

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA**

DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA

**ASIGNATURA
METROLOGÍA
Clave: 1503**

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

1.- La siguiente tabla es tomada del informe de una auditoría. El informe contiene un error de interpretación al vocabulario internacional de metrología (VIM). Seleccione la opción que mejor explique el error detectado.

Longitud de barras tomadas de una muestra de 25 unidades. (cm)			
10.06	9.76	10.07	10.15
10.02	9.85	10.03	10.16
10.08	9.98	10.04	10.15
9.98	9.82	9.92	9.95
9.84	10.08	9.76	9.93

Conclusión del auditor:
Los datos anteriores revelan que las mediciones son correctamente hechas hasta 0.00 porque

- 1.- La planta tiene la misma idea de la precisión de la medición
- 2.- El instrumento utilizado es capaz de tal precisión

- a) El auditor confunde precisión de medida con exactitud de medida
- b) El auditor confunde precisión de medida con resolución del instrumento
- c) El auditor confunde precisión de medida con veracidad de medida
- d) El auditor confunde precisión de medida con incertidumbre de medida

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
 ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

2.- Complete la siguiente tabla de acuerdo con el vocabulario internacional de metrología (VIM)

Magnitud	Analito	Mensurando	Unidad	Referencia
Concentración		Concentración de DDT en suelo	ng/L	MRC al patrón de kilogramo del SI y de volumen
Masa		Contenido de Pb en residuos de agua	ng/kg	MRC al patrón de kg del SI
Temperatura	No aplica		K	
Conteo	E.coli	Número de colonias formadoras de E. coli por área superficial	m ⁻²	
pH		pH en agua para beber	pH	Escala de pH
Actividad	amilasa	Actividad amilasa	Katal	
Dureza	-	mohs	mohs	
Índice de Octano	Iso-octano	Índice de octano		Escala de índice de octano

3.- Las unidades básicas del Sistema Internacional de Unidades (SI) son siete: kilogramo (kg), metro (m) segundo (s), Ampere (A), Kelvin (K), mol (mol) y candela (cd). Estas unidades son definidas por constantes universales exactas. El SI hace una excepción con 13 unidades, no forman parte del SI pero las acepta, son consideradas parte del sistema entre ellas están: minuto(min), hora (h), día (d), ángulos (°), minutos (ángulo) ('), segundo (ángulo)(''), tonelada métrica (t), electronvolt (eV), unidad de masa atómica (u), unidad astronómica (ua) y litro(L), es importante señalar que litro fue acordado en la reunión del CGPM (Conferencia General de pesas y medidas) de 1979 usar como símbolo una L (notar que es una ele mayúscula) con la finalidad de evitar riesgo de confusión entre litro y el número 1. Internacionalmente se acordó usar un sistema de unidades (SI) que contiene reglas y están contenidos en un documento

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

emitido por la oficina internacional de pesas y medidas (Bureau International des Poids et Mesures (BIPM)) y adoptado en normas de diferentes países en el mundo, en México la Ley Federal sobre Metrología y Normalización establece que el **Sistema** Internacional es el **sistema de unidades** oficial en México, el cual está definido por la **Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002**, "**Sistema** General de **Unidades** de Medida". Las siguientes magnitudes están informadas con unidades derivadas, con nombres especiales, escribe su correspondencia en unidades básicas y su dimensión. Puedes ayudarte de la información que se encuentra en la dirección: <http://physics.nist.gov/cuu/Units/>

Magnitud	Correspondencia en Unidades básicas del SI	Dimensión
5 N		
5 Newton		
7 Pa		
7 Pascal		
23 J		
23 joule		

4.-El 20 de mayo del 2019 entro en vigor el nuevo Sistema Internacional de Unidades y entre los cambios más importantes que hubo son:

- El patrón de masa es un bloque de platino- iridio de 1 kg, el Kelvin está referido a la constante de Boltzmann
- El patrón de longitud está referido a la velocidad de la luz y la unidad mol al número de Avogadro
- El Ampere está referido a la carga elemental del electrón y la unidad mol a la constante de Avogadro
- El kilogramo está referido a la constante de Planck y el segundo está referido a una característica cuántica del Silicio.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
 ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

5.- Los múltiplos y submúltiplos de las unidades del SI se pueden escribir utilizando los prefijos que se muestran en la siguiente tabla tomada de la página del NIST.

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

Para los siguientes resultados de medición escriba en la equivalencia a la unidad de cada prefijo, es decir usa potencias de 10.

3 nanometro = _____

4 kilometro = _____

25 picogramos _____

63 femtoPascal = _____

12 nanometro = _____

15 gigametro = _____

26 miligramo = _____

12 petamol = _____

10 decimetro = _____

18 zeptosegundo= _____

23 picosegundo= _____

36 atofaraday= _____

73 micromol= _____

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

6.- El número de dígitos que un instrumento es capaz de indicar es lo que se conoce como cifras significativas. Los resultados de medir son valores que dan información y no debe perderse esa información ni falsearla. Si un instrumento no es capaz de dar un valor no debe uno incluirlos en el resultado de medir. Por ejemplo; si un instrumento es capaz de dar el número 1.62 tiene 3 cifras significativas, y no sería correcto colocarle un cero y decir que es 1.620 porque el instrumento no es capaz de indicarnos ese cero. Si el instrumento nos da el valor de 1.6 la lectura tiene dos cifras significativas. Se dificulta identificar las cifras de un número sobre todo cuando se hacen transformaciones o se usan prefijos y sufijos por ello se han montado reglas que se resumen a continuación.

1.- Los ceros de lado izquierdo no cuentan como cifra significativa. Por ejemplo, el número 0.00162 tiene el mismo número de cifras que el 0.162, ambos tienen tres cifras significativas.

2.- Los ceros del lado derecho si cuentan como cifra significativa. Por ejemplo, el número 1.620 tiene 4 cifras significativas.

3.- Los números en notación científica tiene tantos números significativos como números antes de usar la potencia de 10. Por ejemplo: 9.11×10^{-31} tiene tres cifras significativas.

4.- Cuando se multiplican o se dividen números obtenidos de medir, se respeta el número de cifras significativas. Se entrega el resultado con el menor número de cifras.

Considerando los puntos anteriores cuantas cifras tienen los siguientes números:

1.62 _____

1,6 _____

9.11×10^{-31} _____

7.- Indique el número de cifras significativas que se consideran para el resultado de las siguientes operaciones:

$1,23/3,4461 =$ _____

$1,23+3,4461 =$ _____

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

8.- Los resultados de una medida dependen de varios factores y eso da lugar a que no se tenga la seguridad del resultado, pero si se tiene la seguridad de que el resultado cae en un intervalo con una amplitud. La amplitud de un intervalo $[a;b]$ es la diferencia $b-a$ y se representa como $r[a;b]$

¿Cuál es la amplitud del intervalo $[-7; 5]$?

9.- ¿Cuál es la amplitud del intervalo $[2;8]$

10.- En la siguiente tabla se muestran resultados de medir, en algunos de ellos hay errores en la escritura. Identifique los errores y la segunda columna escriba la forma correcta.

Resultados de medir	Corrección a los resultados de medir.
3 minutos	
34 sec	
22 cc	
4580 gr	
75 cm.	
15739.01253	
35 m	
133 cms	
ms^{-1}	

Medir es un proceso que consiste en obtener uno o varios valores que puedes atribuirse razonablemente a una magnitud. propiedad de un fenómeno cuerpo o sustancia, que puede expresarse cuantitativamente mediante un número y una referencia.

Magnitud es la propiedad de un fenómeno cuerpo o sustancia, que puede expresarse cuantitativamente mediante un número y una referencia.

Mensurando es la magnitud que se desea medir

El fenómeno que se usa para medir se denomina principio de medición; la descripción genérica de la secuencia lógica de operaciones para medir se denomina método, los

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

métodos de medición pueden dividirse en directos e indirectos; el procedimiento corresponde a la descripción detallada de una medición conforme a uno o más principios de medida y a un método de medida dado, basado en un modelo de medida y que incluye los cálculos necesarios para obtener un resultado de medida.

11.- Consulta el vocabulario metrológico que se encuentra disponible en la página del BIPM y analiza los términos: medir, mensurando, principio de medida, método de medida, procedimiento de medida, modelo de medida, exactitud, precisión, veracidad e incertidumbre y para dispositivos de medir busque los términos: alcance, resolución, valor nominal, intervalo de medida, amplitud del intervalo de medida. Para la norma **NMX-F-307-1977** indicar cuál es el mensurando, el principio de medida, el método de medida y el procedimiento.

