

INNOVACIÓN Y GESTIÓN PÚBLICA: CASO SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI) EN LA MEDICIÓN DE HIDROCARBUROS

6 de abril de 2022

Mtro. Francisco León Sepúlveda*

RESUMEN

La Conferencia General de Pesas y Medidas adoptó el uso universal de un solo sistema de unidades al que denominó **Sistema Internacional de Unidades (SI)**, el cual aplica en México mediante la norma oficial mexicana **NOM- 008-SCFI-2002** (NOM, 2008). El objetivo del artículo es establecer los beneficios de aplicar el Sistema Internacional de unidades de medida (SI) en la medición de la transferencia de custodia y transacciones comerciales de flujo y calidad de hidrocarburos de PEMEX Exploración y Producción, con un enfoque sistémico de la metrología nacional e internacional. Para lo cual es fundamental la aplicación de los preceptos del Sistema General de Unidades de Medida NOM-008-SCFI-2002 (NOM, 2008), en concordancia con el Sistema Internacional de unidades de medida (SI) BIPM 8ª edición 2006 (BIPM,2006).

Palabras clave: Innovación y gestión pública, medición de hidrocarburos, marco legal

*Es Ingeniero Mecánico, con Maestría en Administración Pública por PEP y el INAP, Maestría en Ingeniería Industrial por la UPIICSA del IPN, un Diplomado en el Sector Energía por el IATM. Actualmente estudia el Doctorado en Gobierno y Administración Pública por el IAP Tabasco – INAP. Laboró por 37 años en Pemex Exploración y Producción. 25 años en Dirección de Proyectos de Inversión y Administración en Obra Pública.

Abstract.

The General Conference of Weights and Measures adopted the universal use of a single system of units which it called the International System of Units (SI), which applies in Mexico through the official Mexican standard NOM-008-SCFI-2002 (NOM, 2008). The objective of the article is to establish the benefits of applying the International System of Measurement Units (SI) in the measurement of custody transfer and commercial transactions of flow and quality of hydrocarbons of PEMEX Exploration and Production, with a systemic approach to metrology National and international. For which the application of the precepts of the General System of Measurement Units NOM-008-SCFI-2002 (NOM, 2008) is essential, in accordance with the International System of Measurement Units (SI) BIPM 8th edition 2006 (BIPM, 2006).

Keywords: Innovation and public management, measurement of hydrocarbons, legal framework

INTRODUCCIÓN

El Sistema General de Unidades de Medida (SGUM) es el único legal y de uso obligatorio en México de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 97 de la Ley de Infraestructura de la Calidad el que describe lo siguiente: *“En los Estados Unidos Mexicanos el Sistema General de Unidades de Medida es el único legal y de uso obligatorio.* El SGUM se integra, entre otras, con las unidades básicas del Sistema Internacional de Unidades: de longitud, el metro; de masa, el kilogramo; de tiempo, el segundo; de temperatura termodinámica, el kelvin; de intensidad de corriente eléctrica, el ampere; de intensidad luminosa, la candela; y de cantidad de sustancia, el mol, así como con las suplementarias, las derivadas de las unidades base y los múltiplos y submúltiplos de todas ellas, que apruebe la Conferencia General de Pesas y Medidas y se prevean en normas oficiales mexicanas. La aplicación del SI tiene múltiples beneficios en la medición de hidrocarburos: como la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales, el certificado de calibración y la confirmación metrológica.

El alcance cubre el enfoque sistémico regulatorio relativo a los conceptos de: unidades de medida y metrológicos establecidos en la ley de Infraestructura de la Calidad (LIC, 2020) y en las normas nacionales y documentos internacionales que se indican: NOM-008-SCFI-2002. Sistema General de Unidades de Medida, NMX-Z-055-IMNC-2009/OIML V 2:2012 Vocabulario Internacional de Metrología; BIPM, 2006 El Sistema Internacional de Unidades (SI); NIST Guía para el uso del SI, Organización internacional de metrología legal (OIML) y Sistema Internacional de Unidades , 9ª edición, 2019.

Los instrumentos, equipos o sistemas de medición que sirvan de base para una transacción comercial, industrial o de servicios, así como en la transferencia de custodia de los hidrocarburos inter-intra-Organismos Subsidiarios, deben cumplir con las disposiciones de la ley de Infraestructura de la Calidad (LIC, 2020)

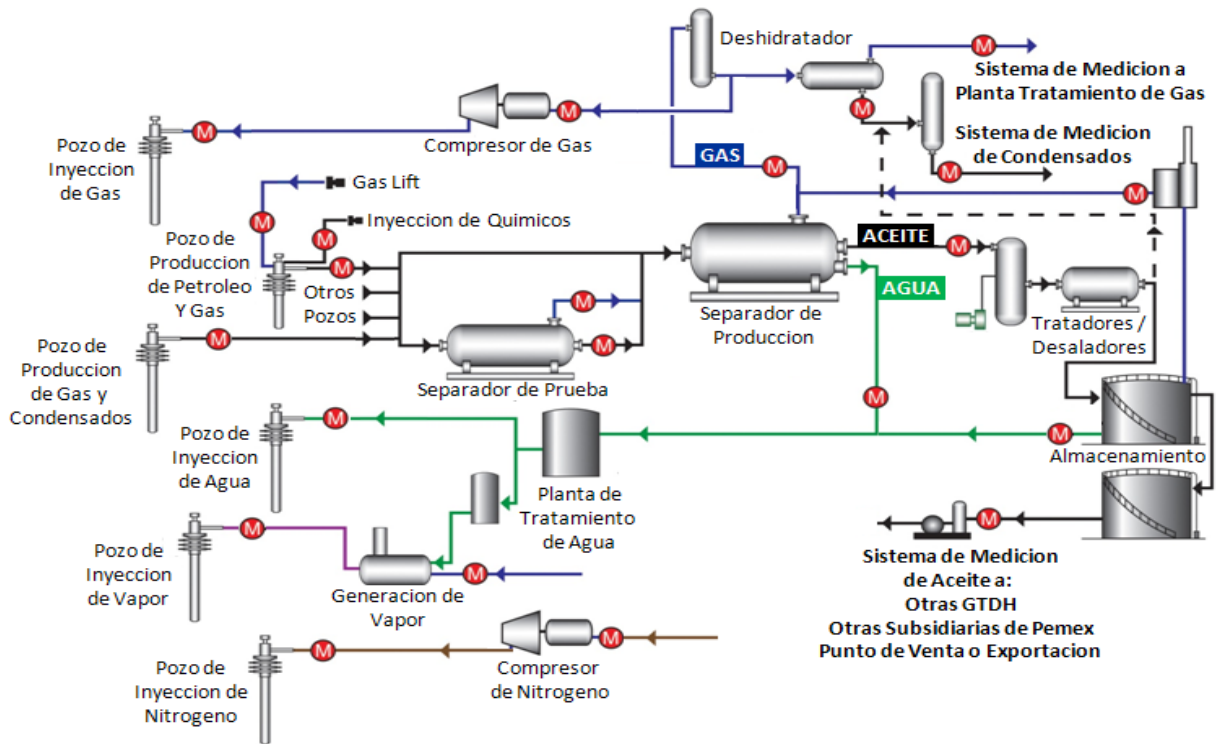


Figura 1.- Esquema del campo de aplicación de la medición de hidrocarburos
Fuente (CNH, 2020)

I. ANTECEDENTES DEL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

La Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM) fue creada por la Convención del Metro, firmada en París el 20 de mayo de 1875. El BIPM trabaja bajo la supervisión exclusiva del Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM), que a su vez está bajo la autoridad de la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM). La Conferencia General la forman delegados de todos los Estados miembros de la Convención del Metro que se reúnen, en la actualidad, cada cuatro años.

