

CAPÍTULO 1

SISTEMA MÉTRICO DECIMAL

El sistema métrico decimal es una “ciencia de las mediciones y sus aplicaciones” (Gov.co, 2019) que comprende aspectos prácticos y teóricos. Juega un papel importante en todas las actividades diarias de las personas, pues los productos de todo tipo se compran o se venden por medio de una medición: unidades, tiempo, peso, volumen, temperatura, longitud, presión, etc.; es imposible mencionar todo lo que abarca el sistema métrico decimal (ENAC, s.f.). Las mediciones tienen un papel fundamental en la economía, pues no solo organizan las negociaciones comerciales sino que permiten el intercambio de productos y servicios alrededor de un sistema que tiene validez mundial.

La metrología es muy importante para el público en general, los Gobiernos y las empresas porque facilita y organiza los intercambios de negocios comerciales entre proveedores y clientes alrededor de los productos y servicios. Las mediciones mejoran la calidad de vida de las personas, protegen el medio ambiente y los consumidores, y garantizan productos y servicios de calidad gracias a la calibración, la trazabilidad y la acreditación.

Los siguientes son algunos beneficios de la metrología en el mundo de la industria:

- El desarrollo de un sistema de medidas organizado.
- El desarrollo de ensayos para la competitividad de la industria.
- Herramientas para el desarrollo de investigaciones y el control de la calidad de productos en la industria.

- El desarrollo científico y técnico de información.
- La organización de productos en general a nivel internacional.

La metrología en función del campo se clasifica en tres categorías (Nanot, 2019):

1.1 Metrología fundamental o científica

Está relacionada con la realización práctica de las funciones y denominaciones de las unidades de medida. Su objetivo es desarrollar y vigilar los patrones de medida. Hay dos tipos:

- *Metrología industrial o aplicada*: está vinculada a la exactitud de los instrumentos de medidas usadas para los procesos de producción y control en las diferentes industrias.
- *Metrología legal*: está relacionada con la exactitud de los instrumentos de medidas que influyen en la legalidad de las transacciones comerciales y en el aseguramiento de los consumidores, la salud y el medio ambiente. Son las que se utilizan en el control de suministros o servicios básicos (contadores de agua, gas, energía eléctrica) y en surtidores, instrumentos de peajes, contadores de máquinas recreativas, taxímetros, controles de seguridad vial, termómetros en servicios de transporte, procesos de almacenamiento, distribución de productos refrigerados y de salud, inspectores de vehículos, cinemómetros, etc.

1.2 Metrología de volumen

Existen registros prehistóricos de recipientes volumétricos. Estos han venido perfeccionándose con el paso del tiempo y en la actualidad son utilizados en la mayoría de las actividades rutinarias del hombre: contenedores, envases de productos (aceites, jabón, leche miel, agua, café, gaseosa y alcohol, entre otros) y bebidas para el consumo.

Cuando comenzó a usarse el sistema métrico en la Conferencia de Pesas y Medidas —que es el órgano de decisión de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, creado por la Convención de Metro en 1875— se sugirió que un (1) kilogramo (kg) debía ser igual a la masa de un (1) decímetro cúbico (dm^3) de agua pura que llega a su máxima densidad a 4 °C de temperatura. Con la invención del prototipo de kilogramo (kg) internacional se denominó como 'litro' al volumen de un (1) kg de agua a 4 °C y se decretó que un (1) litro sería igual a $1.000.000 \text{ dm}^3$.

La metrología de volumen consiste en la calibración de medidas o vasijas volumétricas. Se trata de determinar el volumen de líquido que la vasija o recipiente puede abarcar luego del escurrimiento (dependiendo del material, objeto o sustancia) en un tiempo determinado. Para determinar el volumen de un recipiente es necesario

conocer el método volumétrico y gravimétrico, que normalmente se realiza con el agua como líquido de referencia.

Es importante tener en cuenta que, independientemente del diseño del instrumento de medida, al hacer referencia a resultados de volumen es conveniente hacerlo siempre al agua a una temperatura de 20 °C; por lo tanto, será necesario conocer el coeficiente de expansión térmica de fabricación del instrumento. Para ello se tienen el *método gravimétrico*, el *método volumétrico* y el *método de cálculo de volumen y otros aspectos del transporte*.