12.- Entre más próxima sea el resultado de medir con el valor verdadero del mensurando es más exacta la medida. La exactitud suele evaluarse con el error de medida; entre menor sea el error es más exacta. El error de la medida es la diferencia entre el valor medido y el valor de referencia. La exactitud también puede evaluarse a través de la veracidad y la precisión. La veracidad corresponde a la proximidad entre la media de un número infinito de medidas repetidas y un valor de referencia. La precisión corresponde a la proximidad entre los valores medidos obtenidos en mediciones repetidas bajo condiciones especificadas. La precisión se expresa de forma numérica mediante varianzas, desviaciones típicas o coeficientes de variación.

Se obtuvieron los siguientes valores por dos métodos diferentes de medir, si el valor de referencia fue de 0,0875 g/L obtenido a través de un promedio de valores, cual medición fue más precisa, más exacta y cuál de los dos métodos se tiene mayor veracidad.

Método de medida 1TRX g/L	Método de medida 2TRY g/L
0,0876	0,0873
0,0875	0,0873
0,0873	0,0875
0,0875	0,0875
0,0876	0,0875
0,0873	0,0873

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
 ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

En las siguientes celdas indique que método es más preciso, cual más exacto y el de mayor veracidad.

Método más preciso	
Método mas exacto	
Método con mayor veracidad	

13.-Un informe o certificado de calibración es un documento que contiene los resultados de la relación entre los valores y sus incertidumbres a partir de los patrones de medida. Los resultados de la calibración están compuestos esencialmente por errores de medición o correcciones e incertidumbres. El usuario del instrumento debe usar estos valores para mantener la trazabilidad a los patrones de reconocimiento internacional que guarda el BIPM y cuyas replicas las tienen los laboratorios primarios. Si en el informe se incluye el error el usuario resta este valor a su lectura del instrumento, si el informe contiene la corrección, el usuario suma este valor, por ejemplo. Los resultados de un informe o certificado de calibración de un termómetro son los siguientes:

INFORMACION EN EL CERTIFICADO			
Valor nominal (°C)	Error (°C)	Incertidumbre (°C)	
10,00	0,03	± 0,01	

Y el usuario obtiene una lectura con el termómetro de: $T = 10,45 \text{ }^{\circ}\text{C}$. El usuario tiene que aplicar los resultados del informe o certificado de calibración.

ACCIONES DEL USUARIO		
Lectura	Corrección a la lectura	Lectura corregida
10,45	-0,03	$10,45-0,03=10,48$

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
 ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO
 El valor corregido es $T = 10,48$

SEMESTRE 2020-1

Si el usuario de un medidor de presión registra una lectura de 103,00 Pa y los resultados del informe de calibración son los siguientes ¿cuál es el valor corregido de la medición de presión?

INFORMACION EN EL CERTIFICADO		
Valor nominal (Pa)	Corrección (Pa)	Incertidumbre (Pa)
103,00	0,05	$\pm 0,02$

Valor corregido: _____

14.- La norma NMX-AA-026-SCFI tiene como objetivo establecer el método de prueba para la medición de nitrógeno total Kjeldahl en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Dentro de los requisitos de la norma solicita que se usen dos balanzas; una granataria con una precisión de 0,1 g y una balanza analítica con una precisión de 0,1 mg. De acuerdo con el siguiente listado de balanzas en el mercado cuales son las balanzas que seleccionaría.

balanza	Marca	Alcance	Clase de exactitud	Resolución	Incertidumbre	Precio USD
1	Ohaus	620 g	Fina II	0,01 g	0,05 g	\$ 7 700
2	Sartorius	210 g	Especial I	0,000 1 g	0,000 12	\$ 2 350
3	Sartorius	3 kg	Fina II	0,5 g	0,25 g	\$ 6 300
4	Precisa	2 220	Especial I	0,001 g	0, 002 6 g	\$ 1 520

- a) 1 para la granataria y 4 para la analítica
- b) 2 para la granataria y 3 para la analítica
- c) 3 para la granataria y 4 para la analítica
- d) 1 para la analítica y 2 para la granataria

15.- Se llevaron a cabo las siguientes medidas y los instrumentos usados fueron:

I.-una balanza 200 g con una división mínima de 0,01 g un error de 0,01 g y una incertidumbre de 0,02 g.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
 ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

II.- Un termómetro de lectura directa digital de 200 °C división mínima de 0,01 °C una corrección de 0,01 °C y una incertidumbre de 0,01°C.

III.- Una probeta de 100 mL con una división mínima de 1 mL, una incertidumbre del 0,5 mL, un volumen en 60 mL 60,498 mL

Informa en la siguiente tabla el resultado corregido para cada valor obtenido.

Mensurando	Lectura	Valor corregido
0,25 g de azúcar	0,24 g	
Temperatura en Kelvin	0,01 °C	
mL de agua de una botella de 60 mL.	61 mL	

La incertidumbre es un parámetro que mide el grado de dispersión de la medida y es considerada como un valor cuantitativo de la calidad del resultado de medir. Un resultado de medir está formado por un número, una unidad y su incertidumbre. La incertidumbre nos indica el intervalo en el cual puede caer el resultado de medir. Existen varios métodos para estimar la incertidumbre de medición, a través de la propagación de varianzas, el método de Monte Carlo, método de Bayes y en algunas ocasiones son aplicables las incertidumbres relativas. Varias son las fuentes de incertidumbre en una medición y todas ellas se agrupan en dos categorías según la forma en que se estime su valor numérico: A: Aquellas que se evalúan por métodos estadísticos, B: Aquellas que se evalúan por otros métodos.

Incertidumbre tipo A.

Las componentes de la categoría A se caracterizan a través de varianzas estimadas o desviaciones típicas y el número de grados de libertad. Una varianza se obtiene mediante lecturas repetidas durante la medida y evalúa el grado de dispersión, el mejor estimador de ese grado de dispersión cuando el resultado de medir se obtiene de un promedio es la desviación estándar de la media. La incertidumbre de tipo A puede obtenerse a través de la desviación estándar de la media. Para obtener la desviación estándar de la media es necesario calcular la varianza de la media:

varianza

$$s^2(y) = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (y_k - \bar{y})^2 \text{ Ecuación.}$$

varianza de la media:

$$s^2(\bar{y}) = \frac{s^2(y_k)}{n} \text{ Ecuación. - 3.2}$$

donde:

$s^2(y)$ = varianza

y = promedio de valores

$s^2(\bar{y})$ = varianza de la media

n = número de repeticiones.

incertidumbre de tipo A puede obtenerse a partir de la varianza de la media

$$u(y) = \sqrt{s^2(\bar{y})} \text{ Ecuación 3.3.}$$

$u(y)$ = incertidumbre tipo A

16.- Si midió la concentración de plomo en espinaca (mg/g) por dos métodos diferentes ¿cuál de los dos métodos aportan menor incertidumbre de tipo A?

Método 1	Método 2
1,14	1,35
1,18	1,36
1,16	1,37
1,14	1,35
1,15	1,32

Incertidumbre tipo B

La incertidumbre de tipo B se obtiene a partir de conocimiento extra de los resultados de medir. Se caracterizan por varianzas estimadas. Entre algunas fuentes de incertidumbre tipo B tenemos: datos suministrados por informes de calibración, datos proporcionados por el proveedor del instrumento, estudios previos del método de

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

medida, incertidumbres asociadas a valores de referencia, incertidumbres asociadas a constantes. Por ejemplo; medir el volumen de un líquido en un recipiente para contener sin indicación se distinguen por lo menos 4 fuentes de incertidumbre:

- El llenado del recipiente ($u_{ll.r}$), por no tener indicación se hace de manera empírica.; por ejemplo, si se llena a 1 mm de la orilla representa el 1% de la altura de la vasija entonces la vasija se llenará en un 99.5% $\pm 0.5\%$ que correspondería en unidades de volumen (0.995 \pm 0.005) mL. Esta incertidumbre es considerada que se comporta con un tipo de distribución triangular, por lo que es necesario dividirla entre raíz de 6 y va a depender del volumen del recipiente:

$$u_{ll.r} = \frac{(0.005)(V_r)}{\sqrt{6}} \quad \text{Ecuación 3.4}$$

V_r = volumen del recipiente

- La dilatación del líquido por efecto de la temperatura ($u_{d.T}$) Todo líquido sufre una gran expansión volumétrica por aumento en la temperatura y esto proporciona una desconfianza en el resultado de medir, esta desconfianza es considerada que se comporta como una distribución uniforme o rectangular, y depende del volumen y del coeficiente de expansión volumétrica del agua. El coeficiente de expansión volumétrica del agua tiene un valor de: $2,1 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Si la temperatura de trabaja oscila entre (15 \pm 3) $^\circ\text{C}$ la ΔT corresponde a 3 $^\circ\text{C}$

$$u_{d.T} = \frac{(c.e.v.)(V_r)(\Delta T)}{\sqrt{3}} \quad \text{Ecuación 3.5.}$$

$c.e.v$ = coeficiente de expansion volumetrica

V_r = volumen del recipiente

ΔT =diferencia de temperatura

- La propia lectura en el recipiente volumétrico usado para medir el volumen. El material volumétrico tiene sus propias características de lectura, por ejemplo, si se mide con una probeta de 1 mL de resolución, es posible que la lectura pudiera quedar entre una marca y otra, ¿cuál es la lectura? Podría ser 15 mL o 16 mL, si está cercano al 15 podríamos decir 15 pero tendríamos una duda de 1 mL lo mismo sucedería si está cercano al 16 diríamos 16 pero también tendríamos una duda de 1 mL. Si le hacemos caso a nuestra capacidad de observación para detectar la mitad de las cosas podríamos decir 15.5 pero ahora tendríamos una duda de solamente 0.5 mL. En el primer caso sería una duda de la división mínima, es decir lo mínimo que mide el instrumento 1 mL y en el segundo caso estaríamos hablando de la mitad de la división mínima. Para ambos casos se considera una distribución triangular. Esta incertidumbre podríamos llamarle de la resolución. ($u_{resolucion}$)

Si solo se considera la división mínima

$$u_{\text{resolución}} = \frac{d.m}{\sqrt{6}}$$

Ecuación 3.6

Si se considera la mitad de la división mínima

$$u_{\text{resolución}} = \frac{d.m}{2\sqrt{6}}$$

- El recipiente volumétrico es calibrado por un laboratorio acreditado, el laboratorio informa la incertidumbre del instrumento, esta incertidumbre también es considerada una distribución triangular. u_c

$$u_c = \frac{u_{I.C}}{\sqrt{6}}$$

Ecuación 3.7

$u_{I.C}$ = Incertidumbre del informe de calibración

17.- El área interior de una vasija puede ser calculada de acuerdo con sus dimensiones y si se considera que es aproximadamente cilíndrica, puede usarse la ecuación para estimar el área de un cilindro. $A = 2\pi rh + 2\pi r^2$. Si el radio se mide con un vernier de 0,1 mm de incertidumbre y la altura con el mismo vernier. Las medidas del radio y de la altura son el resultado del promedio de las siguientes repeticiones: Las lecturas del radio fueron 1,23 mm, 1,24 mm, 1,25 mm y las de la altura 5,23 mm, 5,23 mm, 5,25 mm y 5,26 mm.

Identifique las incertidumbres de tipo B si el vernier fue calibrado y la incertidumbre del informe de calibración es de 0,02 mm.

Incertidumbre combinada.

La combinación de todas las fuentes de incertidumbre se denomina incertidumbre combinada. La incertidumbre combinada puede estimarse por el valor numérico obtenido al aplicar el método habitual de combinación de varianzas. La incertidumbre combinada y sus componentes deben expresarse en forma de "desviaciones típicas".

Para medidas directas e indirectas se muestran a continuación el modelo habitual de combinación de varianzas.

Para medidas indirectas

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)$$

Para medidas directas. *Ecuación 3.8*

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^n u^2(x_i)$$

Ecuación 3.9

En el caso de medidas directas, la ecuación 3.9 nos dice que para estimar la incertidumbre se suman cada una de las incertidumbres identificadas elevadas al cuadrado y ese número se le saca la raíz cuadrada. Por ejemplo, si se quiere conocer la capacidad volumétrica de una botella, puede hacerse llenando la botella con agua y medir este volumen con una probeta o una bureta, cualquiera de ellas calibrada lo que permite tener la función de un instrumento. Y la medida es directa. Anteriormente identificamos al menos cuatro incertidumbres en la medida de volumen: la incertidumbre del llenado (u_{ll}), la de la dilatación del líquido por efectos de la temperatura ($u_{d,t}$), la de la resolución ($u_{resolución}$) y la del informe de calibración ($u_{I.C}$). De acuerdo con la ecuación 3.9 la incertidumbre del volumen corresponde a:

$$u_{V,r} = \sqrt{(u_{ll,r})^2 + (u_{d,T})^2 + (u_{resolución})^2 + (u_{I.C})^2}$$

La ecuación 3.8 es aplicada cuando la medida es indirecta, como es el caso del área de un cilindro. Es necesario obtener las derivadas parciales de cada una de las magnitudes de las que depende. En el caso del área, esta depende del radio y de la altura por lo que la ecuación 3.8 se traduce en el siguiente desarrollo.

$$A = 2\pi r h + 2\pi r^2$$

$$A = f(r, h)$$

$$u_A^2 = \left(\frac{\partial A}{\partial r} \right)^2 u_r^2 + \left(\frac{\partial A}{\partial h} \right)^2 u_h^2$$

Las derivadas parciales son también conocidas como coeficientes de sensibilidad.

$$\frac{\partial A}{\partial r} = 2\pi h + 2\pi r$$

$$\frac{\partial A}{\partial h} = 2\pi r$$

Sustituyendo los coeficientes de sensibilidad se obtiene:

$$u_A^2 = (2\pi h + 2\pi r)^2 u_r^2 + (2\pi r)^2 u_h^2$$

Los valores de h y r usados corresponden al promedio de las repeticiones. En la medida de área pueden distinguirse 3 fuentes de incertidumbre; dos proporcionadas por el instrumento (incertidumbre de la resolución ($u_{\text{resolución}}$), incertidumbre del informe de calibración ($u_{\text{i.c.}}$)) Y una tercera fuente de incertidumbre asociada a la dispersión de los resultados, una incertidumbre de tipo A (u_{tipoA})

$$u_r = u_h = \sqrt{u_{\text{resolución}}^2 + u_{\text{i.c.}}^2 + u_{\text{tipoA}}^2}$$

18.- Obtenga la incertidumbre del área de la vasija del problema 17 a partir del método habitual de propagación de varianzas

19.- En la siguiente tabla se muestran las masas molares e incertidumbres de algunos elementos químicos reportados por la IUPAC. Con base en ella, calcule la masa molar del ácido acético (CH_3COOH) con su respectiva incertidumbre estándar

Elemento	Masa molar g/mol
H	1.007 94(7)
C	12.010 7(8)
O	15.999 4(3)

20.- El pH de una muestra de agua residual es de $(5,1 \pm 0,1)$ unidades de pH a 25 °C. Para medir el valor de pH se usó un medidor de pH de electrodos combinados y tres materiales de referencia certificados. Solución buffer de pH 6,85 con una incertidumbre de 0,01 a 25 °C, solución buffer pH 4,00 con una incertidumbre de 0,01 y solución buffer de 10,023 con una incertidumbre de 0,005. Las tres incertidumbres corresponden a incertidumbres expandidas. El MRC fue proporcionado por el CENAM.

El certificado indica que los valores certificados se derivan de la medición de la fuerza electromotriz de las celdas de unión líquida, con electrodos de platino hidrogeno y de electrodos de Ag/AgCl.

Trace la carta de trazabilidad.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

21.- En un ensayo de aptitud de la calibración de termómetros de lectura directa la mejor selección de un programa de participación correspondería:

- a) Secuencial
- b) Simultaneo
- c) Por niveles
- d) De muestra compartida
- e) De evaluación externa de la calidad

22.- Los siguientes valores son resultado de un ensayo de aptitud en la determinación de arsénico en agua de beber.

