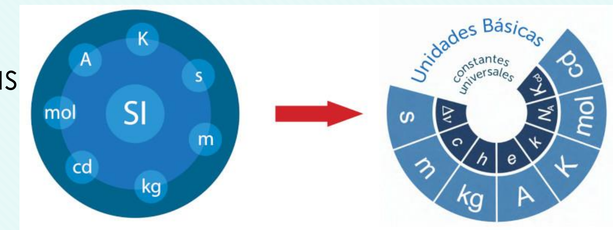
REVISIÓN DEL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

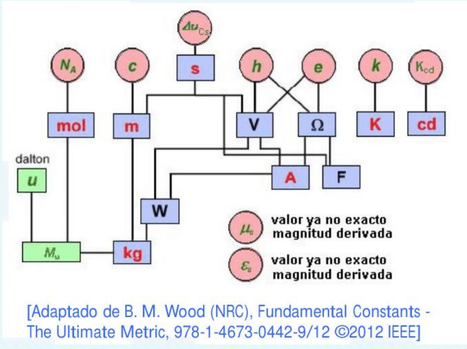
Jesús Díaz-Suelto Berrueco

Introducción y objetivos

- El Sistema Internacional de Unidades revisado que entró en vigor en 2019 es la culminación del avance científico y la unión de esfuerzos de la comunidad científica desde los días de la Revolución Francesa y la implantación del Sistema Métrico Decimal.
- Las unidades básicas originalmente se definían por artefactos físicos, pero desde hace décadas se busca definirlas por constantes universales, con mucha menor incertidumbre.
- Esto se debe a que los materiales de referencia originales han demostrado una cierta degradación con el paso de los siglos, que compromete la reproducibilidad de las medidas.
- Además, algunas unidades básicas están definidas en función de otras, como el amperio en función del kilogramo.
- Los avances tecnológicos exigen unas incertidumbres de medida mucho menores y medidas en general más exactas y fiables en todos los campos.

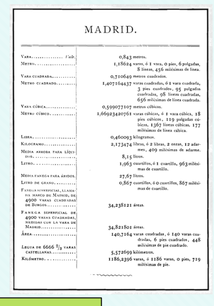


Resultados



[Adaptado de B. M. Wood (NRC), Fundamental Constants - The Ultimate Metric, 978-1-4673-0442-9/12 ©2012 IEEE]

El Sistema internacional de Unidades ha demostrado su utilidad a la hora de unificar formas de medida. Durante siglos, cada sitio utilizaba medidas arbitrarias como la vara, la libra o la fanega, mientras que el Sistema Métrico Decimal (y en consecuencia, el Sistema Internacional de Unidades) es lógico, sencillo, y coherente.



DEFINICIÓN PREVIA		REVISIÓN DEL SI DE UNIDADES
Masa del Prototipo Internacional del Kilogramo *m(IPK)*	Kilogramo	"El kilogramo, símbolo kg, es la unidad SI de la masa. Se define al fijar el valor numérico de la constante de Planck, h, en 6,626 070 15 x 10^{-34}, cuando se expresa en la unidad J·s, igual a kg·m^2·s^{-1}, donde el metro y el segundo se definen en función de c y Δv_{Cs}."
La temperatura termodinámica del punto triple del agua que, por definición y sin incertidumbre, tiene un valor de 273,16 K	Kelvin	"El kelvin, símbolo K, es la unidad SI de temperatura termodinámica. Se defina al fijar el valor numérico de la constante de Boltzmann, *k*, en 1,380 649 x 10^{-23}, cuando se expresa en la unidad J·K^{-1}, igual a kg·m^2·s^{-2}·K^{-1}, donde el kilogramo, el metro y el segundo se definen en función de *h*, c, y Δv_{Cs}."
La intensidad de una corriente eléctrica constante que, manteniéndose en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable y situados a una distancia de un metro el uno del otro, en el vacío, produciría entre estos conductores una fuerza igual a 2 x 10^{-7} newton por metro de longitud.	Amperio	"El amperio, símbolo A, es la unidad SI de intensidad de corriente eléctrica. Se define al fijar el valor numérico de la carga elemental, *e*, en 1,602 176 634 x 10^{-19}, cuando se expresa en la unidad C, igual a A·s, donde el segundo se define en función de Δv_{Cs}."
Calculado a partir del valor fijo de la masa molar del carbono 12. $M(^{12}C)$=0,012kg/mol	Mol	"El mol, símbolo mol, es la unidad SI de cantidad de sustancia. Un mol contiene exactamente 6,022 140 76 x 10^{23} entidades elementales. Esta cifra es el valor numérico fijo de la constante de Avogadro, N_A, cuando se expresa en la unidad mol^{-1} y se denomina número de Avogadro."