La 11ª Conferencia general de pesas y medidas **CGPM (1960, Resolución 12; CR, 87)** adoptó para este sistema práctico de unidades el nombre de **Sistema Internacional de Unidades**, con la abreviatura internacional **SI** y estableció las reglas para los prefijos, las unidades derivadas, las antiguas unidades

suplementarias y otras cuestiones, estableciendo, por tanto, una reglamentación exhaustiva para las unidades de medida. La evolución histórica que condujo a estas importantes decisiones de la CGPM se resume a continuación:

- Puede considerarse como el primer paso en el desarrollo del actual Sistema Internacional de Unidades, la creación del sistema métrico decimal en la época de la Revolución Francesa y el depósito, el 22 de junio de 1799, de dos patrones de platino que representaban el metro y el kilogramo en los Archivos de la República en París.
- En 1832, Gauss impulsa activamente la aplicación de este sistema métrico, asociado al 'segundo' definido en astronomía, como sistema coherente de unidades para las ciencias físicas. Gauss fue el primero en efectuar medidas absolutas del campo magnético terrestre empleando un sistema decimal basado en las tres unidades mecánicas milímetro, gramo y segundo para las magnitudes longitud, masa y tiempo respectivamente.
- Tras la firma de la **Convención del Metro el 20 de mayo de 1875**, que creó el BIPM, el CIPM y la CGPM, comenzaron los trabajos de fabricación de los nuevos prototipos internacionales del metro y del kilogramo. En 1889 la 1ª CGPM sancionó los prototipos internacionales del metro y el kilogramo. Junto con el segundo astronómico como unidad de tiempo, estas unidades constituyeron un sistema de unidades mecánicas tridimensional similar al sistema **CGS**, pero en el que las unidades básicas eran el metro, el kilogramo y el segundo, el sistema **MKS**.

II. CONCEPTOS BASICOS DEL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

El concepto primordial de las unidades de medida, se indica en La ley de Infraestructura de la Calidad (LIC, 2020) que en su artículo 97, indica lo siguiente: En los Estados Unidos Mexicanos el Sistema General de Unidades de Medida es el único legal y de uso obligatorio. Dicho sistema se integra, entre otras, con las unidades básicas del Sistema Internacional de Unidades: de longitud, el metro; de masa, el kilogramo; de tiempo, el segundo; de temperatura termodinámica, el kelvin; de intensidad de corriente eléctrica, el ampere; de intensidad luminosa, la candela; y de cantidad de sustancia, el mol, así como con las suplementarias, las derivadas de las unidades base y los múltiplos y submúltiplos de todas ellas, que apruebe la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM) y se prevean en normas oficiales mexicanas. También se integra con las no comprendidas en el sistema internacional que acepte el mencionado organismo y se incluyan en dichos ordenamientos.

Respecto a la medición de flujo y calidad de hidrocarburos, los instrumentos, equipos o sistemas de medición que sirvan de base para una transacción comercial, industrial o de servicios, así como en la transferencia de custodia de los hidrocarburos inter-intra-Organismos Subsidiarios, deben cumplir con las disposiciones de La ley de Infraestructura de la Calidad (LIC, 2020).

El Sistema Internacional de Unidades es conocido como “SI” en todos los idiomas y fue adoptado por la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM), máxima autoridad internacional en metrología de la cual nuestro país es miembro. En México, este sistema se adoptó con el nombre de Sistema General de Unidades de Medida contenido en la Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002, de la cual a continuación se indica el Objetivo y campo de aplicación.- *“Esta Norma Oficial Mexicana establece las definiciones, símbolos y reglas de escritura de las unidades del Sistema Internacional de Unidades (SI) y otras unidades fuera de este Sistema que acepte la CGPM, que en conjunto, constituyen el Sistema General de Unidades de Medida, utilizado en los diferentes campos de la ciencia, la tecnología, la industria, la educación y el comercio”*

III. MAGNITUDES Y UNIDADES DEL SI

Para establecer el Sistema Internacional de Unidades (SI), es necesario en primer lugar determinar un sistema de magnitudes, que incluya una serie de ecuaciones que definan las relaciones entre estas magnitudes. También es conveniente elegir las definiciones de un pequeño número de unidades, denominadas unidades básicas, y entonces definir las unidades de todas las demás magnitudes, denominadas unidades derivadas, como producto de potencias de las unidades básicas. De forma similar, las magnitudes correspondientes se denominan magnitudes básicas y magnitudes derivadas y las ecuaciones que expresan las magnitudes derivadas en función de las magnitudes básicas se emplean para expresar las unidades derivadas en función de las unidades básicas. Así la elección de las magnitudes y de las ecuaciones que relacionan las magnitudes precede a la elección de las unidades.

La magnitud velocidad v , puede expresarse en función de las magnitudes distancia, x , y tiempo, t , por medio de la ecuación $v = dx/dt$. En la mayor parte de los sistemas de magnitudes y de unidades, la distancia x y el tiempo t se consideran magnitudes básicas, para las cuales se pueden elegir unidades básicas el metro, m , y el segundo, s . La velocidad v se considera entonces magnitud derivada, con la unidad derivada metro por segundo, m/s .

1. El Sistema Internacional de Unidades (SI) y el sistema de magnitudes correspondiente

Las magnitudes básicas empleadas en el SI son longitud, masa, tiempo, intensidad de corriente eléctrica, temperatura termodinámica, cantidad de sustancia e intensidad luminosa. Las magnitudes básicas se consideran independientes, por convención. Las unidades básicas correspondientes del SI, elegidas por la CGPM, son el metro, el kilogramo, el segundo, el amperio, el kelvin, el mol y la candela. Las unidades derivadas del SI se forman como producto de potencias de las unidades

básicas, según las relaciones algebraicas que definen las magnitudes derivadas, en función de las magnitudes básicas

2. Unidades coherentes, unidades derivadas con nombres especiales y prefijos SI

Las unidades derivadas se definen como productos de potencias de unidades básicas. Cuando el producto de potencias no incluye ningún factor numérico distinto del uno, las unidades derivadas se llaman unidades derivadas coherentes. Las unidades básicas y las unidades derivadas coherentes del SI forman un conjunto coherente designado como conjunto coherente de unidades SI. La palabra coherente se emplea aquí con el significado siguiente: cuando se utilizan unidades coherentes, las ecuaciones entre los valores numéricos de las magnitudes toman exactamente la misma forma que las ecuaciones entre las magnitudes propiamente dichas. *Por tanto, si solamente se utilizan unidades de un conjunto coherente, no se requieren nunca factores de conversión entre unidades.*

La expresión de la unidad coherente de una magnitud derivada puede obtenerse a partir del producto dimensional de esa magnitud, reemplazando el símbolo de cada dimensión por el símbolo de la unidad básica correspondiente. Como ejemplo de nombre especial, la combinación particular de unidades básicas $m^2 kg s^{-2}$ para la energía ha recibido el nombre especial joule, símbolo J, donde por definición, $J = m^2 kg s^{-2}$.