Método gravimétrico

Consiste en medir la masa de agua que contiene el recipiente, así como en determinar la densidad del agua a la temperatura de trabajo y la densidad del aire con respecto a las condiciones ambientales que se consideren en el momento de la calibración. La trazabilidad está vinculada a los patrones de masa, presión, humedad relativa, presión atmosférica y temperatura. Es un método analítico de tipo cuantitativo que determina la cantidad de sustancias por medio de la medición de su peso. Este método es muy preciso y exacto.

Método volumétrico

A este método también se le conoce como *método de comparación*. Consiste en medir el volumen de una sustancia reactiva por medio de la medición cuantificada del volumen necesario para reaccionar con otra sustancia reactiva. Requiere de instrumentos para determinar el error de la medición (pipetas, medidores de temperatura y probetas graduadas).

Cálculo de volumen y otros aspectos del transporte

En primer lugar se debe aprender a diferenciar las dimensiones que hacen parte del proceso para calcular el volumen, así como las siguientes:

Peso neto: es el peso de la mercancía sin contar el peso del embalaje. También se conoce como *net weight* en inglés o NW. Se expresa en kilogramos (kg), libras (lb) o toneladas (t).

Peso bruto: es el peso correspondiente al peso neto y al del embalaje. También se conoce como *gross weight* o GW. Se expresa con las mismas unidades del peso neto.

Volumen: también se conoce como 'cbm' debido a su denominación en inglés. Normalmente su unidad de medida es el metro cúbico (m³) y se calcula de acuerdo con la forma; es decir, si la mercancía es rectangular, se multiplica la base por altura por el largo. Una vez se tienen las dimensiones básicas de la mercancía se toman decisiones de mayor importancia; por ejemplo, cuando esta no se envía en un contenedor completo, se debe estimar el *peso volumétrico* y el *peso tasable*.

Peso volumétrico: es la equivalencia en kilogramos del volumen que ocupa una mercancía; por lo tanto, es una medida de densidad y su complejidad está basada en el medio de transporte. Debido a su equivalencia se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Grupo marítimo: su peso volumétrico en kilogramos debe ser el volumen en metros cúbicos y multiplicarse por 1.000.
- Transporte aéreo: su peso volumétrico en kilogramos debe ser el volumen en metros cúbicos y multiplicarse por 167.
- Grupo terrestre: su peso volumétrico en kilogramos debe ser el volumen en metros cúbicos y multiplicarse por 333.

Peso tasable: también conocido como *peso facturable*, se calcula al escoger el mayor número que se obtiene del peso bruto y peso volumétrico. Hoy en día los precios del transporte usan como parámetro principal el peso tasable. Usualmente es el peso utilizado por los agentes transitarios (personas que prestan servicios en la logística de cualquier tipo de transporte), ya que el servicio de carga se calcula de acuerdo con el peso y ocupación, con excepción de algunos servicios de transporte aéreo que tienen en cuenta el peso bruto. Además, el peso tasable varía entre los diferentes tipos de transporte en el que se envía la mercancía, lo cual lleva a que su cálculo sea complicado y difícil al momento de presupuestar los servicios o trabajos de logística de transporte. Saber calcular el volumen de la mercancía no solo facilita la relación laboral, sino que genera una mayor eficiencia en las operaciones comerciales, evitando confusiones y retrasos en la gestión con el transitario, lo que redundará en mayores resultados económicos.

1.3 Metrología de peso

El artículo 2.2.1.7.7.7 del Decreto 1074 de 2015 (modificado por el Decreto 1595 de 2015), el cual reglamenta la Resolución 77506 de 2016 sobre el control metrológico (que regula los instrumentos para medir peso como las balanzas y otras actividades mencionadas en los decretos) busca garantizar la calidad de la medición de los instrumentos de funcionamiento no automático con el objeto de reducir los errores en las cantidades de productos y servicios transmitidas a los consumidores, así como las mediciones realizadas en campos como la salud, la seguridad, la protección del medio ambiente, la vida animal y vegetal, entre otros. (Superintendencia de Industria y Comercio, s.f.).