Lab	Valor (µg/L)	Incert. (µg/L)
501	19,65	1,05
502	28,10	1,70
503	23,30	1,50
504	19,78	0,89
505	17,20	1,10
506	19,63	1,90

Si el valor asignado del "ítem" es $(20 \pm 0,2)$ µg/ L se puede concluir que:

- a) Todos los laboratorios tienen la prueba satisfactoria
- b) El laboratorio dos y tres son considerados sospechosos
- c) El laboratorio dos es no satisfactorias en la prueba de arsénico
- d) Los laboratorios dos, tres y cinco son no satisfactorios

23.- En relación con el concepto de exactitud se puede decir que:

- a) Se evalúa a través de la repetibilidad y la reproducibilidad
- b) Se evalúa a través de la precisión y la veracidad
- c) Es un valor único que depende de la resolución del instrumento
- d) Corresponde al número de cifras significativas que tienen los resultados

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
 ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

24.- Los datos de la siguiente tabla son los resultados de un estudio de exactitud de mercurio en cabello, el valor certificado del "ítem" es de $(4,42 \pm 0,2) \mu\text{g/g}$

	$\mu\text{g/g}$	Núm. Lab.	Sr	sb
SO11	4,15	17	0,22	0,18
SO22	4,07	14	0,21	0,26
SO21	4,06	15	0,28	0,25
SO12	3,91	14	0,25	0,23

Con los datos anteriores puede decirse que:

- a) El laboratorio de mayor exactitud S011
- b) Los laboratorios S022 Y S021 son sospechosos
- c) El laboratorio de menor exactitud es el S012
- d) Los laboratorios de mayor exactitud S011 Y S021

25.- Los siguientes datos corresponden a la matriz de varianzas de un estudio de exactitud, identifique los resultados que quedan fuera de la prueba si cada medición fue hecha tres veces. (El número entre paréntesis corresponde al número de laboratorio participante)

0,10 (1)	0,21 (2)	0,21 (3)	0,04 (4)	0,05 (5)	0,3 (6)	0,13 (7)	0,07 (8)	0,36 (9)	0,06 (10)
0,06 (11)	0,07 (12)	0,10 (13)	0,10 (14)	0,42 (15)	0,39 (16)	0,34 (17)	0,06 (18)	0,10 (19)	0,01 (20)

- a) Todos los datos son satisfactorios
- b) El laboratorio 15 y el 9 quedan fuera
- c) El laboratorio 17 queda fuera
- d) Todos los datos quedan fuera

Tablas auxiliares.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
 ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

Tabla 4 — Valores críticos para la prueba de Cochran

p	n = 2		n = 3		n = 4		n = 5		n = 6	
	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%
2	-	-	0.995	0.975	0.979	0.939	0.959	0.906	0.937	0.877
3	0.993	0.967	0.942	0.871	0.883	0.798	0.834	0.746	0.793	0.707
4	0.968	0.906	0.864	0.768	0.781	0.684	0.721	0.629	0.676	0.590
5	0.928	0.841	0.788	0.684	0.696	0.598	0.633	0.544	0.588	0.506
6	0.883	0.781	0.722	0.616	0.626	0.532	0.564	0.480	0.520	0.445
7	0.838	0.727	0.664	0.561	0.568	0.480	0.508	0.431	0.466	0.397
8	0.794	0.680	0.615	0.516	0.521	0.438	0.463	0.391	0.423	0.360
9	0.754	0.638	0.573	0.478	0.481	0.403	0.425	0.358	0.387	0.329
10	0.718	0.602	0.536	0.445	0.447	0.373	0.393	0.331	0.357	0.303
11	0.684	0.570	0.504	0.417	0.418	0.348	0.366	0.308	0.332	0.281
12	0.653	0.541	0.475	0.392	0.392	0.326	0.343	0.288	0.310	0.262
13	0.624	0.515	0.450	0.371	0.369	0.307	0.322	0.271	0.291	0.243
14	0.599	0.492	0.427	0.352	0.349	0.291	0.304	0.255	0.274	0.232
15	0.575	0.471	0.407	0.335	0.332	0.276	0.288	0.242	0.259	0.220
16	0.553	0.452	0.388	0.319	0.316	0.262	0.274	0.230	0.246	0.208
17	0.532	0.434	0.372	0.305	0.301	0.250	0.261	0.219	0.234	0.198
18	0.514	0.418	0.356	0.293	0.288	0.240	0.249	0.209	0.223	0.189
19	0.496	0.403	0.343	0.281	0.276	0.230	0.238	0.200	0.214	0.181
20	0.480	0.389	0.330	0.270	0.265	0.220	0.229	0.192	0.205	0.174
21	0.465	0.377	0.318	0.261	0.255	0.212	0.220	0.185	0.197	0.167
22	0.450	0.365	0.307	0.252	0.246	0.204	0.212	0.178	0.189	0.160
23	0.437	0.354	0.297	0.243	0.238	0.197	0.204	0.172	0.182	0.155
24	0.425	0.343	0.287	0.235	0.230	0.191	0.197	0.166	0.176	0.149
25	0.413	0.334	0.278	0.228	0.222	0.185	0.190	0.160	0.170	0.144
26	0.402	0.325	0.270	0.221	0.215	0.179	0.184	0.155	0.164	0.140
27	0.391	0.316	0.262	0.215	0.209	0.173	0.179	0.150	0.159	0.135
28	0.382	0.308	0.255	0.209	0.202	0.168	0.173	0.146	0.154	0.131
29	0.372	0.300	0.248	0.203	0.196	0.164	0.168	0.142	0.150	0.127
30	0.363	0.293	0.241	0.198	0.191	0.159	0.164	0.138	0.145	0.124
31	0.355	0.286	0.235	0.193	0.186	0.155	0.159	0.134	0.141	0.120
32	0.347	0.280	0.229	0.188	0.181	0.151	0.155	0.131	0.138	0.117
33	0.339	0.273	0.224	0.184	0.177	0.147	0.151	0.127	0.134	0.114
34	0.332	0.267	0.218	0.179	0.172	0.144	0.147	0.124	0.131	0.111

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
 ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

Tabla 6 — Indicadores para los estadísticos \bar{h} y \bar{k} de Mandel, con un nivel de significación del 1%

P	h	k								
		n								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	1,15	1,71	1,64	1,58	1,53	1,49	1,46	1,43	1,41	1,39
4	1,49	1,91	1,77	1,67	1,60	1,55	1,51	1,48	1,45	1,43
5	1,72	2,05	1,85	1,73	1,65	1,59	1,55	1,51	1,48	1,46
6	1,87	2,14	1,90	1,77	1,68	1,62	1,57	1,53	1,50	1,47
7	1,98	2,20	1,94	1,79	1,70	1,63	1,58	1,54	1,51	1,48
8	2,06	2,25	1,97	1,81	1,71	1,65	1,59	1,55	1,52	1,49
9	2,13	2,29	1,99	1,82	1,73	1,66	1,60	1,56	1,53	1,50
10	2,18	2,32	2,00	1,84	1,74	1,66	1,61	1,57	1,53	1,50
11	2,22	2,34	2,01	1,85	1,74	1,67	1,62	1,57	1,54	1,51
12	2,25	2,36	2,02	1,85	1,75	1,68	1,62	1,58	1,54	1,51
13	2,27	2,38	2,03	1,86	1,76	1,68	1,63	1,58	1,55	1,52
14	2,30	2,39	2,04	1,87	1,76	1,69	1,63	1,58	1,55	1,52
15	2,32	2,41	2,05	1,87	1,76	1,69	1,63	1,59	1,55	1,52
16	2,33	2,42	2,05	1,88	1,77	1,69	1,63	1,59	1,55	1,52
17	2,35	2,44	2,05	1,88	1,77	1,69	1,64	1,59	1,55	1,52
18	2,36	2,44	2,06	1,88	1,77	1,70	1,64	1,59	1,56	1,52
19	2,37	2,44	2,07	1,89	1,78	1,70	1,64	1,59	1,56	1,53
20	2,39	2,45	2,07	1,89	1,78	1,70	1,64	1,60	1,56	1,53
21	2,39	2,46	2,07	1,89	1,78	1,70	1,64	1,60	1,56	1,53
22	2,40	2,46	2,08	1,90	1,78	1,70	1,65	1,60	1,56	1,53
23	2,41	2,47	2,08	1,90	1,78	1,71	1,65	1,60	1,56	1,53
24	2,42	2,47	2,08	1,90	1,79	1,71	1,65	1,60	1,56	1,53
25	2,42	2,47	2,08	1,90	1,79	1,71	1,65	1,60	1,56	1,53
26	2,43	2,48	2,09	1,90	1,79	1,71	1,65	1,60	1,56	1,53
27	2,44	2,48	2,09	1,90	1,79	1,71	1,65	1,60	1,56	1,53
28	2,44	2,49	2,09	1,91	1,79	1,71	1,65	1,60	1,57	1,53
29	2,45	2,49	2,09	1,91	1,79	1,71	1,65	1,60	1,57	1,53
30	2,45	2,49	2,10	1,91	1,79	1,71	1,65	1,61	1,57	1,53