La CGPM ha adoptado, además, una serie de prefijos que se usan para formar los múltiplos y submúltiplos decimales de las unidades SI coherentes. Estos son convenientes para expresar los valores de magnitudes mucho más grandes o mucho más pequeños que la unidad coherente. A estos se les ha dado el nombre de Prefijos SI. (Estos prefijos se emplean también a veces con unidades fuera del SI). Sin embargo, cuando los prefijos se usan con unidades SI, las unidades obtenidas ya no son coherentes, pues efectivamente un prefijo en una unidad

derivada introduce un factor numérico en la expresión de la unidad derivada en función de las unidades básicas.

El conjunto completo de las unidades SI, incluyendo tanto el conjunto coherente como los múltiplos y submúltiplos de estas unidades formados al combinarlas con los prefijos SI, se designa como conjunto completo de unidades SI, o simplemente unidades SI, o unidades del SI. Sin embargo, los múltiplos y submúltiplos decimales de las unidades SI no forman un conjunto coherente. El metro por segundo, símbolo m/s, es la unidad coherente SI de velocidad. El kilómetro por segundo, km/s, el centímetro por segundo, cm/s y el milímetro por segundo, mm/s, son también unidades SI, pero no son unidades SI coherentes.

IV. DEFINICIONES DE LAS UNIDADES BASICAS DEL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

1. Sistema anterior (hasta 1983)

Las definiciones oficiales de todas las unidades básicas del SI son aprobadas por la CGPM. La primera de estas definiciones fue aprobada en 1889 y la más reciente en 1983. Es importante distinguir entre la definición de una unidad y su realización. La definición de cada unidad básica del SI está redactada cuidadosamente, de forma que resulte única y que proporcione una base teórica sólida para que se puedan hacer medidas con exactitud y reproducibilidad máximas. La realización de la definición de una unidad es el procedimiento según el cual puede utilizarse la definición de la unidad para establecer el valor y la incertidumbre asociada de una magnitud del mismo tipo que la unidad. Las unidades SI derivadas coherentes se definen de forma única y en función exclusivamente de las unidades básicas del SI

No obstante que las siete magnitudes básicas – longitud, masa, tiempo, intensidad de corriente eléctrica, temperatura termodinámica, cantidad de sustancia e intensidad luminosa – se consideran independientes por convenio, las unidades básicas – metro, kilogramo, segundo, amperio, kelvin, mol y candela – no lo son. Así la definición del metro incluye al segundo, la definición del amperio incluye al metro, al kilogramo y al segundo, la definición del mol incluye al kilogramo y la definición de la candela incluye al metro, al kilogramo y al segundo.

2. Nuevo Sistema Internacional de Unidades (SI), a partir de 2020.

El 16 de noviembre de 2018 en Versalles, la Conferencia General de Pesas y Medidas votó por una resolución para redefinir el Sistema Internacional de Unidades (SI). Revisión que expone uno de los cambios más significativos para el SI desde su creación, también marca el final del vínculo entre el SI y los artefactos; representa la culminación de muchos años de cooperación científica intensiva entre los Institutos Nacionales de Metrología y el BIPM.

*“Una decisión histórica, a favor de redefinir el Sistema Internacional de Unidades (SI), cambiando la definición mundial del kilogramo, el ampere, el kelvin y el mol, para siempre. La decisión significa que todas las unidades del SI ahora se definirán en términos de constantes que describen el mundo natural. Con esto se asegurará la estabilidad futura del **SI** y abrirá la oportunidad para el uso de nuevas tecnologías, incluidas las tecnologías cuánticas, para implementar las definiciones. Los cambios pondrán fin al uso de objetos físicos para definir las unidades de medida. BIPM*

“La definición del kilogramo por más de 130 años, el Prototipo Internacional del Kilogramo (IPK), un cilindro de una aleación de platino almacenada en el BIPM en Francia ahora será retirada. Será reemplazada por la constante de Planck, la constante fundamental de la física cuántica. Mientras la estabilidad del IPK solo podría confirmarse mediante comparaciones con copias idénticas, un proceso difícil

y potencialmente inexacto, la constante de Planck está lista para usarse en cualquier lugar y siempre” BIPM.

"La redefinición del SI es un momento histórico en el progreso científico", confirió Martin Milton, director de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM), "Al utilizar las constantes fundamentales que se observan en la naturaleza como fundamento de conceptos importantes como la masa y el tiempo significa que se tiene una base estable desde la cual avanzar en la comprensión científica, desarrollar nuevas tecnologías y abordar algunos de los mayores desafíos de la sociedad". BIPM

"El nuevo SI, marca la culminación de décadas de trabajo de científicos de la medición en todo el mundo, la importancia de esto es inmensa" comentó Barry Inglis, director del Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM). "Ahora ya no se tendrán limitaciones por las restricciones de los objetos en la medición del mundo, sino que se tendrán unidades accesibles universalmente que pueden allanar el camino a una mayor precisión e incluso acelerar el avance científico". (CIPM).

Las nuevas definiciones afectan a cuatro de las siete unidades base del SI: el kilogramo, el ampere, el kelvin y el mol, y todas las unidades derivadas de ellos.

- El kilogramo – será definido por la constante de Planck (h)
- El ampere – será definido por la carga eléctrica elemental (e)
- El kelvin – será definido por la constante de Boltzmann (k)
- El mol – será definido por la constante de Avogadro (N_A)

Aunque el tamaño de estas unidades no cambiará (un kilogramo seguirá siendo un kilogramo), las cuatro unidades redefinidas se unirán al segundo, el metro y la candela para asegurar que el conjunto de unidades base del SI continuará siendo estable y útil. El SI revisado mantendrá su relevancia al facilitar innovaciones

técnicas. Así como la redefinición del segundo en 1967 proporcionó la base para la tecnología que ha transformado la forma en que nos comunicamos en todo el mundo, a través del GPS y el internet, los nuevos cambios tendrán un gran impacto en la ciencia, la tecnología, el comercio, la salud y el medio ambiente, entre muchos otros sectores. (CGPM). Para mayor detalle consultar la Tabla 1.- Nuevas definiciones del Sistema Internacional de Unidades (SI).

Tabla 1.- Nuevas definiciones del Sistema Internacional de Unidades (SI).