Los instrumentos de funcionamiento no automático necesitan de un operador durante el proceso de pesaje que utiliza las unidades del sistema métrico decimal (SI). Las básculas camioneras o de transacciones comerciales que requieren las autoridades para controlar el peso en puertos, aduanas, vías y carreteras están sometidas a los cambios metrológicos. Los demás instrumentos deben ser calibrados periódicamente con base en las recomendaciones de los fabricantes, y estos son

objeto de seguimiento y control por parte de la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) y las alcaldías, quienes tienen el derecho de solicitar al titular los certificados de calibraciones, como lo establece el Decreto 1074 de 2015.

Con el fin de cumplir el objetivo de seguimiento y control, este reglamento exige lo siguiente:

- Requisitos metrológicos, técnicos y administrativos para cumplir con los dispensadores, medidores de combustibles líquidos y surtidores.
- Procedimientos de evaluación de la conformidad.
- Compromisos para los importadores y fabricantes.
- Procedimientos de supervisión metrológica para instrumentos utilizados en actividades de control metrológico.

Los titulares de instrumentos de peso sometidos a controles metrológicos que están en servicio deben:

- Costear la verificación metrológica de sus instrumentos.
- Hacer la primera supervisión metrológica de instrumentos de peso en servicio a los dos (2) años siguientes a la fecha de su entrada en vigencia, de acuerdo con el reglamento técnico.
- En instrumentos de peso de clase 3 y 4 con capacidad de mayor o igual a 20.000 kg, el plazo es de un (1) año.

La metrología “es la ciencia que tiene por objeto el estudio de las propiedades medibles, las escalas de medida, los sistemas de unidades, los métodos y técnicas de medición, así como la evolución de lo anterior, la valoración de la calidad de las mediciones y su mejora constante, facilitando el progreso científico, el desarrollo tecnológico, el bienestar social y la calidad de vida” (Alpha metrología, 2017). Esta ciencia abarca tres actividades principales:

- Definir las mediciones internacionales y buscar su aceptación.
- Elaborar unidades de medida a través de métodos científicos.
- Crear cadenas de trazabilidad, estableciendo y documentando el valor exacto de la medición.

En Colombia la metodología científica e industrial está a cargo del Instituto Nacional de Metrología de Colombia (INM), cuyas tareas buscan promover el desarrollo económico, tecnológico y científico del país por medio de la investigación, prestación de servicios y soporte a las actividades que controlan la metrología y la propagación de mediciones trazables al SI en comparación con otros países, lo que genera confianza en las transacciones comerciales locales y al exterior en forma de exportaciones. Así mismo, el INM coordina y divulga la hora legal en Colombia,

que se encuentra alineada con el Tiempo Universal Coordinado (UTC). Esta hora legal es muy importante a la hora de realizar operaciones mercantiles y financieras, pues ofrece datos exactos de hora en los casos de intervenciones legales.

Las siguientes son algunas definiciones importantes incluidas en el artículo 2.2.1.7.1.7. del Decreto 1074 de 2015, donde se reglamentan los documentos técnicos metrológicos o normas que aclaren, modifiquen o adicionen lo siguiente (Superintendencia de Industria y Comercio, s.f.):