P = número de laboratorios a un nivel dado
 N = número de réplicas en el intralaboratorio a cada nivel
 NOTA — Proporcionado por el Dr. J. Mandel y publicado con su permiso

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
 ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

Tabla 7 — Indicadores para los estadísticos \bar{h} y \bar{k} de Mandel, con un nivel de significación del 5%

p	n	k								
		n								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	1,15	1,65	1,53	1,45	1,40	1,37	1,34	1,32	1,30	1,29
4	1,42	1,76	1,59	1,50	1,44	1,40	1,37	1,35	1,33	1,31
5	1,57	1,81	1,62	1,53	1,46	1,42	1,39	1,36	1,34	1,32
6	1,66	1,85	1,64	1,54	1,48	1,43	1,40	1,37	1,35	1,33
7	1,71	1,87	1,66	1,55	1,49	1,44	1,41	1,38	1,36	1,34
8	1,75	1,88	1,67	1,56	1,50	1,45	1,41	1,38	1,36	1,34
9	1,78	1,90	1,68	1,57	1,50	1,45	1,42	1,39	1,36	1,35
10	1,80	1,90	1,68	1,57	1,50	1,46	1,42	1,39	1,37	1,35
11	1,82	1,91	1,69	1,58	1,51	1,46	1,42	1,39	1,37	1,35
12	1,83	1,92	1,69	1,58	1,51	1,46	1,42	1,40	1,37	1,35
13	1,84	1,92	1,69	1,58	1,51	1,46	1,43	1,40	1,37	1,35
14	1,85	1,92	1,70	1,59	1,52	1,47	1,43	1,40	1,37	1,35
15	1,86	1,93	1,70	1,59	1,52	1,47	1,43	1,40	1,38	1,36
16	1,86	1,93	1,70	1,59	1,52	1,47	1,43	1,40	1,38	1,36
17	1,87	1,93	1,70	1,59	1,52	1,47	1,43	1,40	1,38	1,36
18	1,88	1,93	1,71	1,59	1,52	1,47	1,43	1,40	1,38	1,36
19	1,88	1,93	1,71	1,59	1,52	1,47	1,43	1,40	1,38	1,36
20	1,89	1,94	1,71	1,59	1,52	1,47	1,43	1,40	1,38	1,36
21	1,89	1,94	1,71	1,60	1,52	1,47	1,44	1,41	1,38	1,36
22	1,89	1,94	1,71	1,60	1,52	1,47	1,44	1,41	1,38	1,36
23	1,90	1,94	1,71	1,60	1,53	1,47	1,44	1,41	1,38	1,36
24	1,90	1,94	1,71	1,60	1,53	1,48	1,44	1,41	1,38	1,38
25	1,90	1,94	1,71	1,60	1,53	1,48	1,44	1,41	1,38	1,36
26	1,90	1,94	1,71	1,60	1,53	1,48	1,44	1,41	1,38	1,36
27	1,91	1,94	1,71	1,60	1,53	1,48	1,44	1,41	1,38	1,36
28	1,91	1,94	1,71	1,60	1,53	1,48	1,44	1,41	1,38	1,36
29	1,91	1,94	1,7	1,60	1,53	1,48	1,44	1,41	1,38	1,36
30	1,91	1,94	1,72	1,60	1,53	1,48	1,44	1,41	1,38	1,36

p = número de laboratorios a un nivel dado
 n = número de réplicas en el interior de cada laboratorio a cada nivel

NOTA — Proportionado por el Dr. J. Mandel y publicado con su permiso

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

26.- Los instrumentos para pesar abarcan un amplio intervalo en cuanto a la magnitud de la masa del objeto se refiere. Por otra parte, en la literatura y en el mercado de instrumentos para pesar se encuentran diversas propuestas al respecto. En este contexto, a continuación, se cita una clasificación que comúnmente puede encontrarse en la literatura. ¿Cuál es la que debe tomarse en cuenta cuándo se trata del campo de la metrología?, justifique su respuesta.

- a. Balanzas granatarias y balanzas analíticas
- b. Balanzas y básculas.
- c. Balanzas de precisión, analítica, semi micro balanza, microbalanza, ultra microbalanza.
- d. Especial I, Fina II, Media III y Ordinaria IIII.

27.- ¿En la calibración de un termómetro de líquido en vidrio, qué variables se toman en cuenta para determinar la incertidumbre de un termómetro?

- a) La incertidumbre del patrón, la resolución del instrumento y la corrección por columna emergente.
- b) La temperatura del baño, el material del termómetro y la resolución.
- c) La corrección por columna emergente, la humedad del ambiente y la presión atmosférica.
- d) La calibración del patrón de referencia y el informe de validación del baño.
- e) La humedad, la temperatura y la presión atmosférica del área de trabajo.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
 ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

28.- Los siguientes son casos que se resuelven siguiendo los lineamientos de la Ley de Metrología y Normalización. Propón una sugerencia de solución para cada caso específico e indica el artículo de la ley o del reglamento en el que se basan para proponer dicha solución.

Situación	Sugerencia	Artículo y sección.
1.-El laboratorio de control de calidad de una empresa que fabrica jabones requiere saber propiedades metrológicas de sus instrumentos para evaluar sus errores e incertidumbres.		
2.- Una secundaria particular que está formando sus programas de estudio que le indica que debe hacer la Ley de Metrología y Normalización		
3.- Un fabricante de balanzas envió sus balanzas a calibrar y dos de ellas no cumplen con los requisitos reglamentarios de acuerdo con su clase de exactitud, que tiene que hacer dicho fabricante.		
4.- Un fabricante de bombas para agua según la ley de Metrología y Normalización requiere para que sus bombas sean comercializadas		
5.- El producto que una empresa empacadora ofrece tiene una etiqueta marcada en lb (libras) que tiene que hacer dicha empresa para poder comercializar el producto		

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
 ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

<p>6.-Un extranjero requiere saber dónde encontrar la norma referida a requisitos sanitarios que debe satisfacer el etiquetado de pinturas y barnices. Se le obliga a cumplir con ella. Bajo qué tipo de normas pudiera encontrarla NOM o NMX</p>		
<p>7.-La misma empresa anterior requiere localizar una norma relacionada con el sistema de gestión de la calidad. De manera voluntaria quiere implementar un sistema de calidad. Bajo qué tipo de norma pudiera encontrarse NOM o NMX y a quien puede dirigirse</p>		
<p>8.-El consejo regulador de tequila quiere emitir certificados de productos del tequila a empresas para evaluar el cumplimiento con la norma NMX-V-049-NORMEX-2004</p>		
<p>9.- Casa Cuervo S.A de C.V. requiere un certificado que demuestre el cumplimiento con la NMX-V-049-NORMEX-2004</p>		
<p>10.- Bardahl de México, S.A de C.V. requiere demostrar la competencia técnica para llevar a cabo las pruebas fisicoquímicas de líquidos para frenos y anticongelantes que marca la NOM-113-SCFI-1995</p>		
<p>11.- Dowell Schlumberger de México, S.A. de C.V. requiere calibrar sus termómetros para cumplir con los requisitos de su prueba acreditada para el</p>		

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

método de prueba ASTM-D-4052-96		
12.- Asociación de Normalización y Certificación A.C. requiere incluir en sus actividades verificar el cumplimiento de la NOM-016-SEMARNAT-2003		
13.- Una operadora de buceo debe verificar que cumple con la NOM-05-TUR-2005. Requisitos mínimos de seguridad a que deben sujetarse los operadores de buceo		

SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS

1) b) El auditor confunde precisión de medida con resolución del instrumento

Precisión de medida de acuerdo con el VIM es la proximidad entre las indicaciones o los valores medidos obtenidos por mediciones repetidas y se expresa en medidas de dispersión. No se refiere a precisión ya que no se tiene informada medida de dispersión.