Unidad	Definición	Conversión	Diagrama
segundo (s)	El segundo es la unidad SI del tiempo. Se define a través de la fijación del valor numérico de la frecuencia de transición $\Delta\nu_{Cs}$ (la transición no perturbada entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental de átomos del isótopo ^{133}Cs) en 9 192 631 770, expresado en la unidad Hz o s^{-1} .	$1 \text{ s} = 9\,192\,631\,770 / \Delta\nu_{Cs}$	
metro (m)	El metro es la unidad SI de longitud. Se define a través de la fijación del valor numérico de la velocidad de la luz c en el vacío en 299 792 458, expresado en la unidad m s^{-1} , donde el segundo está definido por la frecuencia del cesio $\Delta\nu_{Cs}$.	$1 \text{ m} = (c / 299\,792\,458) \text{ s}$ $= 30,663\,318\dots c / \Delta\nu_{Cs}$	
kilogramo (kg)	El kilogramo es la unidad SI de la masa. Se define a través de la fijación del valor numérico de la constante de Planck h en 6,626 070 15 $\cdot 10^{-34}$, expresado en la unidad J s o $\text{kg m}^2 \text{ s}^{-1}$, donde el metro y el segundo están definidos por las constantes c y $\Delta\nu_{Cs}$.	$1 \text{ kg} = (h / 6,626\,070\,15 \cdot 10^{-34}) \text{ m}^2 \text{ s}$ $= 1,475\,521\dots \cdot 10^{40} h \Delta\nu_{Cs} / c^2$	
ampere (A)	El ampere es la unidad SI de la intensidad de la corriente eléctrica. Se define a través de la fijación del valor numérico de la carga elemental e en 1,602 176 634 $\cdot 10^{-19}$, expresada en C o A s y donde el segundo está definido por $\Delta\nu_{Cs}$.	$1 \text{ A} = e / (1,602\,176\,620\,8 \cdot 10^{-19}) \text{ s}^{-1}$ $= 6,789\,687\dots \cdot 10^8 \Delta\nu_{Cs} e$	
kelvin (K)	El kelvin es la unidad SI de la temperatura termodinámica. Se define a través de la fijación del valor numérico de la constante de Boltzmann en 1,380 649 $\cdot 10^{-23}$ en la unidad J K^{-1} o $\text{kg m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ K}^{-1}$, donde el kilogramo, el metro y el segundo están definidos por las constantes h , c y $\Delta\nu_{Cs}$.	$1 \text{ K} = (1,380\,649 \cdot 10^{-23} / k_B) \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$ $= 2,266\,665 \Delta\nu_{Cs} h / k_B$	
mol (mol)	El mol es la unidad SI de la cantidad de sustancia de un sistema, que está formado por partículas individuales específicas como átomos, moléculas, iones, electrones, otras partículas o grupos especificados de tales partículas. Se define a través de la fijación del valor numérico de la constante de Avogadro N_A en 6,022 140 76 $\cdot 10^{23}$, expresada en la unidad mol^{-1} .	$1 \text{ mol} = 6,022\,140\,857 \cdot 10^{23} / N_A$	
candela (cd)	La candela es la intensidad luminosa en una determinada dirección. Se define a través de la fijación del valor numérico de la intensidad de radiación K_{cd} de una radiación monocromática de frecuencia 540 $\cdot 10^{12}$ Hz en 683, expresado en la unidad lm W^{-1} o cd sr W^{-1} o $\text{cd sr kg}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ s}^3$, donde el kilogramo, el metro y el segundo están definidos por las constantes h , c y $\Delta\nu_{Cs}$.	$\text{cd} = (K_{cd} / 683) \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-3} \text{ sr}^{-1}$ $= 2,614\,830 \cdot 10^{10} \Delta\nu_{Cs} h \cdot K_{cd}$ con $K_{cd} = 683 \text{ lm W}^{-1}$	

Fuente: PTB-Mitteilungen 126 (2016), Número 2

3. Símbolos para las siete unidades básicas

Las unidades básicas del Sistema Internacional se indican en la **Tabla 2**, que relaciona las magnitudes básicas con los nombres y símbolos de las siete unidades básicas: 10ª CGPM (1954, Resolución 6; CR, 80); 11ª CGPM (1960, Resolución 12; CR, 87); 13ª CGPM (1967/68, Resolución 3; CR, 104); 14ª CGPM (1971, Resolución 3; CR, 78)).

4. Unidades derivadas

Las unidades derivadas se forman a partir de productos de potencias de unidades básicas. Las unidades derivadas coherentes son productos de potencias de unidades básicas en las que no interviene ningún factor numérico más que el 1. Las unidades básicas y las unidades derivadas coherentes del SI forman un conjunto coherente, denominado conjunto de unidades SI coherentes.

a) Unidades derivadas expresadas en función de unidades básicas

El número de magnitudes utilizadas en el campo científico no tiene límite; por tanto, no es posible establecer una lista completa de magnitudes y unidades derivadas. Sin embargo, la **Tabla 3** presenta algunos ejemplos de magnitudes y las unidades derivadas coherentes correspondientes, expresadas directamente en función de las unidades básicas.

Tabla 2. Unidades básicas del SI

Magnitudes básicas		Unidades básicas del SI	
Nombre	Símbolo	Nombre	Símbolo
Longitud	l, x, r, etc.	metro	m
Masa	m	kilogramo	kg
Tiempo, duración	t	segundo	s
Corriente eléctrica	I, i	amperio	A
Temperatura termodinámica	T	kelvin	K
Cantidad de sustancia	n	mol	mol
Intensidad luminosa	I _v	candela	cd

Fuente: (OIPM, 2019)

Tabla 3. Ejemplos de unidades SI derivadas coherentes a partir de las unidades básicas

Magnitud derivada		Unidad SI derivada coherente	
Nombre	Símbolo	Nombre	Símbolo
área, superficie	A	metro cuadrado	m ²
volumen	V	metro cúbico	m ³
velocidad	v	metro por segundo	m/s
aceleración	a	metro por segundo cuadrado	m/s ²
número de ondas	$\sigma, \nu \sim$	metro a la potencia menos uno	m ⁻¹
densidad, masa en volumen	ρ	kilogramo por metro cúbico	kg/m ³
densidad superficial	ρ_A	kilogramo por metro cuadrado	kg/m ²
volumen específico	v	metro cúbico por kilogramo	m ³ /kg
densidad de corriente	j	amperio por metro cuadrado	A/m ²
campo magnético	H	amperio por metro	A/m
concentración	c	mol por metro cúbico	mol/m ³
concentración másica	ρ, γ	kilogramo por metro cúbico	kg/m ³
luminancia	L _v	candela por metro cuadrado	cd/m ²
índice de refracción	n	uno	1

permeabilidad relativa	μ_r	uno	1
------------------------	---------	-----	---

Fuente: (NIST, 2008)

b) Unidades con nombres y símbolos especiales

Determinadas unidades derivadas coherentes han recibido nombres y símbolos especiales. Son en total veintidós y se indican en la **Tabla 3**. Estos nombres y símbolos especiales pueden utilizarse con los nombres y los símbolos de las unidades básicas o derivadas para expresar las unidades de otras magnitudes derivadas. Algunos ejemplos de ello figuran en la **Tabla 4**. Los nombres y símbolos especiales son una forma compacta de expresar combinaciones de unidades básicas de uso frecuente, pero en muchos casos sirven también para recordar la magnitud en cuestión. Los prefijos SI pueden emplearse con cualquiera de los nombres y símbolos especiales, pero al hacer esto la unidad resultante no será una unidad coherente.