- *Comercialización de instrumentos de medición*: producto puesto en el mercado que está sujeto a las normas de metrología específica y que puede ser entregado a cualquier usuario, ya sea por medio de un valor o en forma gratuita.
- *Importador*: toda persona natural o jurídica responsable de obligaciones comerciales o legales establecida en Colombia y que se considera como productor de instrumentos de medición en el mercado nacional.
- *Productor de instrumentos de medición*: persona encargada de diseñar, producir, fabricar o ensamblar instrumentos de medición, cumpliendo con el reglamento técnico metrológico o las observaciones recomendadas por la Organización Internacional de la Metrología Legal (OIML) y con base en las actividades descritas en el artículo 2.2.1.7.7.3. del Decreto 1074 de 2015.
- *Recomendaciones OIML*: modelo de regulación emitido por la OIML que estipula las características metrológicas que deben cumplir los instrumentos de medición. Especifica los procedimientos evaluados de conformidad del instrumento de medición y los métodos.
- *Sistema de Información de Metrología Legal (SIMEL)*: conjunto de funciones informadas y enfocadas en el tratamiento y administración de los datos de control metrológico de instrumentos de medición, cumpliendo con los controles estándar y términos emitidos por la Superintendencia de Industria y Comercio.
- *Tarjeta de control metrológico*: soporte de documento que se encuentra en el SIMEL y que contiene el historial de verificaciones metrológicas ejecutadas en un instrumento de medición que está sujeto a un control metrológico.

1.4 Sistema Internacional de Unidades

La Conferencia General de Pesas y Medidas (NTC 2194, numeral 1.12) recomienda usar un sistema internacional de unidades coherente u homologado para las operaciones comerciales.

En Colombia el Sistema Internacional de Medidas fue adoptado mediante los Decretos 1731 de 1967 y 3463 de 1980. Por su parte, la Resolución 005 del 3 de abril de 1995 del Consejo Nacional de Normas y Calidades oficializa el cumplimiento obligatorio de la Norma Técnica Colombiana NTC 1000 (Metrología. Sistema Internacional de Unidades).

En la tabla 1 se presentan las unidades básicas del Sistema Internacional de Unidades.

Tabla 1. Unidades básicas del SI

| Magnitud | Unidad | Símbolo |
|---------------------------|-----------|---------|
| Longitud | Metro | m |
| Masa | Kilogramo | kg |
| Tiempo | Segundo | s |
| Corriente eléctrica | Amperio | a |
| Temperatura termodinámica | Kelvin | K |
| Cantidad de sustancia | Mol | mol |
| Intensidad luminosa | Candela | Cd |

Fuente: Superintendencia de Industria y Comercio (s.f.).

Productos empacados o envasados nacionales o importados

De acuerdo con el artículo 14 del Decreto 3466 de 1982 y el artículo 35 del Decreto 2269 de 1993, los productos envasados y empacados nacionales o importados que son comercializados en el país pueden ser presentados a los usuarios finales en cualquier presentación de unidad de medida que se exprese de acuerdo con el SI. Así mismo, establece de que el contenido neto mostrado debe ser el contenido neto nominal anunciado.

En la tabla 2 se muestran los tamaños de caracteres respecto al área primordial de exhibición en los rotulados o plantillas de información del producto.

Tabla 2. Tamaño de caracteres con respecto al área primordial de exhibición

| Área de cara principal de exhibición | Altura mínima de los números y letras | Altura mínima de la información del rótulo soplado y moldeado sobre la superficie del envase |
|---|---------------------------------------|--|
| Hasta 16 cm ² | 2 mm | 3 mm |
| 16 cm ² a 100 cm ² | 3 mm | 4 mm |
| 100 cm ² a 225 cm ² | 4 mm | 6 mm |
| 225 cm ² a 400 cm ² | 5 mm | 7 mm |
| 400 cm ² a 625 cm ² | 7 mm | 8 mm |
| 625 cm ² a 900 cm ² | 9 mm | 9 mm |
| 900 cm ² en adelante | Proporcional | Proporcional |

Fuente: Superintendencia de Industria y Comercio (s.f.).

En la tabla 3 se muestran los tamaños de los caracteres respecto al contenido neto del producto.

Tabla 3. Tamaño de caracteres con respecto al contenido neto

| Contenido neto | Altura máxima de números y letras |
|--|-----------------------------------|
| Igual o menor a 200 g (o cm ³) | 3 mm |
| Mayor a 200 g (o cm ³) | 4 mm |
| Mayor a 1 kg (o cm ³) | 6 mm |

Fuente: Superintendencia de Industria y Comercio (s.f.).