Resolución de acuerdo con el VIM es la variación de la magnitud medida que da lugar a una variación perceptible de la indicación. La resolución indica el número de cifras significativas que tiene la medición. En el caso de la lectura se refiere exactamente al número de cifras significativas que tiene la medición.

Los datos proporcionados en la tabla no dan información de exactitud y de veracidad, ya que para ambas se requiere conocer el valor verdadero del mensurando.

Exactitud de acuerdo con el VIM es la proximidad entre un valor medido y un valor verdadero de un mensurando.

Veracidad de acuerdo con el VIM es la proximidad entre la media de un número infinito de valores medidos repetidos y un valor de referencia.

2.-

Magnitud	Analito	Mensurando	Unidad	Referencia
Concentración	DDT	Concentración de DDT en suelo	ng/L	MRC
Masa	Pb	Contenido de Pb en residuos de agua	ng/kg	MRC al patrón de kg del SI
Temperatura	No aplica	La temperatura de un baño de pozo húmedo	K	Escala de temperaturas referida a la constante de Boltzmann
Conteo	E.coli	Número de colonias formadoras de E. coli por área	m ⁻²	Patrón de longitud del SI , a la constante de

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
 ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

		superficial		la velocidad de la luz
pH	Actividad de iones H ⁺	pH en agua para beber	pH	Escala de pH
Actividad	amilasa	Actividad amilasa	Katal	MRC
Dureza	-----	mohs	mohs	Escala de dureza
Índice de Octano	Iso-octano	Índice de octano	Número octano	Escala de índice de octano

3.-

Magnitud	Operación	Correspondencia en Unidades básicas.	Dimensión
5 N 5 Newton	$F = ma$ $F = fuerza$ $m = masa$ $a = aceleracion$	$5 \frac{kg}{ms^2}$	MLT ⁻²
7 Pa 7 Pascal	$P = \frac{F}{a}$ $P = presion$ $F = fuerza$ $a = área$	$7 \frac{N}{m^2} = \frac{kg}{ms^2}$	ML ⁻¹ T ²
23 J 23 joule	$E = \frac{1}{2}mv^2$	$23kg \frac{m^2}{s^2}$	M ² T ⁻²

4.- Solución: c)

En la 24ª reunión (2011) de la CGPM, en la resolución 1, por unanimidad se aceptó definir el SI con base en un conjunto de siete constante definitorias extraída de constantes fundamentales de la naturaleza. A partir de las cuales se deducen las definiciones de las siete unidades básicas. La decisión anterior fue confirmada en la 25ª reunión (2014). Después de varias propuestas se decide que, a partir del 20 de mayo de 2019, el Sistema Internacional de Unidades es definido a partir de las siguientes constantes universales.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

La frecuencia de transición hiperfina no alterada del estado fundamental del átomo de cesio 133 ($\Delta\nu_{cs}$) es 9 192 631 770 Hz, para tiempo.

La velocidad de la luz en el vacío (c) es 299 792 458 m / s, para metro

La constante de Planck (h) es $6.626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$ J s, para kilogramo

La carga elemental (e) es $1.602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$ C, para Ampere

La constante de Boltzmann (k) es $1.380\ 649 \times 10^{-23}$ J K⁻¹, para Kelvin

La constante de Avogadro (N_A) es $6.022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ mol⁻¹, para mol

La eficacia luminosa de la radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} Hz, (K_{cd}) es 683 lm W⁻¹, para candela.

5.- Solución: 3×10^{-9} m, 4×10^3 m, 25×10^{-12} g, 63×10^{-15} Pa, 12×10^{-9} m, 15×10^9 m, 26×10^{-3} g, 12×10^{15} mol, 10×10^{-1} m, 18×10^{-21} s, 23×10^{-12} s, 35×10^{-18} F, 73×10^{-6} mol.

6.- Solución: 3, 2, 3.

7.- Solución: 3,3.

8.- Solución:

$$r [-7;5]=5-(-7)=12$$

$$r=12$$

9.- Solución:

$$r [2;8]=8-2=6$$

$$r=6$$

10.-

Resultados de medir	Corrección a los resultados de medir.
3 minutos	180 s
34 sec	34 s
22 cc	22 cm ³
4580 gr	4580 g
75 cm.	75 cm

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
 ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

15739.01253	15 739, 01 253
35 m	35 mol / m ³
133 cms	133 cm
ms ⁻¹	m · s ⁻¹

11.-

	Norma: NMX-F-307-1977
Mensurando	% de almidón en grano de cacao
Principio de medida	Hidrólisis ácida del almidón y Reducción de glucosa por cobre
Método de medida	Medición de glucosa con el reactivo de Fehling
Procedimiento	Reflujar el residuo insoluble durante 2.5 horas con 200 mL de agua y 20 mL de ácido clorhídrico gravedad específica 1.125 en un matraz Erlenmeyer de 500 ml provisto de refrigerante. Enfriar y neutralizar con hidróxido de sodio, primero con unas lentejas y ya para acercarse a la neutralidad con NaOH 1 N. Transferir a un matraz aforado de 250 mL, completar el volumen con agua, filtrar y determinar glucosa, siguiendo el "Método estándar de titulación" de 7.6 a 7.17 de la Norma NMX-F-277.

12.-

Método más preciso	2TRY
Método más exacto	1TRX
Método con mayor veracidad	1 TRX

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

13.-

INFORMACION EN EL CERTIFICADO		
Valor nominal (Pa)	Corrección (Pa)	Incertidumbre (Pa)
103,00	0,05	± 0,02
ACCIONES DEL USUARIO		
Lectura (Pa)	Corrección a la lectura (Pa)	Lectura corregida (Pa)
103,18	0,05	103,18+0,05=103,23

Resultado: $P = 103,23 \text{ Pa}$

14 a)

Para seleccionar las balanzas se tienen que considerar dos puntos: Establecer la equivalencia entre dos clasificaciones de balanzas y considerar la precisión como una fuente de incertidumbre.

1.- Ver la equivalencia de dos tipos de clasificación de balanzas, de acuerdo con la clase de exactitud y de acuerdo con la división mínima. La norma usa la clasificación de acuerdo con la división mínima y los informes de calibración usan la clasificación de acuerdo con la clase de exactitud.

La clasificación de las balanzas de acuerdo con su división mínima recibe el nombre de ordinaria, granataria, analítica, semi-micro analítica y ultra micro analíticas de acuerdo con la siguiente tabla.

Tipo de balanza	División mínima
Balanza ordinaria	$d > 1 \text{ g}$
Balanza granataria	$1 \text{ g} > d > 0,1 \text{ mg}$
Balanza analítica	$d = 0,1 \text{ mg}$
Balanza semi-micro analítica	$d = 0,01 \text{ mg}$
Balanza micro analítica	$d = 0,0001 \text{ mg}$
Balanza ultra micro analítica	$d = 0,0001 \text{ mg}$

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
 ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

Las balanzas actualmente se clasifican de acuerdo con su exactitud en Especial I, Fina II, Media III y Ordinaria III y depende del número de divisiones de verificación y de la división de verificación. La ventaja de clasificar a las balanzas de acuerdo con su exactitud es que pueden obtenerse los errores máximos tolerados. Relacionando los errores máximos tolerados y la división mínima de la balanza, para resolver este problema se debe encontrar la equivalencia de ambas clasificaciones. La cual se muestra en la siguiente tabla

Tipo de balanza	División mínima	Clase de exactitud
Balanza ordinaria	$d > 1 \text{ g}$	IIII
Balanza granataria	$1 \text{ g} > d > 0,1 \text{ mg}$	III
Balanza analítica	$d = 0,1 \text{ mg}$	II
Balanza semi-micro analítica	$d = 0,01 \text{ mg}$	I
Balanza micro analítica	$d = 0,0001 \text{ mg}$	I
Balanza ultra micro analítica	$d = 0,0001 \text{ mg}$	I

2.- Incertidumbre y precisión

El requisito metrológico de la norma NMX-AA-026-SCFI es la precisión. La precisión es una característica del instrumento que junto con otros forman la incertidumbre. Si la incertidumbre es más pequeña que la precisión nos aseguramos de que se cumple con el criterio de precisión.

