

## § 137. Orden de 28 de diciembre de 1999 por la que se declaran los patrones nacionales de las unidades derivadas de ángulo plano, densidad de sólidos, fuerza, presión y volumen (BOE núm. 10, de 13 de enero de 2000)

El artículo cuarto de la Ley 3/1985, de 18 de marzo, de Metrología, establece en su apartado 3 que los patrones de las unidades básicas declarados como tales, custodiados, conservados y mantenidos por el Estado, serán los patrones nacionales de los que se derivarán todos los demás. En ejecución de lo dispuesto en este precepto, el Real Decreto 648/1994, de 15 de abril, declara los patrones nacionales de medida de las unidades básicas del Sistema Internacional de Unidades.

Una vez definidos los patrones nacionales de las unidades básicas en los términos señalados en el Real Decreto anterior, procede definir los patrones nacionales de las unidades derivadas que servirán de referencia en todas las actuaciones metrológicas que se realicen. Este proceso se va ejecutando por fases en la medida en que lo permitan tanto el desarrollo tecnológico como las comparaciones internacionales realizadas con organismos de otros Estados competentes en materia metrológica. A este efecto, la disposición final primera del Real Decreto 648/1994, de 15 de abril, autoriza al Ministro de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, hoy Ministerio de Fomento, para definir los patrones nacionales de las unidades derivadas del Sistema Internacional de Unidades.

De acuerdo con ello, y por medio de esta Orden, se definen los patrones nacionales de las unidades derivadas correspondientes a las magnitudes de ángulo plano, densidad de sólidos, fuerza, presión y volumen.

La unidad de la magnitud de ángulo plano pertenece a las unidades derivadas sin dimensión, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 3 del Real Decreto 1737/1997, de 20 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1317/1989, de 27 de octubre, por el que se establecen las Unidades Legales de Medida.

La unidad de la magnitud de densidad de sólidos, también denominada masa en volumen, pertenece al grupo de unidades derivadas, recogidas en el apartado 2.2 del capítulo II del anexo del Real Decreto 1317/1989, de 27 de octubre.

Las unidades de las magnitudes de fuerza y presión pertenecen al grupo de unidades derivadas con nombres y símbolos especiales, y así se relacionan expresamente en el apartado 2.3 del capí-

tulo II del anexo del Real Decreto anteriormente citado.

La unidad de la magnitud de volumen pertenece al grupo de unidades autorizadas, que aparecen recogidas en el apartado 4.1 del capítulo IV del anexo del mencionado Real Decreto 1317/1989.

Cabe señalar, por último, que el depositario y organismo responsable de la conservación de estas unidades derivadas será el Centro Español de Metrología, que, de conformidad con el artículo 100 de la Ley 31/1990, de 27 de diciembre, de Presupuestos Generales del Estado para 1991, creadora de este organismo, tiene encomendadas, entre otras competencias, la custodia y conservación de los patrones nacionales de medida.

En su virtud, dispongo:

### Artículo único.

Se declaran, a los efectos legales, patrones nacionales de las unidades derivadas del Sistema Internacional de Unidades, los relacionados en el anexo de esta Orden, con las características técnicas en él indicadas.

### Disposición final.

Esta Orden entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

## ANEXO

1. Patrón nacional correspondiente a la magnitud de ángulo plano.

El patrón nacional correspondiente a la magnitud de ángulo plano, cuya unidad se denomina radián (rad), es conservado, mantenido y custodiado por el Centro Español de Metrología, y se realiza mediante un sistema constituido por una mesa giratoria basada en una escala circular interna de alta precisión, de resolución igual a 0,04", y campo de medida de 0 rad a  $2\pi$  rad, con una incertidumbre típica de medida (para  $k = 1$ ) de 0,05", es decir,  $2,4 \times 10^{-7}$  rad.

El ángulo plano se basa, desde el punto de vista operativo, en el cociente de longitudes o en la división del círculo.

En el primer caso, se materializa mediante generadores de pequeños ángulos basados en la relación trigonométrica existente entre los lados de un triángulo rectángulo y uno de los ángulos agudos que lo forman. Dichos lados poseen longitudes perfectamente conocidas y trazadas al patrón nacional de longitud. En el segundo caso, en cualquier división del círculo que se establezca, la suma de los ángulos en el centro es siempre igual a  $2\pi$  rad. Este principio se denomina de «cierre del círculo».

Se conserva mediante comparaciones periódicas efectuadas con patrones de ángulo plano de organismos metroológicos de otros Estados.