DEFINICIONES SOLO REFORMULADAS

Segundo
"El segundo, símbolo s, es la unidad SI de tiempo. Se define al fijar el valor numérico de la frecuencia de la transición hiperfina del estado fundamental no perturbado del átomo de cesio, 133, Δv_{Cs}, en 9 192 631 770, cuando se expresa en la unidad Hz, igual a s^{-1}."

Metro
"El metro, símbolo m, es la unidad SI de longitud. Se define al fijar el valor numérico de la velocidad de la luz en el vacío, c, en 299 792 458, cuando se expresa en la unidad m s^{-1}, donde el segundo se define en función de la frecuencia del Cesio Δv_{Cs}."

Candela
"La candela, símbolo cd, es la unidad SI de intensidad luminosa en una dirección dada. Se define al fijar el valor numérico de la eficacia luminosa de la radiación monocromática de frecuencia 540 x 10^{12} Hz, K_{cd}, en 683, cuando se expresa en la unidad lm·W^{-1}, igual a cd·sr·W^{-1}, o a cd·sr·kg^{-1}·m^{-2}·s^3, donde el kilogramo, el metro y el segundo se definen en función de *h*, c, y Δv_{Cs}."

Conclusiones

- El kilogramo, amperio, kelvin y mol pasan a estar definidas por constantes universales, reduciendo incertidumbres, sin afectar a la definición del metro, segundo y candela.
- El Sistema internacional revisado será más influyente en los niveles de exactitud elevados, mejorando la reproducibilidad de las prácticas.
- Las definiciones se separan de su realización, dejando que las definiciones perduren y las prácticas mejoren con el tiempo.
- El cambio en el Sistema Internacional de unidades no tendrá impacto alguno en la vida diaria.

Bibliografía

- CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA. *El Sistema Internacional de Unidades, SI.* <https://www.cem.es/content/el-sistema-internacional-de-unidades-si> [Consulta: marzo de 2020]
- CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA. *Preguntas frecuentes respecto al SI revisado que entró en vigor el 20 de mayo de 2019.* <https://www.cem.es/sites/default/files/files/Preguntas%20frecuentes%20sobre%20la%20revisi%C3%B3n%20del%20SI%2C%20que%20entr%C3%B3%20en%20vigor%20el%2020%20de%20mayo%20de%202019%20%28CEM%29.pdf> [Consulta: marzo de 2020]
- De Mirandés, E. 2018. "La revisión del Sistema Internacional de Unidades" *Centro Español de Metrología.* <https://www.cem.es/sites/default/files/files/cem_revisionsi_edem_18mayo2018.pdf> [Consulta: mayo de 2020]
- Martin-Delgado, M. 2018. "El papel de las constantes naturales en la ciencia y su implicación en la revisión del SI" *8º Seminario Intercongresos de Metrología.* <https://www.cem.es/sites/default/files/files/redefincio_si_mmd.pdf> [Consulta: mayo de 2020]
- Sanmamed, Y. 2018. "Redefinición de la unidad de intensidad de corriente eléctrica y su diseminación" *Centro Español de Metrología.* <https://www.cem.es/sites/default/files/files/redefinicion_del_amperio.pdf> [Consulta: junio de 2020]
- Newell, D.B. *et al.* 2018. "The CODATA 2017 values of *h, e, k,* and *Na* for the revisión of the SI" *iopscience.iop.org* <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1681-7575/aa950a> [Consulta: junio de 2020]
- BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES. *The International System of Units (SI).* <https://www.bipm.org/en/measurement-units/> [Consulta: agosto de 2020]
- CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA. *Medidas antiguas.* < https://www.cem.es/cem/metrologia/medidas_antiguas?term_node_tid_depth_1=60> [Consulta: agosto de 2020]