Si se considera a precisión como una componente más de la incertidumbre y con la equivalencia en la clasificación de las balanzas la mejor decisión para ambas balanzas está en la respuesta "a"

15.-

Mensurando	Lectura	Valor corregido
0,25 g de azúcar	0, 24 g	0,23 g
Temperatura en Kelvin	0,01 °C	275,15 K
mL de agua de una botella de 60 mL.	61 mL	60,498 mL

16.- Método 1. $u_{\text{tipo A}} = 0,007$

Método 2 $u_{\text{Tipo A}} = 0,008$

El método 1 es el de menor incertidumbre tipo A.

17.- Tanto el radio como la altura son medidos con el mismo vernier. Para ambas medidas se identifican por lo menos dos incertidumbres de tipo B. La incertidumbre proporcionada por el informe de calibración ($u_{l.c}$) y la incertidumbre de la resolución, los valores estimados:

$$u_{l.c} = U/2$$

U = incertidumbre expandida informada en el certificado de calibración.

$$U_{\text{resolución}} = d.m / (2 \text{ raíz}(3)) \quad d.m = \text{división mínima}$$

18.- La ecuación 3.8 es aplicada cuando la medida es indirecta, como es el caso del área de un cilindro. Es necesario obtener las derivadas parciales de cada una de las magnitudes de las que depende. En el caso del área, esta depende del radio y de la altura por lo que la ecuación 3.8 se traduce en el siguiente desarrollo.

$$A = 2\pi r h + 2\pi r^2$$

$$A = f(r, h)$$

$$u_A^2 = \left(\frac{\partial A}{\partial r}\right)^2 u_r^2 + \left(\frac{\partial A}{\partial h}\right)^2 u_h^2$$

Las derivadas parciales son también conocidas como coeficientes de sensibilidad.

$$\frac{\partial A}{\partial r} = 2\pi h + 2\pi r$$

$$\frac{\partial A}{\partial h} = 2\pi r$$

Sustituyendo los coeficientes de sensibilidad se obtiene:

$$u_A^2 = (2\pi h + 2\pi r)^2 u_r^2 + (2\pi r)^2 u_h^2$$

Los valores de h y r usados corresponden al promedio de las repeticiones. En la medida de área pueden distinguirse 3 fuentes de incertidumbre; dos proporcionadas por el instrumento (incertidumbre de la resolución ($u_{\text{resolución}}$), incertidumbre del informe

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
 ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO SEMESTRE 2020-1
 de calibración ($u_{i.c.}$) Y una tercera fuente de incertidumbre asociada a la dispersión de los resultados, una incertidumbre de tipo A (u_{tipoA})

$$u_r = u_h = \sqrt{u_{resolución}^2 + u_{i.c.}^2 + u_{tipoA}^2}$$

Cálculos para obtener incertidumbre tipo A y promedio de cada lectura.

área	
r	h
0,00123	0,00523
0,00124	0,00523
0,00125	0,00525
	0,00526
promedio	0,00124
DESVEST	0,00001
incert. Tipo A	5,7735E-06

área	
4,0845E-05	9,66105E-06
	5,05062E-05

Área = $5,050 \times 10^{-5}$

Incertidumbre de r:

$$u_r = \sqrt{(2,887 \times 10^{-6})^2 + (0,01 \times 10^{-3})^2 + (5,773 \times 10^{-6})^2} = 1,1902 \times 10^{-5}$$

Incertidumbre de h

$$u_h = \sqrt{(2,887 \times 10^{-6})^2 + (0,01 \times 10^{-3})^2 + (1,5633 \times 10^{-10})^2} = 1,2503 \times 10^{-5}$$

$$u_A = \sqrt{\left((2\pi(0,00524) + 2\pi(0,00124))^2 ((1,1902 \times 10^{-5})^2) + (2\pi(0,00124))^2 ((1,2503 \times 10^{-5})^2) \right)}$$

$$u_A = 4,94 \times 10^{-7}$$

El valor del área:

$$A = (5,050 \pm 0,005) \times 10^{-5} \text{ m}$$

19.- **Solución.** Primero calcularemos la masa molar del ácido acético (M_{CH_3COOH}) con base en la masa molar de cada uno de los elementos involucrados.

$$M_{CH_3COOH} = 2M_C + 4M_H + 2M_O \quad \text{[ecuación 1]}$$

por tanto, sustituimos los valores de la tabla anterior en la ecuación 1:

$M_{CH_3COOH} = 2(12.0107 \text{ g/mol}) + 4(1.00794 \text{ g/mol}) + 2(15.9994 \text{ g/mol}) = 60.05196 \text{ g/mol}$,
 si aplicamos reglas de redondeo entonces la masa molar del ácido acético es 60.0520 g/mol.

Ahora, para calcular la incertidumbre estándar del ácido acético, primero recordemos que, para cada elemento la IUPAC estima la incertidumbre a través del valor que aparece entre paréntesis en la posición determinada después del signo decimal, por ejemplo, para el hidrógeno se tiene una masa molar de 1.00794(7) g/mol, por lo que el estimado de su incertidumbre es de 0.00007 g/mol. Entonces para el carbono el estimado de su incertidumbre es de 0.0008 g/mol y para el oxígeno el estimado de su incertidumbre es de 0.0003 g/mol.

Ahora bien, debemos considerar que la incertidumbre estándar se determina por el tratamiento de los estimados de incertidumbre de la IUPAC, modelando los límites de una distribución rectangular, por lo que la incertidumbre estándar para cada elemento se calcula como sigue.

Elemento	Incertidumbre estándar g/mol	Incertidumbre estándar g/mol
H	$0.00007/\sqrt{3}$	0.000040

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
 ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

C	0.000 8/ $\sqrt{3}$	0.000 46
O	0.000 3/ $\sqrt{3}$	0.000 17

Si ahora se requiere calcular la incertidumbre de la masa molar correspondiente al ácido acético $u_{M_{CH_3COOH}}$, entonces se plantea el modelo de propagación de incertidumbre con base a la ecuación 1.

$$u_{M_{CH_3COOH}} = \sqrt{\left(\left(\frac{\partial M_{CH_3COOH}}{\partial M_C}\right) u_{M_C}\right)^2 + \left(\left(\frac{\partial M_{CH_3COOH}}{\partial M_H}\right) u_{M_H}\right)^2 + \left(\left(\frac{\partial M_{CH_3COOH}}{\partial M_O}\right) u_{M_O}\right)^2} \quad \text{[ecuación 2]}$$

Entonces se sustituyen los valores en la ecuación 2

$$u_{M_{CH_3COOH}} = \sqrt{(2u_{M_C})^2 + (4u_{M_H})^2 + (2u_{M_O})^2} \text{ y finalmente}$$

$$u_{M_{CH_3COOH}} = \sqrt{(2(0.000\ 040))^2 + (4(0.000\ 46))^2 + (2(0.000\ 17))^2}$$

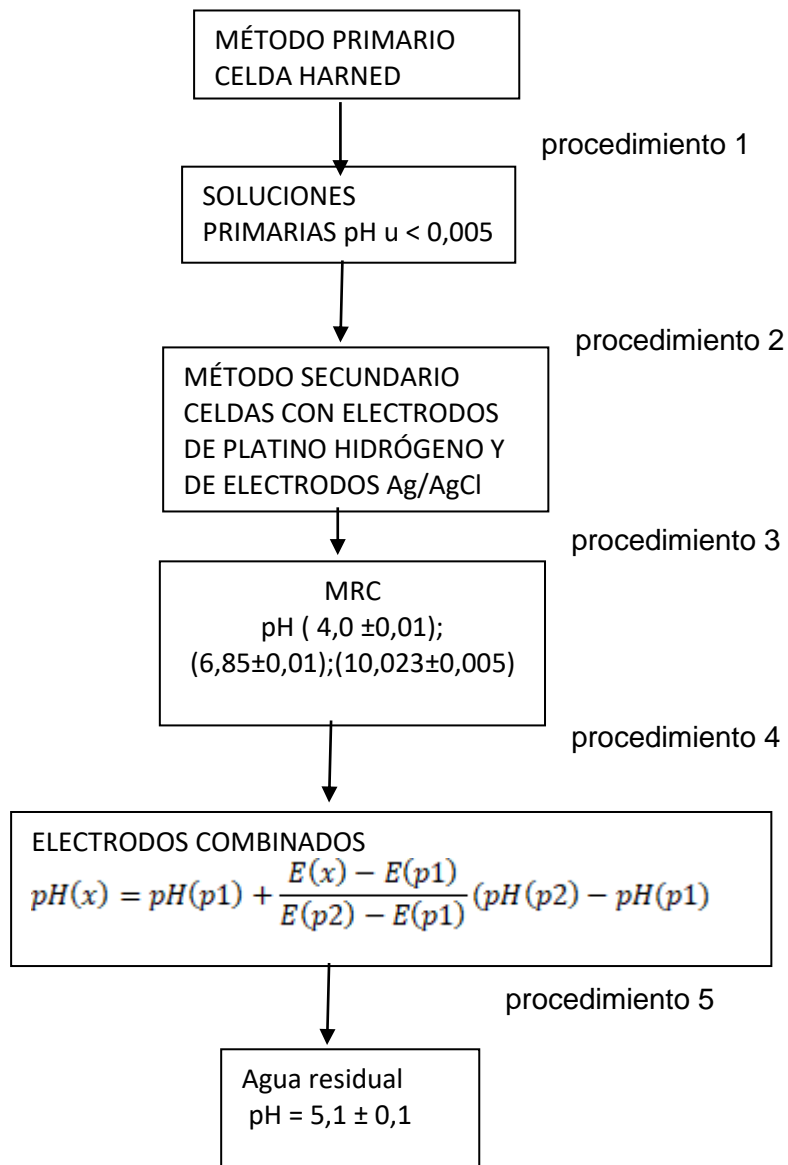
$u_{M_{CH_3COOH}} = 0.001\ 872\ 858\dots$ g/mol, con base en las reglas de redondeo la incertidumbre de la masa molar del ácido acético se expresa como sigue a continuación.