Tabla 4. Unidades SI derivadas coherentes con nombres y símbolos especiales

Unidad SI derivada coherente ^o				
Magnitud derivada SI básicas	Nombre	Símbolo	Otras unidades SI	Unidades
ángulo plano	radián	rad	1	m/m
ángulo sólido	estereorradián	sr	1	m ² /m ²
frecuencia	hercio	Hz		s ⁻¹
fuerza	newton	N		m kg s ⁻²
presión, tensión	pascal	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
energía, trabajo	julio	J	N m	m ² kg s ⁻²
potencia, flujo energético	vatio	W	J/s	m ² kg s ⁻³
carga eléctrica,	culombio	C		s A
diferencia potencial eléctrico	voltio	V	W/A	m ² kg s ⁻¹

³A-1

capacidad eléctrica A2	faradio	F	C/V	$m^{-2}kg^{-1}s^4$
resistencia eléctrica ³ A-2	ohmio	Ω	V/A	$m^2 kg s^{-1}$
conductancia eléctrica ¹ s3 A2	siemens	S	A/V	$m^{-2}kg^{-1}$
flujo magnético ² A-1	weber	Wb	V s	$m^2 kg s^{-1}$
densidad de flujo magnético	tesla	T	Wb/m ²	$kg s^{-2}A^{-1}$
inductancia ² A ⁻²	henrio	H	Wb/A	$m^2 kg s^{-1}$
temperatura Celsius grado	Celsius	oC		K
flujo luminoso	lumen	lm	cd sr	cd
iluminancia	lux	lx	lm/m ²	$m^{-2}cd$

Fuente: (NIST, 2008)

Tabla 5. Ejemplos de unidades SI derivadas coherentes cuyos nombres y símbolos contienen unidades SI derivadas coherentes con nombres y símbolos especiales

Magnitud derivada básicas	Unidad SI derivada coherente		
	Nombre	Símbolo	SI
viscosidad dinámica	pascal segundo	Pa s	$m^{-1}kg s^{-1}$
momento de una fuerza	newton metro	N m	$m^2 kg^{-2}$
tensión superficial	newton por metro	N/m	$kg s^{-2}$
velocidad angular	radián por segundo	rad/s	$m m^{-1}s^{-1}= s^{-1}$
aceleración angular s ⁻²	radián por segundo cuadrado	rad/s ²	$m m^{-1}s^{-2}= s^{-2}$
densidad superficial de flujo térmico	vatio por metro cuadrado	W/m ²	$kg s^{-3}$

capacidad térmica entropía -1	julio por kelvin	J/K	$m^2 kg s^{-2} K^{-1}$
capacidad térmica másica,	julio por kilogramo y kelvin	J/(kg K)	$m^2 s^{-2} K^{-1}$
energía másica	julio por kilogramo	J/kg	$m^2 s^{-2}$
conductividad térmica 1	vatio por metro y kelvin	W/(m K)	$m kg s^{-3} K^{-1}$
densidad de energía	julio por metro cúbico	J/m ³	$m^{-1} kg s^{-2}$
campo eléctrico 21	voltio por metro	V/m	$m kg s^{-3} A^{-1}$
densidad de carga eléctrica	culombio por metro cúbico	C/m ³	$m^{-3} s A$
densidad superficial de carga eléctrica	culombio por metro cuadrado	C/m ²	$m^{-2} s A$
densidad de flujo eléctrico	culombio por metro cuadrado	C/m ²	$m^{-2} s A$

Fuente: (NIST, 2008)

5. Múltiplos y submúltiplos decimales de las unidades SI

Tabla 6. Prefijos SI

Factor	Nombre	Símbolo	Factor	Nombre	Símbolo
10 ¹	deca	da	10 ⁻¹	deci	d
10 ²	hecto	h	10 ⁻²	centi	c
10 ³	kilo	k	10 ⁻³	mili	m
10 ⁶	mega	M	10 ⁻⁶	micro	μ
10 ⁹	giga	G	10 ⁻⁹	nano	n
10 ¹²	tera	T	10 ⁻¹²	pico	p
10 ¹⁵	peta	P	10 ⁻¹⁵	femto	f
10 ¹⁸	exa	E	10 ⁻¹⁸	atto	a
10 ²¹	zetta	Z	10 ⁻²¹	zepto	z
10 ²⁴	yotta	Y	10 ⁻²⁴	yocto	y

Fuente: (NIST, 2008)

Los símbolos de los prefijos se escriben en caracteres romanos (rectos), como los símbolos de las unidades, independientemente del tipo de letra del texto adyacente, y se unen a los símbolos de las unidades, sin dejar espacio entre el símbolo del prefijo y el de la unidad. Con excepción de da (deca), h (hecto) y k (kilo), todos los símbolos de prefijos de múltiplos se escriben con mayúsculas y todos los símbolos de prefijos de submúltiplos se escriben con minúsculas. Todos los nombres de los prefijos se escriben con minúsculas, salvo al comienzo de una frase.

El grupo formado por un símbolo de prefijo y un símbolo de unidad constituye un nuevo símbolo de unidad inseparable (formando un múltiplo o un submúltiplo de la unidad en cuestión) que puede ser elevado a una potencia positiva o negativa y que puede combinarse con otros símbolos de unidades compuestas.

Ejemplos:

$$2,3 \text{ cm}^3 = 2,3 (\text{cm})^3 = 2,3 (10^{-2} \text{ m})^3 = 2,3 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ cm}^{-1} = 1 (\text{cm})^{-1} = 1 (10^{-2} \text{ m})^{-1} = 10^2 \text{ m}^{-1} = 100 \text{ m}^{-1}$$

Del mismo modo, los nombres de los prefijos son inseparables de los nombres de las unidades a las que se unen. Así, por ejemplo, milímetro, micropascal y meganewton se escriben en una sola palabra.

Entre las unidades básicas del Sistema Internacional, la unidad de masa es la única cuyo nombre, por razones históricas, contiene un prefijo. Los nombres y los símbolos de los múltiplos y submúltiplos decimales de la unidad de masa se forman añadiendo los nombres de los prefijos a la palabra “gramo” y los símbolos de estos prefijos al símbolo de la unidad “g”.

6. Unidades no pertenecientes al SI

El Sistema Internacional de Unidades, SI, es un sistema de unidades adoptado por la CGPM, que proporciona las unidades de referencia aprobadas internacionalmente, en función de las cuales se definen todas las demás unidades. Se recomienda su utilización en la ciencia, la tecnología, la ingeniería y el comercio. Las unidades básicas del SI, y las unidades derivadas coherentes, incluyendo aquellas que tienen nombres especiales, tienen la importante ventaja de formar un conjunto coherente con el efecto de que no es necesario efectuar conversiones de unidades cuando se dan valores particulares a las magnitudes en las ecuaciones que las ligan. Como el SI es el único sistema de unidades reconocido a nivel mundial, ofrece la clara ventaja de establecer un lenguaje universal.

Se considera útil establecer, en las tablas que siguen, listados de las unidades más importantes no pertenecientes al SI. Debe tenerse presente, sin embargo, que, al emplear estas unidades, se pierden las ventajas del SI.

