castellanitzades d'ús habitual de les unitats, sempre que estiguin reconegudes per la Reial Acadèmia Espanyola de la Llengua (exemples: *amperio*, *culombio*, *faradio*, *hercio*, *julio*, *ohmio*, *voltio*, *vatio*).»

Quatre. L'apartat 2.8 del capítol III queda redactat de la manera següent:

«2.8 El símbol utilitzat per separar la part sencera de la part decimal es denomina «separador decimal». El símbol del separador decimal pot ser la coma o el punt, en la mateixa línia d'escriptura. Preferiblement s'ha d'utilitzar la coma, sempre que la tecnologia i les aplicacions on s'utilitzin ho permetin. Si el número està comprès entre +1 i -1, el separador decimal sempre va precedit de zero.»

Cinc. L'apartat 2.9 del capítol III queda redactat de la manera següent:

«2.9 Els números amb moltes xifres es poden repartir en grups de tres xifres separades per un espai, a fi de facilitar la lectura. Aquests grups no se separen mai per punts ni per comes. Tanmateix, quan només hi ha quatre xifres davant o darrere del separador decimal, és usual no inserir un espai i deixar una única xifra solta. En els números d'una taula, el format no ha de variar en una mateixa columna.»

**Disposició final primera.** *Incorporació de dret de la Unió Europea.*

Mitjançant aquest Reial decret s'incorpora al dret espanyol la Directiva (UE) 2019/1258 de la Comissió, de 23 de juliol de 2019, per la qual es modifica, per adaptar-lo al progrés tècnic, l'annex de la Directiva 80/181/CEE del Consell pel que fa a les definicions de les unitats bàsiques del sistema internacional.

**Disposició final segona.** *Entrada en vigor.*

Aquest Reial decret entra en vigor l'endemà de la publicació en el «Butlletí Oficial de l'Estat».

Madrid, 28 d'abril de 2020.

FELIPE R.

La ministra d'Indústria, Comerç i Turisme,  
MARÍA REYES MAROTO ILLERA