2. Patrón nacional correspondiente a la magnitud de densidad de sólidos.

El patrón nacional correspondiente a la magnitud de densidad de sólidos, también denominada masa en volumen, cuya unidad es el kilogramo por metro cúbico ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), es conservado, mantenido y custodiado por el Centro Español de Metrología, y se encuentra establecido a partir de los patrones nacionales de masa y longitud.

Está materializado mediante una esfera de cuarzo perfectamente pulida, con un defecto de redondez inferior a 500 nm, de 1 kilogramo de masa, 90 milímetros de diámetro y un coeficiente de dilatación térmica de  $1,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ . La densidad se determina a través del conocimiento de la masa y el volumen de la esfera, con una incertidumbre típica relativa de  $6 \times 10^{-7}$  (para  $k=1$ ).

Se conserva mediante comparaciones periódicas efectuadas con patrones de densidad de sólidos de organismos metroológicos de otros Estados.

3. Patrón nacional correspondiente a la magnitud de fuerza.

El patrón nacional correspondiente a la magnitud de fuerza, cuya unidad se denomina newton (N), es conservado, mantenido y custodiado por el Centro Español de Metrología, y se obtiene a través del patrón nacional de la unidad de masa y de la medida de la aceleración de la gravedad local.

Está materializado y conservado mediante tres máquinas de fuerza de carga directa cuyos valores nominales son 500 kN, 20 kN y 1 kN.

La incertidumbre típica relativa de medida (para  $k = 1$ ) en el campo de generación de fuerza de 10 N a 500 kN es de  $1 \times 10^{-5}$ . Esta incertidumbre ha sido establecida por el Comité Consultivo para la Masa y Magnitudes Relacionadas (CCM) y constatada a través de la participación en diversas comparaciones internacionales.

Se conserva mediante comparaciones periódicas efectuadas con patrones de fuerza de organismos metroológicos de otros Estados.

4. Patrón nacional correspondiente a la magnitud de presión.

El patrón nacional correspondiente a la magnitud de presión, cuya unidad es el pascal (Pa), es conservado, mantenido y custodiado por el Centro Español de Metrología, y se deriva de los patrones nacionales de masa y de longitud, junto con la medida de la aceleración de la gravedad local.

Este patrón se encuentra materializado de la siguiente forma, según el intervalo de medida:

En el campo de  $10^{-6}$  Pa hasta  $10^2$  Pa, se realiza con un sistema dinámico a través de un orificio de conductancia conocida.

En el campo de  $10^2$  Pa hasta 500 MPa, se realiza con una serie de conjuntos pistón-cilindro, montados en sus correspondientes balanzas de presión, sobre las que se cargan diferentes combinaciones de masas. Las presiones se determinan tanto en modo absoluto como en modo relativo, utilizando como medio de transmisión un fluido gaseoso o líquido, dependiendo del intervalo de medida.

Para ultra-altas presiones, en modo relativo, desde 500 MPa hasta 1 GPa, se realiza a través de un multiplicador de presión.

La incertidumbre típica relativa de medida (para  $k = 1$ ) depende del modo de realización y del intervalo de medida de presión en el que se trabaja. Para presiones desde  $10^{-6}$  Pa hasta  $10^2$  Pa, es de  $5 \times 10^{-3}$ ; para presiones desde  $10^2$  Pa hasta 500 MPa, es de  $30 \times 10^{-6}$ ; y para presiones desde 500 MPa hasta 1 GPa, es de  $100 \times 10^{-6}$ .

Se conserva mediante comparaciones periódicas efectuadas con patrones de presión de organismos metroológicos de otros Estados.

5. Patrón nacional correspondiente a la magnitud de volumen.

El patrón nacional correspondiente a la magnitud de volumen, cuya unidad es el litro (l o L), es conservado, mantenido y custodiado por el Centro Español de Metrología, y queda establecido a partir del patrón nacional de masa.

Está materializado por un conjunto de vasijas-patrón de capacidades nominales de 1 L, 2 L, 5 L, 10 L, 20 L, 50 L y 100 L, construidas en acero inoxidable, recubiertas internamente de halar H + S, y de forma cilíndrico-bicónica.

La incertidumbre típica de medida (para  $k = 1$ ) es de  $1 \times 10^{-5}$  L.

Se conserva, en sus diferentes capacidades, mediante comparaciones periódicas efectuadas con patrones de volumen de organismos metroológicos de otros Estados.