Es deseable evitar el uso conjunto de unidades no pertenecientes al SI y de unidades SI; en especial, la combinación de unidades no pertenecientes al SI y de unidades SI, para la formación de unidades combinadas, debe restringirse a casos particulares, a fin de no perjudicar las propiedades del SI. Cuando se usen las unidades no pertenecientes al SI que figuran en las Tablas 7, 8 y 9, es conveniente definir las en función de las unidades SI correspondientes.

a) Unidades no pertenecientes al SI aceptadas para su uso con unidades SI

El CIPM (2004) ha revisado la clasificación de unidades no pertenecientes al SI publicada en la 7ª edición de esta publicación. La **Tabla 7** incluye las unidades no pertenecientes al SI cuyo uso con el Sistema Internacional está aceptado.

Tabla 7. Unidades no pertenecientes al SI cuyo uso con el SI está aceptado

Magnitud	Nombre de la unidad	Símbolo de la unidad	Valor en unidades SI
Tiempo	minuto	min	1 min = 60 s
	hora	h	1 h = 60 min = 3600 s
	día	d	1 d = 24 h = 86 400 s
ángulo plano	grado	°	1° = (π/180) rad
	minuto	'	1' = (1/60)° = (π/ 10 800)
	segundo	"	1" = (1/60)' = (π/ 648 000)
	rad		
área	hectárea	ha	1 ha = 1 hm ² = 10 ⁴ m ²
volumen	litro	L, l	1L = 1l = 1dm ³ = 10 ³ cm ³ = 10 ⁻³ m ³
masa	tonelada	t	1 t = 10 ³ kg

Fuente: (NIST, 2008)

No obstante, como las unidades SI son la base internacional a partir de la cual se definen todas las demás unidades, las unidades de las **Tablas 8 y 9** deben indicar siempre su definición en unidades SI.

Tabla 8. Otras unidades no pertenecientes al SI

Magnitud	Nombre de la unidad	Símbolo de la unidad	Valor en unidades SI
presión	bar	bar	1 bar = 0,1 MPa = 100 kPa = 10 ⁵ Pa
	milímetro de mercurio	mmHg	1 mmHg ≈ 133,322 Pa
longitud	ångström	Å	1 Å = 0,1 nm = 100 pm = 10 ⁻¹⁰ m
distancia	milla náutica	M	1 M = 1852 m
superficie	barn	b	1 b = 100 fm ² = (10 ⁻¹² cm) ² = 10 ⁻²⁸ m ²
velocidad	nudo	kn	1 kn = (1852/3600) m/s

Fuente: (NIST, 2008)

b) Otras unidades no pertenecientes al SI, cuyo uso no se recomienda

Hay muchas más unidades no pertenecientes al SI, demasiado numerosas para poderlas citar aquí, que presentan un interés histórico o que son utilizadas todavía en campos especializados (por ejemplo, el barril de petróleo) o en ciertos países (como la pulgada, el pie o la yarda). El CIPM no empleando estas unidades en los trabajos científicos y técnicos modernos. Sin embargo, es importante conocer la relación entre estas unidades y las unidades SI correspondientes, lo cual seguirá siendo necesario durante muchos años. Por ello, el CIPM ha decidido preparar una lista de factores de conversión a unidades SI para estas unidades y hacerlo accesible en la página web del BIPM en la dirección: www.bipm.org

c) El SI en USA

Relativo a la metrología y unidades de medida en los Estados Unidos de América es el NIST quien coordina la política Gubernamental Federal sobre la conversión al SI de las Agencias Federales y el uso del SI por la industria de los EUA y el público en general, el NIST es el representante oficial de los EUA ante los cuerpos internacionales de la Convención del Metro y aplica la Federal Standard 376B: 1993 Uso del sistema métrico por las Agencias Federales de los EUA.

Resumen de la metrología en los USA:

- 1975, Ley de la Conversión Métrica
- El Sistema Métrico de Medición, es el sistema preferido de Pesas y Medidas en los EUA.
- Las Agencias Federales deben usar el Sistema Métrico.
- 1998, Ley Pública, cambia el nombre de NBS al NIST
- Política de Conversión Métrica para Agencias Federales 15 CFR 1170, remueve el aspecto voluntario de conversión al SI para las agencias federales

- NIST, 2008

Se citan ejemplos de factores de equivalencia conforme al NIST, Guía para el uso del SI, 2008

Tabla 13s1 m del NIST (Volumen)

Unidad [Q]	Corresponde [Q']	Multipliicándolo por
barrel (oil, 42 gal)	metro cúbico (m ³)	1,589 873*E-01
gallon (U.S. liquid)	metro cúbico (m ³)	3,785 412*E-03

Fuente: (NIST, 2008)

7. Reglas de escritura de los nombres y símbolos de las unidades, y expresión de los valores de las magnitudes

Los principios generales referentes a la escritura de los símbolos de las unidades y de los nombres fueron propuestos durante la 9ª CGPM (1948, Resolución 7). Posteriormente fueron adoptados por la ISO y por otras organizaciones internacionales. Como resultado, existe en la actualidad un consenso general sobre cómo deben expresarse los símbolos y nombres de unidades, incluyendo los símbolos y nombres de los prefijos, y los símbolos y valores de las magnitudes

a) Símbolos de las unidades

Los símbolos de las unidades se imprimen en caracteres romanos (rectos), independientemente del tipo de letra empleada en el texto adyacente. Se escriben en minúsculas excepto si derivan de un nombre propio, en cuyo caso la primera letra es mayúscula.

Una excepción, adoptada por la 16ª CGPM (1979, Resolución 6), es que se permite el uso de la letra L en mayúscula o l en minúscula como símbolos del litro, a fin de evitar la confusión entre la cifra 1 (uno) y la letra l (ele).

Un prefijo de múltiplo o submúltiplo, si se usa, forma parte de la unidad y precede al símbolo de la unidad, sin espacio entre el símbolo del prefijo y el símbolo de la unidad. Un prefijo nunca se usa solo y nunca se usan prefijos compuestos.

Los símbolos de las unidades son entidades matemáticas y no abreviaturas. Por tanto, no van seguidos de un punto, salvo al final de una frase, ni se usa el plural, ni se pueden mezclar símbolos de unidades con nombres de unidades en una misma expresión, pues los nombres no son entidades matemáticas.

Para formar los productos y cocientes de los símbolos de las unidades, se aplican las reglas habituales de multiplicación o de división algebraicas. La multiplicación debe indicarse mediante un espacio o un punto centrado a media altura (\cdot), para evitar que ciertos prefijos se interpreten erróneamente como un símbolo de unidad. La división se indica mediante una línea horizontal, una barra oblicua ($/$), o mediante exponentes negativos. Cuando se combinan varios símbolos de unidades, hay que tener cuidado para evitar toda ambigüedad, por ejemplo, utilizando corchetes o paréntesis, o exponentes negativos. En una expresión dada sin paréntesis, no debe utilizarse más de una barra oblicua, para evitar ambigüedades.

b) Nombres de las unidades

Los nombres de las unidades se imprimen en caracteres romanos (rectos) y se consideran como nombres (sustantivos) comunes. En español, los nombres de unidades empiezan por minúscula (incluso cuando el símbolo de la unidad comience por mayúscula), salvo que se encuentren situados al comienzo de una frase o en

un texto en mayúsculas, como un título. Para cumplir esta regla, la escritura correcta del nombre de la unidad cuyo símbolo es °C es “grado Celsius” (la unidad grado comienza por la letra g en minúscula y el atributo Celsius comienza por la letra C en mayúscula, porque es un nombre propio).