1.5 Metrología de densidad

La densidad de un parámetro físico (que muestra información sobre el contenido de masa de una muestra o un cuerpo) dividida por el volumen se representa con la letra de origen griego 'ro' (ρ) o la letra de origen latino *d*. La densidad es de magnitud física y es considerada como una identidad pura de una sustancia. La metrología de densidad es muy importante para la industria, la ciencia, la ingeniería y la tecnología, campos en los que se determina la densidad de sólidos y líquidos para fines comerciales, tecnológicos, científicos y fiscales.

Los patrones nacionales se deben enlazar con los patrones de masa y longitud para asegurar la exactitud y comparabilidad de las mediciones de densidad (Centro Nacional de Metrología, s.f.). Estas mediciones de densidad examinan el contenido de pureza y su concentración, el cual muestra la información cuantitativa de sus componentes.

Las mediciones son muy importantes porque aseguran la calidad de los materiales. Es el caso, por ejemplo, de la densidad de agua ultrapura a 20 °C, que es de 0,998203 g/cm³; si en el agua analizada existe una desviación mayor o menor, significa que tiene impurezas.

Las siguientes son las densidades de algunas sustancias:

- Alcohol desinfectante: 0,87 g/cm³
- Agua: 1,03 g/cm³
- Aceite vegetal: 0,91 g/cm³
- Miel: 1,36 g/cm³
- Aceite de lámpara: 0,80 g/cm³

1.6 Homologación de sistemas métricos internacionales

Esta metodología consiste en crear un sistema homologado de sistemas de medición por medio de la vinculación de elementos métricos. Se aplica a los productos

precedentes de otros países debido a los inconvenientes que presentan estos por no cumplir con las exigencias del país destino. El sistema de homologación es un criterio unificado sobre el tamaño, rotulado y contenido neto de los productos de exportación. En su momento fue necesario normalizar este sistema en países como Colombia, Ecuador y Venezuela, que tienen importantes relaciones comerciales entre sí, porque de lo contrario las mercancías corren el riesgo de ser devueltas a su país de origen. Es el caso, por ejemplo, de la leche empacada de 400 g producida en Colombia, que hace un tiempo no estaba contemplada por las autoridades ecuatorianas, por lo cual el producto fue devuelto a nuestro país. Por supuesto, la decisión no tuvo nada que ver con su calidad.

De esta manera, funcionarios de las autoridades relacionadas con esta normalización en los tres países vecinos han trabajado durante los últimos años en un proyecto de homologación de sistemas de medidas a nivel internacional para unificar los criterios. Ecuador y Venezuela trabajan en la comisión de expertos, que incluye funcionarios del Estado, y en Colombia esta comisión está conformada por funcionarios del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), el organismo nacional de normalización. El convenio permite que los empresarios de los tres países tengan acceso a esta normativa internacional para adecuar sus productos a los requerimientos de tamaño, rotulado y contenido neto.

En la actualidad, en Colombia el peso neto se incluye en productos de muchas áreas de la producción, de acuerdo con las normas internacionales adoptadas por ICONTEC. Por ejemplo, el contenido neto en los productos alimentarios tiene más de 50 medidas aprobadas, algo muy parecido a lo que sucede con los productos venezolanos. El caso opuesto ocurre en Ecuador, donde hay menos medidas aprobadas para este tipo de productos por parte del instituto de normalización de este país.

Una vez el convenio entre en funcionamiento —el cual se buscará homologar en los países del Pacto Andino—, los empresarios de los tres países deberán acogerse a estas normas. El convenio no sólo busca unificar criterios entre los tres países, sino que también busca integrar los requerimientos de otras naciones en Europa y América del Norte para favorecer los intercambios comerciales. Mientras que a nivel mundial se utilizan medidas de volumen como galones, pies y pulgadas, en Colombia funciona el sistema métrico decimal.

En relación con el rótulo de los productos, el convenio busca adoptar las mismas especificaciones de las normas internacionales ISO para los tres países, especificando que el rótulo debe contener la siguiente información: precio, nombre, lugar de comercio, registro sanitario, contenido neto, nombre específico de acuerdo con la ley, nombre común de producto, entre otros. Para el caso de Colombia, se plantea que los productos provenientes del exterior tengan una etiqueta aparte con las especificaciones en idioma español.