$$u_{M_{CH_3COOH}} = 0.001\ 9 \text{ g/mol.}$$

Finalmente, el resultado se expresa correctamente de la siguiente forma:

$$M_{CH_3COOH} = (60.052 \pm 0.001\ 9) \text{ g/mol}$$

20.- Trace la carta de trazabilidad.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

21.- a)

22.- c)

23.- b)

24.- a)

25.- a)

26.- d)

Las otras propuestas se basan en criterios no metrológicos, el inciso (a) es una cita muy accidentada ya que las balanzas granatarias son instrumentos para medir la masa de un cuerpo desde 0.01 g hasta 2.5 kg, son de menor precisión que una balanza analítica, generalmente tienen una escala lineal que le da el carácter de instrumento analógico, sin embargo, también existen aquellas balanzas que cuentan con un sistema electrónico y óptico que permite conocer la lectura de la medición en una pantalla, por lo que también se conoce como balanzas electrónicas o digitales.

Por otra parte, la diferencia entre una balanza y una báscula radica en la magnitud de la masa que se mide en cuanto a básculas se refiere, son aquellos instrumentos que permiten medir masas mayores a 2.5 kg y hasta varias toneladas.

En el inciso (c) se presenta una clasificación de las balanzas en relación con la magnitud considerada como alcance máximo del instrumento. La siguiente tabla describe el nombre de las balanzas en términos de la resolución y alcance máximo de cada instrumento.

Resolución (d)	Nombre	Alcance Máximo
0.1 μg	Ultra microbalanza	Hasta 2 kg

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
 ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

1 μg	Micro balanza	(1-25) g
10 μg	Semi micro balanza	(30 -200) g
0.1 mg	Balanza analítica	(50-500) g
1 mg	Balanza de Precisión	≥ 100 g

27 a)

28.-

Situación	Sugerencia	Artículo y sección.
1.-El laboratorio de control de calidad de una empresa que fabrica jabones requiere saber propiedades metrológicas de sus instrumentos para evaluar sus errores e incertidumbres.	Acudir a un laboratorio de calibración acreditado	27
2.- Una secundaria particular que está formando sus programas de estudio que le indica que debe hacer la Ley de Metrología y Normalización	Incluir en su programa la enseñanza del sistema internacional de unidades	8
3.- Un fabricante de balanzas envió sus balanzas a calibrar y dos de ellas no cumplen con los requisitos reglamentarios de acuerdo con su clase de exactitud, que tiene que hacer dicho fabricante.	Mantenimiento o reclasificar su balanza, porque se debe poner fuera de circulación	20
4.- Un fabricante de bombas para agua según la ley de Metrología y Normalización requiere para que sus bombas sean comercializadas	Ser verificadas por una unidad de verificación	84
5.- El producto que una empresa empacadora ofrece tiene una etiqueta marcada en lb (libras) que tiene que hacer dicha empresa para poder	Modificar la etiqueta y colocar la cantidad en gramos.	6 y 21

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
 ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

comercializar el producto		
6.-Un extranjero requiere saber dónde encontrar la norma referida a requisitos sanitarios que debe satisfacer el etiquetado de pinturas y barnices. Se le obliga a cumplir con ella. Bajo qué tipo de normas pudiera encontrarla NOM o NMX	NOM	40
7.-La misma empresa anterior requiere localizar una norma relacionada con el sistema de gestión de la calidad. De manera voluntaria quiere implementar un sistema de calidad. Bajo qué tipo de norma pudiera encontrarse NOM o NMX y a quien puede dirigirse	NMX	51
8.-El consejo regulador de tequila quiere emitir certificados de productos del tequila a empresas para evaluar el cumplimiento con la norma NMX-V-049-NORMEX-2004	El consejo regulador de tequila tiene que acreditarse como organismo de certificación de producto para emitir el certificado.	79
9.- Casa Cuervo S.A de C.V. requiere un certificado que demuestre el cumplimiento con la NMX-V-049-NORMEX-2004	Casa Cuervo tiene que acudir con un organismo de certificación acreditado	80
10.- Bardahl de México, S.A de C.V. requiere demostrar la competencia técnica para llevar a cabo las pruebas fisicoquímicas de líquidos para frenos y anticongelantes que marca la NOM-113-SCFI-1995	Bardahl tiene que acreditar su laboratorio en las pruebas fisicoquímicas de líquidos para frenos y anticongelantes que marcan la NOM 113 SCFI	81

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

11.- Dowel Schlumberger de México, S.A. de C.V. requiere calibrar sus termómetros para cumplir con los requisitos de su prueba acreditada para el método de prueba ASTM-D-4052-96	Dowel Schlumberger tiene que acudir a un laboratorio de calibración acreditado	27
12.- Asociación de Normalización y Certificación A.C. requiere incluir en sus actividades verificar el cumplimiento de la NOM-016-SEMARNAT-2003	La asociación de Normalización y Certificación requiere acreditarse como unidad de verificación	68
13.- Una operadora de buceo debe verificar que cumple con la NOM-05-TUR-2005. Requisitos mínimos de seguridad a que deben sujetarse los operadores de buceo	Debe acudir a una unidad de verificación en materia de turismo.	85

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

1. International Vocabulary of Metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM). 3rd edition. BIPM. 2012.
2. Vocabulario Internacional de Metrología – Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (VIM). 1ra edición en español. CENAM. 2008.
3. Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM). 1st edition. BIPM. 2008.
4. Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement. EURACHEM/CITAC, 3rd Edition. 2012.
5. Kimothi S.K. The Uncertainty of Measurements. Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press. 2002.
6. Schmid, W. A.; Lazos M. R. Guía para estimar la incertidumbre de la medición. Revisión 1. CENAM. 2004.
7. Marbán R.M.; Pellecer.J.A. Metrología para no metrologos. Sistema Interamericano de Metrología (SIM). OEA. Segunda Edición. 2002.
8. Miller J.N.; Miller J.N. Estadística y Quimiometría para Química Analítica. Madrid: Pearson Educación. Cuarta Edición. 2002.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

1. Recomendación para elaborar Cartas de Trazabilidad en el CENAM. GIT 3/2005 CENAM, Diciembre de 2005.
2. Trazabilidad en las mediciones químicas, publicación gratuita de CENAM, última actualización 2006.
3. Uso de Certificados, publicación gratuita de CENAM, última actualización 2002.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA
ASIGNATURA METROLOGÍA (1503)

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

SEMESTRE 2020-1

4. NMX-CC-10012-IMNC-2004 Sistemas de gestión de las mediciones-Requisitos para los procesos de medición y equipos de medición.

5. Guía sobre la calificación de equipo de instrumentos analíticos. DI-2-PTC-620-RAT001. CENAM, 2004. 6. Metrología Abreviada, publicación gratuita de CENAM, última actualización 2008