Aunque los valores de las magnitudes se expresan generalmente mediante los nombres y símbolos de las unidades, si por cualquier razón resulta más apropiado el nombre de la unidad que su símbolo, debe escribirse el nombre de la unidad completo. Cuando el nombre de la unidad está combinado con el prefijo de un múltiplo o submúltiplo, no se deja espacio ni se coloca guion entre el nombre del prefijo y el de la unidad. El conjunto formado por el nombre del prefijo y el de la unidad constituye una sola palabra.

c) Escritura de los números y del separador decimal

El símbolo utilizado para separar la parte entera de su parte decimal se denomina “separador decimal”. Desde la 22ª Conferencia General (2003, Resolución 10), “el símbolo del separador decimal puede ser el punto o la coma, en la propia línea de escritura. El separador decimal elegido será el de uso corriente en el contexto en cuestión. Si el número está comprendido entre +1 y -1, el separador decimal va siempre precedido de un cero.

Desde la 9ª Conferencia General (1948, Resolución 7) y la 22ª Conferencia General (2003, Resolución 10), los números con muchas cifras pueden repartirse en grupos de tres cifras separadas por un espacio, a fin de facilitar la lectura. Estos grupos no se separan nunca por puntos ni por comas. Sin embargo, cuando no hay más que cuatro cifras delante o detrás del separador decimal, es usual no separar una cifra mediante un espacio. La práctica de agrupar de esta manera las cifras queda a elección personal; no siempre se sigue en ciertos campos especializados como el dibujo industrial, los documentos financieros y los escritos que ha de leer un ordenador.

d) Multiplicación y división de símbolos de magnitudes, valores de magnitudes y números

Para multiplicar o dividir los símbolos de magnitudes, puede emplearse cualquiera de las formas escritas siguientes: ab , $a b$, $a \cdot b$, $a \times b$, a/b , $b a$, $a b^{-1}$.

Cuando se multiplican valores de magnitudes, es conveniente utilizar bien un signo de multiplicación, \times , bien paréntesis (o corchetes), pero no el punto a media altura (centrado). Cuando se multipliquen números, debería utilizarse únicamente el signo de multiplicación, \times . Cuando se dividen valores de magnitudes mediante una barra oblicua, se emplean paréntesis para evitar ambigüedad.

CONCLUSIONES

Conforme a la Importancia de la medición de flujo y calidad de hidrocarburos y dado que los sistemas de medición de flujo son como las cajas registradoras de una empresa o país, si esta caja registradora está mal calibrada, afecta sin duda la equidad de la transacción de alguna de las partes interesadas. Con la aplicación del Sistema Internacional de unidades de medida (SI) en la medición de flujo y calidad de hidrocarburos, se pueden llevar a cabo los procesos metroológicos fundamentales para la obtención del Certificado de Calibración y de la Carta de trazabilidad y por lo tanto la determinación de la incertidumbre. **Ver Anexo 2 Importancia de la aplicación del SI en la determinación de la incertidumbre.**

Con la aplicación del Sistema Internacional de Unidades (SI) en la medición de hidrocarburos, los instrumentos, equipos o sistemas de medición serán calibrados utilizando patrones calibrados por el Centro Nacional de Metrología (CENAM) o laboratorios de calibración acreditados por una entidad de acreditación reconocida con base en La ley de Infraestructura de la Calidad (LIC, 2020) o por organismos de acreditación equivalentes en otros países que sean signatarios de

acuerdos de reconocimiento mutuo con base en La ley de Infraestructura de la Calidad (LIC, 2020) trazables a patrones nacionales o internacionales. En los casos en donde dichos patrones nacionales o internacionales no existan, la trazabilidad debe ser establecida a otros patrones de medición, que sean internacionalmente aceptados en el campo de que se trate. En ambos casos los patrones deben ser trazables a las unidades del **Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI)**, según lo establece la ley de Infraestructura de la Calidad (LIC, 2020). Todos los resultados de medición deben ser trazables a las unidades del SI, la trazabilidad a las unidades del SI se debe lograr por referencia a un patrón primario apropiado o a una constante natural, cuyo valor se conozca en términos de las unidades del SI pertinentes y sea recomendado por la CGPM y el Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM). **Ver Anexo 3. Trazabilidad**

REFERENCIAS

BIPM, 2006. BIPM. Oficina Internacional de Pesas y Medidas, 2006. *El Sistema Internacional de Unidades (SI)*.

CNH, 2020. Comisión Nacional de Hidrocarburos. Resolución CNH.13.005/2020. *Lineamientos técnicos de medición de hidrocarburos*. 23 de febrero de 2021.

ILAC Acuerdo de Mutuo Reconocimiento del International Laboratory Accreditation Cooperation

LIC, 2020, *LEY DE INFRAESTRUCTURA DE LA CALIDAD*, DOF, 01-07/2020

NMX, 2009. NMX-Z-055-IMNC-2009/OIML V 2:2012. *Vocabulario Internacional de Metrología*

NOM, 2002. NOM-008-SCFI-2002. *Sistema General de Unidades de Medida*

NIST 2008. National Institute of Standards and Technology, NIST Special Publication 811, 2008 *Edition Guide for the Use of the International System of Units (SI)*. *Guía para el uso del SI*.

OIPM, 2019. Oficina internacional de pesas y medidas, *El Sistema Internacional de Unidades*, 9ª Edición, 2019.

PTB, 2016. PTB mitteilungen Edición Especial Experimentos para el nuevo SI, *el Sistema Internacional de Unidades, Segunda edición 04/2019*

SI, 2019. Sistema Internacional de Unidades_ 9ª edición, 2019.

ANEXOS

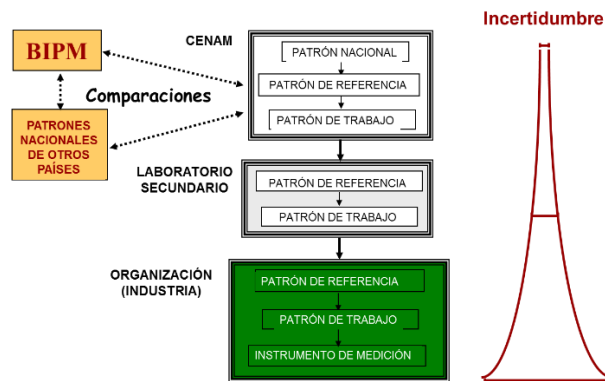
1. Sinopsis histórica de la legislación sobre metrología en México
2. Importancia de la aplicación del SI en la determinación de la incertidumbre
3. Trazabilidad
4. Reglas generales para la escritura de los símbolos de las unidades del SI
5. Esquema de puntos de medición de hidrocarburos

Anexo 1 Sinopsis histórica de la legislación sobre metrología en México.

<p>Ley sobre Pesas y Medidas: 1895 (Porfirio Díaz). - Adopta el Sistema Métrico Internacional de Pesas y Medidas. 1905 (Porfirio Díaz). - Se establece que los patrones nacionales de longitud es el metro, prototipo No. 25 y el de masa es el kilogramo prototipo No. 21, ambos de platino iridio. 1928 (Plutarco Elías Calles). - Establece una incipiente cadena metrológica teniendo como origen los patrones nacionales</p>
<p>Ley General de Normas y de Pesas y Medidas de 1961 (Gustavo Díaz Ordaz). - Conjunta las actividades de metrología, normalización, verificación y control de la calidad, cuyo Título II referente al Sistema General de Unidades de Medida fue modificado en 1970</p>
<p>Ley Federal sobre Metrología y Normalización de 1988. (Miguel de la Madrid Hurtado). - Establece y eleva a rango de Ley, el Centro Nacional de Metrología, el Sistema Nacional de Calibración y el Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas.</p>
<p>Ley Federal sobre Metrología y Normalización de 1992. (Carlos Salinas de Gortari)</p>
<p>Reformas a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (Ernesto Zedillo Ponce de León). - Modifica procedimientos y funciones de los organismos antes citados. Se reforma en 1996 y se vuelve a reformar en 1997; ambas reformas bajo la administración del presidente Ernesto Zedillo Ponce de León. El sector privado se ocupará de las actividades de normalización, acreditación, certificación y verificación</p>
<p>Ley de infraestructura de la Calidad julio de 2020.- Abroga y deroga la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y se integra al T-MEC.</p>

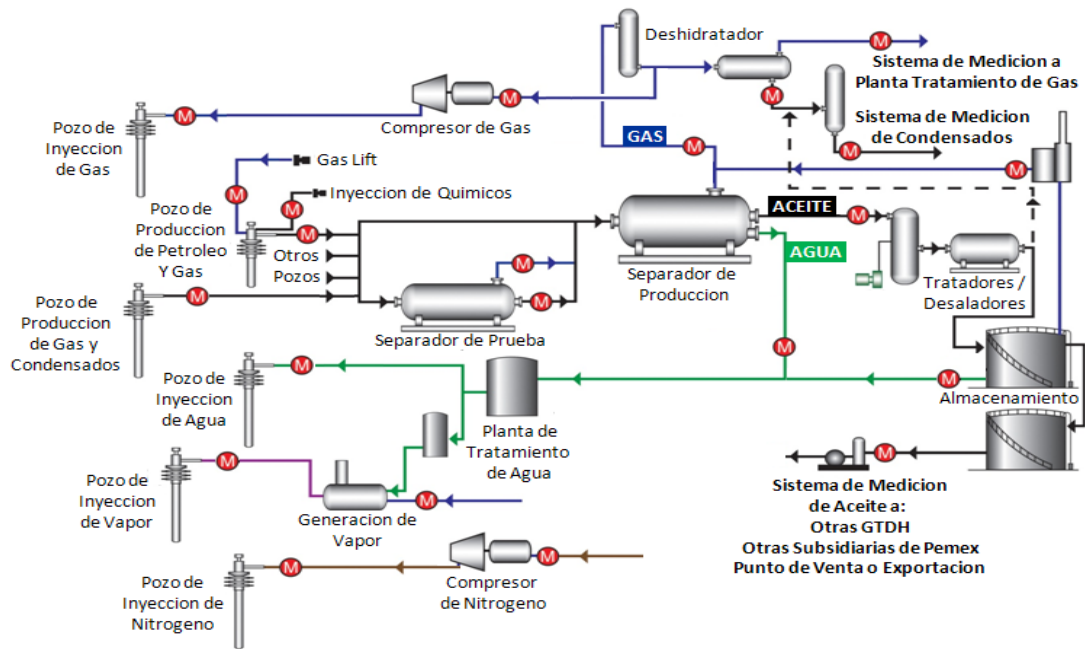


Anexo 2. Importancia de la aplicación del SI en la determinación de la incertidumbre.



Anexo 3. Trazabilidad.

Anexo 4. Reglas generales para la escritura de los símbolos de las unidades del SI.
1.- Los símbolos de las unidades deben ser expresados en caracteres romanos, en general, minúsculas, con excepción de los símbolos que se derivan de nombres propios, en los cuales se utilizan caracteres romanos en mayúsculas Ejemplos: m, cd, K, A
2.- No se debe colocar punto después del símbolo de la unidad
3.- Los símbolos de las unidades no deben pluralizarse Ejemplos: 8 kg, 50 kg, 9 m, 5 m
4.- El signo de multiplicación para indicar el producto de dos o más unidades debe ser de preferencia un punto. Este punto puede suprimirse cuando la falta de separación de los símbolos de las unidades que intervengan en el producto, no se preste a confusión. Ejemplo: Nm o Nm, también mN pero no: mN que se confunde con milinewton, submúltiplo de la unidad de fuerza, con la unidad de momento de una fuerza o de un par (newton metro)
5.- Cuando una unidad derivada se forma por el cociente de dos unidades, se puede utilizar una línea inclinada, una línea horizontal o bien potencias negativas. Ejemplo: m/s o ms ⁻¹ para designar la unidad de velocidad: metro por segundo
6.- No debe utilizarse más de una línea inclinada a menos que se agreguen paréntesis. En los casos complicados, deben utilizarse potencias negativas o paréntesis. Ejemplos: m/s ² o ms ⁻² , pero no: m/s/s mkg / (s ³ A) o mkg·s ⁻³ A ⁻¹ , pero no: mkg/s ³ A
7.- Los múltiplos y submúltiplos de las unidades se forman anteponiendo al nombre de éstas, los prefijos correspondientes con excepción de los nombres de los múltiplos y submúltiplos de la unidad de masa en los cuales los prefijos se anteponen a la palabra "gramo". Ejemplo: dag, Mg (decagramo; megagramo) ks, dm (kilosegundo; decímetro)
8.- Los símbolos de los prefijos deben ser impresos en caracteres romanos (rectos), sin espacio entre el símbolo del prefijo y el símbolo de la unidad. Ejemplo: mN (milinewton) y no: m N
9.- Si un símbolo que contiene a un prefijo está afectado de un exponente, indica que el múltiplo de la unidad está elevado a la potencia expresada por el exponente. Ejemplo: 1 cm ³ = (10 ⁻² m) ³ = 10 ⁻⁶ m ³ 1 cm ⁻¹ = (10 ⁻² m) ⁻¹ = 10 ² m ⁻¹
10.- Los prefijos compuestos deben evitarse. Ejemplo: 1 nm (un nanómetro) pero no: 1 μm (un milimicrómetro).



Anexo 5 Esquema de puntos de medición de hidrocarburos.



INNOVACIÓN Y GESTIÓN PÚBLICA



Dirección: Boulevard Adolfo Ruiz Cortines esquina
Av. de Las Américas s/n, Local G3 planta alta, Plaza
City Center Service. 86100 Villahermosa.



www.iaptabasco.org.mx

 IAP Tabasco, A. C.  @IAPTabascoac

 iaptabascoac  www.iaptabasco.org.mx